



**Internet Of Things (IoT)**

**L'internet des objets**

# Plan du chapitre 1



- ⌘ Historique : du M2M à l'IoT
- ⌘ IoT = ?
- ⌘ IoT et embedded systems
- ⌘ Architecture d'un embedded systems
- ⌘ Les composants d'un microcontrôleur
- ⌘ Exemples de microcontrôleur

# Le M2M

- ⌘ M2M = machine to machine = communication entre machines = technologie donnant des moyens à des objets "intelligents" (= doués de possibilités de calcul) d'obtenir des informations et d'(inter)agir sans intervention humaine
- ⌘ Domaines proches :
  - ⌘ les réseaux sans fil (Wi-Fi 802.11abg, Bluetooth, Zigbee)
  - ⌘ les technologies sans contact (RFID, NFC)
  - ⌘ QR Code
- ⌘ Exemple : système de freinage anti-bloquant, régulateur de vitesse des automobiles, temps d'attente des transports en commun, télésurveillance de lieu

# Du M2M à l'IoT

- ⌘ IoT = Internet Of Things = Internet des objets
- ⌘ = lorsque M2M utilise le réseau internet (TCP/IP)
- ⌘ L'objet devient un acteur de l'internet
- ⌘ Domaines proches :
  - ⌘ la programmation
  - ⌘ l'intelligence artificielles
  - ⌘ le big data
  - ⌘ le cloud
- ⌘ Le terme IoT supplante le terme M2M

# Technologies proches pour IoT

- ⌘ Pour l'identification : RFID, URI, coordonnées GPS
- ⌘ Capteurs : Luxmètre, Thermomètre, hydromètre, accéléromètre, gyroscope
- ⌘ Connexion réseau : Bluetooth, RFID, NFC (= Near Field Communication = Communication en champ proche, Wi-Fi, ZigBee), SMS, réseau téléphonique, ethernet, TCP/IP
- ⌘ Intégration de données : domaine des middlewares, des systèmes décisionnels, entrepôt de données

# Un chouette exemple : les étiquettes virtuelles

⌘ = Pas d'étiquette physique

⌘ Une URL (URI) est associée à un ensemble de coordonnées GPS et une zone centrée en ces coordonnées

⌘ Lorsqu'un smartphone équipé de GPS entre dans une zone, il affiche ces URLs (URIs)

⌘ => messages entre touristes

# Lier un objet à l'internet

- ⌘ Processus plus complexe que lier une page web à l'internet (par son URL)
- ⌘ Nécessite :
  - ⌘ une étiquette physique
  - ⌘ une technique pour lire ces étiquettes
  - ⌘ un appareil de transmission de cette information (par exemple smartphone)
  - ⌘ un réseau (UMTS, 2G, 3G, 4G, etc.)
  - ⌘ un lieu de dépôt d'informations sur le produit
  - ⌘ un affichage de ces infos

# Les contraintes technologiques

- ⌘ On rencontre souvent des contraintes technologiques comme :
- ⌘ Consommer peu d'énergie => peu de puissance électrique surtout si l'objet est mobile
- ⌘ De petite taille (miniaturisation)
- ⌘ D'IHM très réduit (souvent sans clavier ni écran)
- ⌘ Fait un travail très simple et communique ses résultats par le réseau => nécessite une bonne couche réseau, du cache, un protocole de service de sauvegarde, parfois crypté



# IoT : une présentation

- ⌘ Internet des objets =
- ⌘ des objets (un réfrigérateur, un vêtement, une montre, ...)
- ⌘ + de "l'intelligence". Euh un organe de calcul = un "minuscule" ordinateur pouvant exécuter un "logiciel" = un microcontrôleur
- ⌘ + un connexion réseau vers l'internet
- ⌘ Exemple :



# IoT, et donc

- ⌘ L'objet fait son travail (refroidir, protéger un corps humain, donner l'heure) avec des fonctionnalités (de calcul) supplémentaires pouvant être transmises vers l'internet et pouvant recevoir des informations du réseau
- ⌘ D'aspect, un organe d'internet des choses ressemble à une "chose" pas à un ordinateur (portable, tour, serveur ou autre)
- ⌘ Un IoT device a une fonction principale qui n'est pas une fonctionnalité d'ordinateur

# Un chose (device) "intelligente"

- ⌘ On ajoute donc des fonctionnalités à l'objet. Par exemple :
- ⌘ Un réfrigérateur conserve les aliments au froid
- ⌘ Un réfrigérateur intelligent :
  - ⌘ indique si la porte est entre-ouverte (bip)
  - ⌘ indique si le filtre d'eau doit être changé (bip)
  - ⌘ détecte les aliments qu'il possède,
  - ⌘ s'il manque certains aliments importants
  - ⌘ les recettes pouvant être faites
  - ⌘ qu'il y a trop d'aliment favorisant le cholestérol (euh :-) )
- ⌘ cf. projet IHM UE NSY110 du CNAM Paris 1998, le réfrigérateur intelligent
- ⌘ Il n'y a pas de réseau et d'internet ici

# L'IoT réfrigérateur



- ⌘ Avertit le smartphone d'acheter des aliments
- ⌘ Commande un filtre à eau, recherche les meilleurs prix
- ⌘ Compare sa consommation avec d'autres réfrigérateurs
- ⌘ Commande les denrées fondamentales lui-même
- ⌘ Suggère certains travaux à faire au smartphone de l'utilisateur
- ⌘ Nécessite donc une connexion à l'internet

# IoT devices vs. ordinateur

- ⌘ Un appareil destiné à une fonctionnalité la fait très bien : une caméra filme très bien, une chaîne Hi-Fi restitue très bien la musique, etc.
- ⌘ Mais n'est destiné qu'à une certaine fonctionnalité
- ⌘ Un ordinateur peut réaliser beaucoup de fonctionnalités, généralement moins bien qu'un appareil dédié

# IoT partout ?

⌘ "Un environnement pervasif (ou environnement ubiquitaire) correspond à un fonctionnement global de la communication où une informatique diffuse permet à des objets communicants de se reconnaître entre eux et de se localiser automatiquement."

⌘ source :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Environnement\\_pervasif](https://fr.wikipedia.org/wiki/Environnement_pervasif)

⌘ IoT peut être pervasif

⌘ IoT peut être mis dans une télévision, des jeux, contrôler l'électroménager, détecter une présence par des capteurs (=> allumer une pièce suivant la luminosité, etc.), détecter des entrées par tag RFID (cf. produit dans le réfrigérateur intelligent)

⌘ IoT peut être utile pour la santé des gens : pacemakers, pompe à insuline, etc.

⌘ IoT pour la surveillance du trafic routier

# IoT pervasif : un exemple

- ⌘ Les "smart home"
- ⌘ Arroser la pelouse, allumer/éteindre les lumières, régler les thermostats, fermer fenêtres et rideaux tout cela automatiquement et judicieusement
- ⌘ Contrôler l'accès à la maison partout où on est
- ⌘ Réguler la température, la ventilation, la climatisation (air conditionné) = HVAC = heating, ventilation, and air conditioning

# Une smart home

🔗 <http://www.homecontrols.com/Home-Controls/Smart-Home>

## Inside A Smart Home

Automating your home is fun and exciting, and the possibilities are limited only by your imagination! Here are some of the options available for customizing your own connected smart home. Start out slowly, build onto your current system, or incorporate all these systems into a new construction project! The choice is yours!

We are committed to providing the best free technical support in the automation industry, and helping you with product advice, system design and of course, troubleshooting. Just call 1-800-266-8765 any weekday between 8:00 a.m. and 5:00 p.m. Pacific Time.

### HOME AUTOMATION

#### LIGHTING & APPLIANCE CONTROL

- 1 Turn lights on or off and dim or brighten them from anywhere, inside or outside your home, without running any new wires! It's possible with powerline or RF/wireless control.
- 2 Program indoor and outdoor lights to turn on and off according to a schedule or event.
- 3 Program entire lighting scenes with one button push. For example, a keychain remote can initiate your "At Home" security mode and lighting scene, so you never again have to drive up to a dark home. Or your "Home Theater" scene might dim your lights, close the drapes, turn on entertainment components, and start the popcorn maker!
- 4 Control your lights and appliances with light sensors. If it gets dark, lights turn on and then off again a few hours later. When it gets light, automatically turn on your coffee pot and even your hair curlers.
- 5 Sensors turn on outdoor lights when someone approaches. Turn on house lights when you're driving up the driveway with a keychain remote.

#### POOL & SPA

- 1 Gain complete control of your pool and spa functions from in your spa, on your patio, in your home, in your car or anywhere else! Plus, completely automate the cleaning, heating and filter pump!

#### IRRIGATION SYSTEMS

- 1 Program your irrigation system to operate on a set schedule by event (or even a set time before dawn).

#### AUTOMATION CONTROLLERS

- 1 Your entire home operates automatically when you program an intelligent controller to become the brains of your smart home. Control lighting, climate controls, entertainment components, irrigation, and any other systems in the Home Controls online catalog. After your system is programmed, it operates on its own to decide what your home should do under various circumstances. You can also manually control your system with user-friendly keypads and touchscreens, and even through a smart phone or the Internet!

### HOME SECURITY

#### SECURITY

- 1 You'll get peace of mind knowing your family is protected with a security system. Security systems include control panels, keypads, sensors, sirens, locks, lights, access control and more. You can choose an integrated wired system or an easy-to-install wireless system.
- 2 Control your locks remotely or from your cell phone.
- 3 Sirens scare away intruders, and notify neighbors and authorities of burglary or fire.
- 4 Protect your family and home from fire with advanced smoke detectors that talk to your security or automation system.

#### SENSORS

- Sensors detect motion, temperature, light and more. Their uses in automation are almost endless ...
- 1 Perimeter sensors alert you when a person crosses your property line.
  - 2 Motion sensors can be installed on walls, on ceilings, in light switches, outdoors and more.
  - 3 Incorporate door and window sensors into your security system, and use them as automation systems when you are at home.
  - 4 Glass break sensors alert your security system when a window is broken.
  - 5 Be alerted when people arrive.
  - 6 Light sensors know when it's light or dark. If it gets dark, lights turn on and then off again a few hours later.
  - 7 Flood sensors know if the washer or water heater breaks, and can even automatically shut off the water supply before a potential disaster.
  - 8 Driveway alerts let you know when visitors arrive.

#### VIDEO & CAMERAS

- 1 Monitor your home with surveillance cameras. Choose from cameras that see in the dark, large and small cameras, bullet, dome and hooded cameras, and hidden cameras! Some are even wireless!
- 2 View your home from any computer over the Internet from any PC or smart phone.
- 3 Install a camera at the door to see who's knocking.
- 4 Time lapse and digital video recorded keep a log of what goes on around your home.
- 5 Send wireless TV, VCR and video surveillance.
- 6 Monitors let you watch different areas of the house, like the pool area or nursery. Simple modulators even allow you to watch the video on your TV.

### STRUCTURED WIRING

#### WIRE MANAGEMENT

- 1 Structured wiring systems connect all of your home systems in one central location. Also known as a "connected home," wire management systems include a control panel in a centralized location and high-quality wire connecting to multi-media outlets throughout your home.
- 2 Create your own hot spot. In-wall or in-ceiling wireless access points provide the greatest Wi-Fi coverage with pleasing aesthetics.

- 2 A structured wiring system can distribute the fastest, most reliable high-speed Internet throughout your home. These hard-wired connections give you crystal clear streaming video, hi-fi digital audio, reliable online gaming and blazing Internet.

#### POWERLINE CONDITIONING & SURGE PROTECTION

- 1 Protect your computer, phone, fax and cable line connections with suppression plug strips.
- 2 Protect your entire house with whole-house surge suppressors.
- 3 Fine-tune your X10 system with signal amplifiers, signal bridges and noise blocks.

### ENTERTAINMENT

#### AUDIO/MUSIC DISTRIBUTION

- Entertainment will never be the same once you upgrade to a smart home audio system.
- 1 Distribute music from one location throughout your entire home with a whole-home distribution system.
  - 2 Control speaker volume in each room individually or all at the same time.
  - 3 Choose from in-wall speakers, ceiling speakers, surround sound, subwoofers and more! Make outdoor entertainment fun with outdoor speakers.
  - 4 Don't want to run wires throughout your home? Home Controls carries wireless audio distribution systems, too! Ideal for renters.
  - 5 Expand your home theater system with HDMI and IR distribution components.

### COMMUNICATIONS

#### PHONES & INTERCOMS

- 1 Transform your regular phone into a high-tech telecommunications system for your home.
- 2 Easily integrate your cell phone with your home phone.
- 3 Answer the door from any of your telephones, including cell phones.
- 4 Install an intercom system to talk with your family located in different parts of the house.

### COMFORT

#### WINDOW & DRAPE CONTROL

- 1 Set your drapes to automatically close on a schedule, by remote control or automatically when the sun shines directly in. A great natural energy saver!
- 2 Control windows by wall switch, remote control or an automation system. Automatically close them when it starts to rain. Perfect for skylights that are hard to reach!

#### CENTRAL VACUUM SYSTEM

- 1 Central vacuum systems are the most efficient way to clean. The system includes a vacuum motor installed in a convenient location (like the garage), with tubing in the walls that connect to wall inlets in each room. When it's time to vacuum, simply insert a lightweight hose into a nearby inlet and your central vacuum system silently turns on.

#### ENVIRONMENTAL CONTROL

- 1 Thermostats control everything from comfort to cost. Set your thermostats by occupancy or on a time schedule, enjoy multi-zone control, control from a distance and more.



© JIMF (Tous droits réservés)

10



# IoT devices vs. embedded systems

- ⌘ système embarqué = traduction maladroite de embedded systems
- ⌘ embedded system = système incorporé, intégré, enfoui
- ⌘ En français embarqué suggère mobile
- ⌘ Exemple d'embedded systems : panneau d'affichage urbain, pompe à essence, une télévision en plus d'une caméra digitale, d'une voiture, bref ces objets récents
- ⌘ Finalement embedded system = objet remplissant une ou plusieurs fonctionnalités dont certaines sont aidées par un petit système informatique
- ⌘ Euh, semble être un IoT device
- ⌘ Les IoT devices sont des embedded systems
- ⌘ La grande différence est que les IoT devices doivent avoir une connexion au réseau (à l'internet ?)

# Exercice

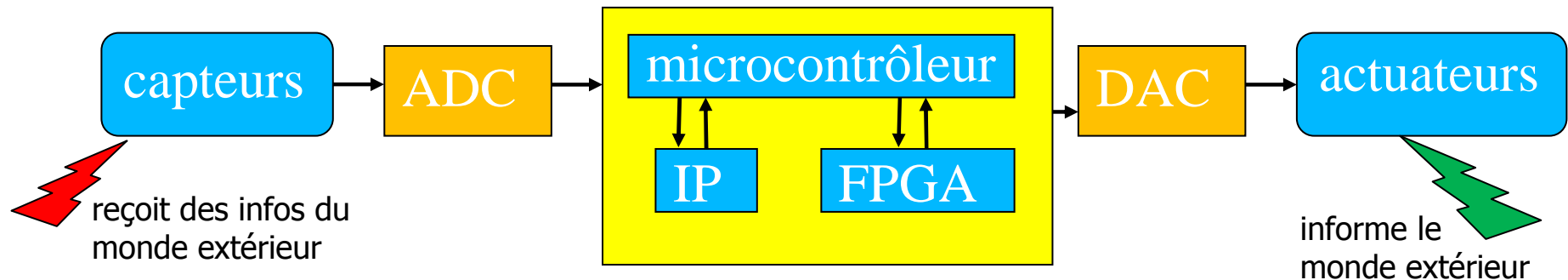


⌘ Comparer l'évolution d'un objet vers sa version IoT device

# Remarque sur les embedded systems

- ⌘ Le logiciel et le matériel sont souvent conçus en même temps
- ⌘ => on doit avoir des compétences dans les deux domaines (logiciel et matériel)
- ⌘ Comme on sera amené à le faire ;-)

# Architecture d'un embedded system (1/5)



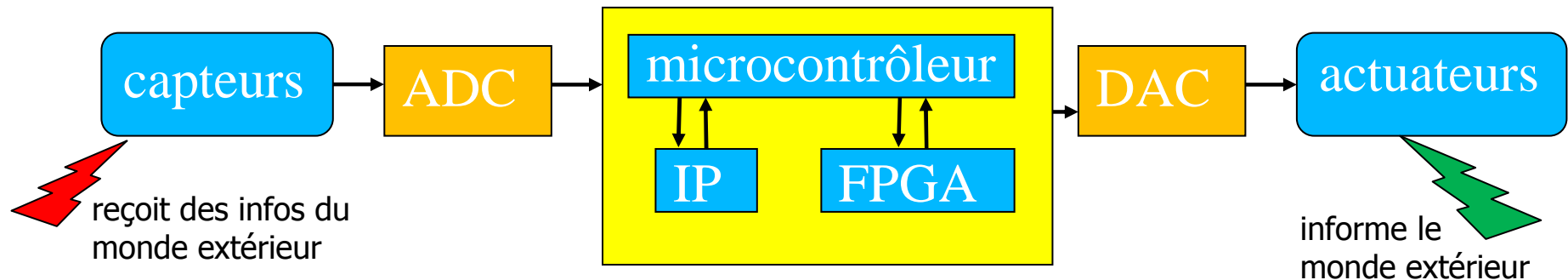
⌘ capteur (sensor) = organe d'entrée. Par exemple, capteur de température, de luminosité (= photo résistance)



microphone, capteur d'onde radio, etc.

⌘ source : Coursera Ian Harris Introduction to the Internet of Things and Embedded Systems, Embedded Systems Week2, Lecture 1\_3 Generic Embedded Systems Structure ©JMF (Tous droits réservés)

# Architecture d'un embedded system (2/5)



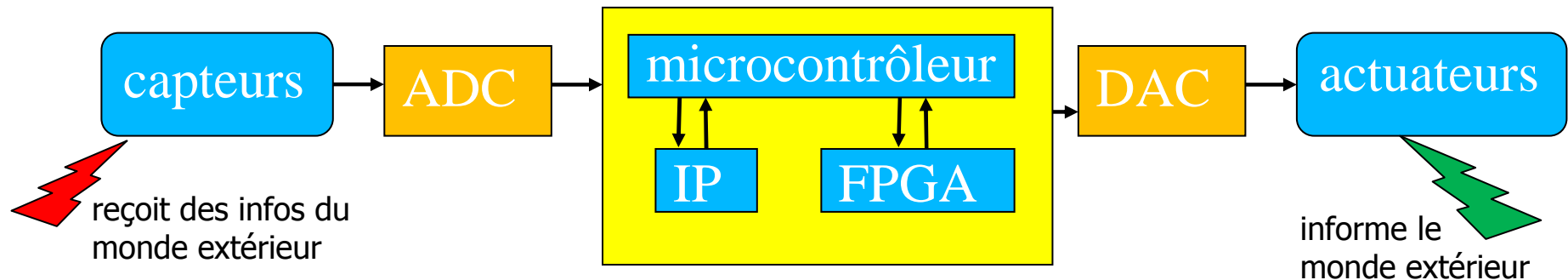
⌘ actuateur (actuator) = organe de sortie. Par exemple haut parleur, buzzer, led, petit écran LCD, etc.



⌘ LED = light-emitting diode = diode électroluminescente = DEL

⌘ LCD = Liquid Crystal Display = écran à cristaux liquides = ACL pour Affichage à Cristaux Liquides

# Architecture d'un embedded system (3/5)

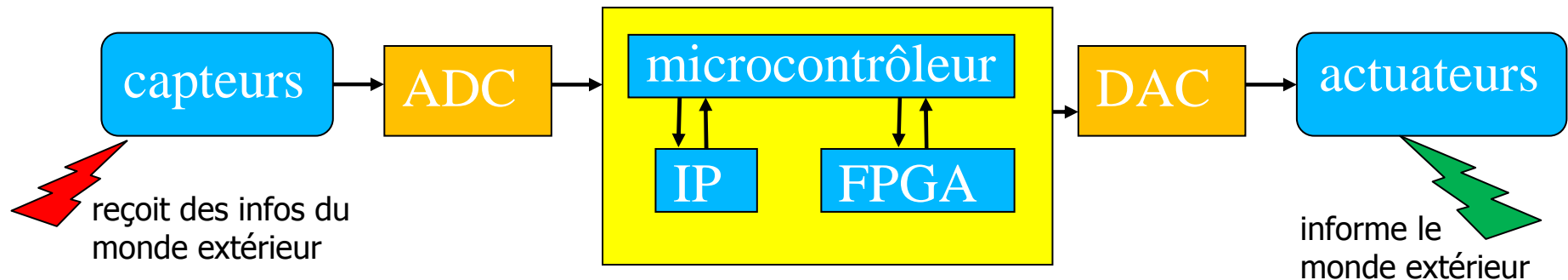


⌘ IP = Intellectual Property Core = circuit intégré (~processeur) dédié à une fonctionnalité

⌘ Par exemple :

- ⌘ contrôleur réseau : ethernet, bus CAN (= Controller Area Network) dans les automobiles
- ⌘ audio : CODEC (codage-décodage, code-decode en anglais) codant et décodant un flux audio. Idem pour vidéo
- ⌘ video : VGA contrôleur

# Architecture d'un embedded system (4/5)



⌘ FPGA = Field Programmable Gate Array

⌘ = circuit logique programmable = un circuit intégré logique qui peut être reprogrammé après sa fabrication

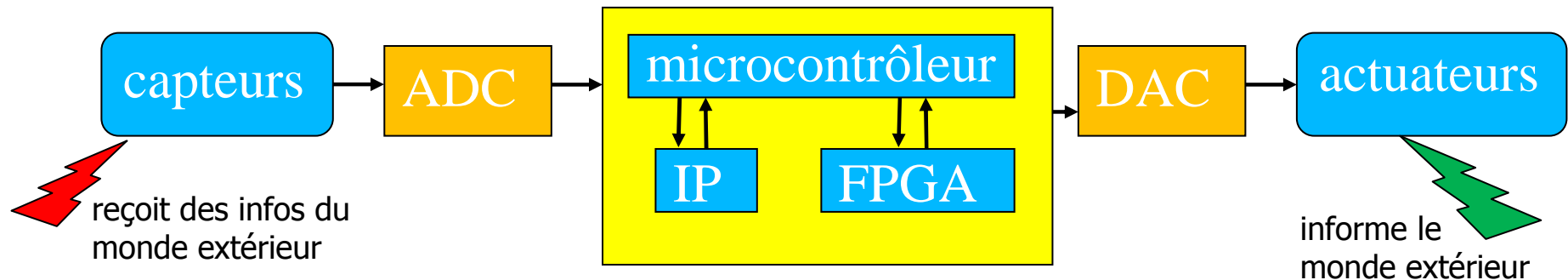
⌘ ~ PROM pouvant chargé de nombreuses applications connues

⌘ en fait reconfigurable plutôt que reprogrammable

⌘ biblio :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit\\_logique\\_programmable](https://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_logique_programmable)

# Architecture d'un embedded system (5/5)



⌘ ADC = Analog to Digital Converter

⌘ DAC = Digital to Analog Converter

⌘ biblio :

<https://www.newbiehack.com/MicrocontrollersIntroductiontoADCAnalogtoDigitalConversion.aspx>

⌘ source : Coursera Ian Harris Introduction to the Internet of Things and Embedded Systems, Embedded Systems Week2, Lecture 1\_3 Generic Embedded Systems Structure



# Un microcontrôleur =

- ⌘ Hum 2 sens ?
- ⌘ Parfois le micro-processeur seul
- ⌘ Souvent le circuit intégré = une carte ~ ordinateur
- ⌘ avec processeur, mémoire morte (= ROM = Read Only Memory = mémoire non volatile), mémoire vive (= RAM = Random Access Memory = mémoire volatile), E/S
- ⌘ Très faible consommation électrique, petite taille (7,4 cm x 5,3 cm pour Arduino), très bon marché (~ quelques dizaines d'euro),
- ⌘ Vitesse de fonctionnement nettement plus faible qu'un PC



# Composants d'un microcontrôleur

- ⌘ Un microcontrôleur intègre sur un seul circuit intégré = sur une seule carte :
- ⌘ un processeur (CPU)
- ⌘ un bus (chemin) de transfert d'informations données
- ⌘ Une ROM sous forme de EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), EEPROM (Electrically-erasable programmable read-only memory), mémoire flash (la plus récente)
- ⌘ une horloge pour cadencer l'exécution d'instructions
- ⌘ des convertisseurs analogiques-numériques (CAN), et numériques-analogiques (CNA)
- ⌘ des contrôleurs de bus de communication (UART, CAN, USB, Ethernet, etc.)

# Utilisation d'un microcontrôleur

- ⌘ possède un microprocesseur (16 à 500 Mhz) (cf. un PC portable 2,60 Ghz), connecté à d'autres composants (cf. entrées-sorties), reçoit des données, envoie des commandes
- ⌘ Bref une petite UC, carte mère très peu chère
- ⌘ Peu être programmé (en langage C, C++, Python, etc.). Le programme est chargé en mémoire
- ⌘ Le code est construit sur une machine de développement et téléchargé dans le microcontrôleur (sa mémoire flash non volatile) par cable USB
- ⌘ Le code pourra être exécuté en amenant de l'électricité (pile ou par la machine de développement par le cable USB)



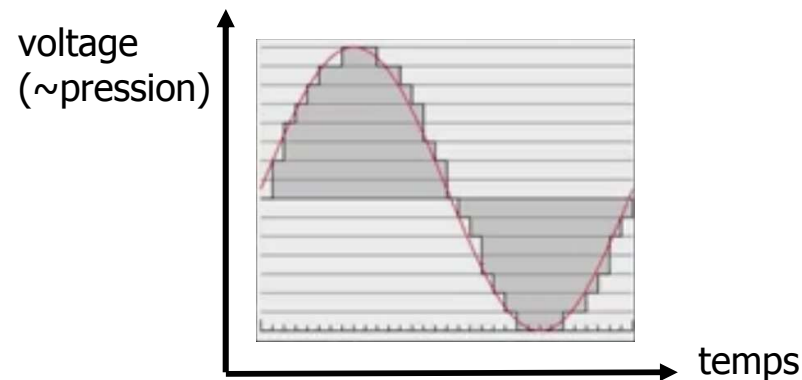
(Tous droits réservés)

# Conversion analogique numérique

- ⌘ = convertir du continu (ensemble  $\mathbb{R}$  des nombres réels) en discret (ensemble  $\mathbb{N}$  des nombres entiers naturels) (et réciproquement)
- ⌘ Les courants sont discrets (0 ou 5 volts) => dans le microcontrôleur on a essentiellement des entiers
- ⌘ Certaines données sont continues (luminosité, chaleur, son, etc.)
- ⌘ Il va falloir faire des conversions analogique vers numérique (Analog to Digital Conversion = ADC) et des conversions numérique vers analogique (Digital to Analog Conversion = DAC)
- ⌘ Souvent les conversions analogique vers numérique doivent être faites pour les entrées (luminosité, chaleur, son en valeur entière), pas toujours (bouton)
- ⌘ Souvent les conversions numérique vers analogique doivent être faites pour les sorties (haut parleur, etc.)

# Conversion analogique vers digital : un exemple

- ⌘ un son = pression du milieu ambiant
- ⌘ Souvent l'air ;-)
- ⌘ Un microphone collé à une membrane, vibre
- ⌘ Un microphone est un aimant qui vibre dans un solénoïde
- ⌘ => courant électrique généré par le solénoïde
- ⌘ => données analogiques
- ⌘ conversion de ces données en digital par échantillonnage



# Des microcontrôleurs

- ⌘ Il y a énormément de microcontrôleurs
- ⌘ Pas seulement Arduino (Uno, Due, etc.) ou Raspberry Pi
- ⌘ Voir par exemple à Texas Instruments ([http://www.ti.com/lscds/ti/microcontrollers\\_16-bit\\_32-bit/overview.page](http://www.ti.com/lscds/ti/microcontrollers_16-bit_32-bit/overview.page)), Atmel (<http://www.atmel.com/>), etc. Voir aussi à <https://fr.wikipedia.org/wiki/Microcontr%C3%B4leur>
- ⌘ Un microcontrôleur est constitué :
  - ⌘ d'un CPU (central process unit) contenant des registres et une UAL (unité arithmétique et logique) qui effectue les calculs à l'aide de ces registres
  - ⌘ et de la mémoire (externe au CPU)
- ⌘ Les registres sont rapides d'accès, en nombre réduit (au plus 32 ?)
- ⌘ Les registres indiquent la taille du processor (registres de 32 bits => architecture 32 bits)

# Instructions machine

- ⌘ Une instruction est accomplie par l'UAL (unité arithmétique et logique)
- ⌘ C'est dans l'UAL (et seulement dans l'UAL !) que sont effectuées les instructions
- ⌘ Par exemple on peut avoir l'instruction :

```
mult (R1, R2, R3)
```

qui multiplie le contenu de R1 par R2 et place le résultat dans le registre R3

- ⌘ Le jeu d'instructions ( {add, soust, mult, ... } ) est très limité

# La mémoire

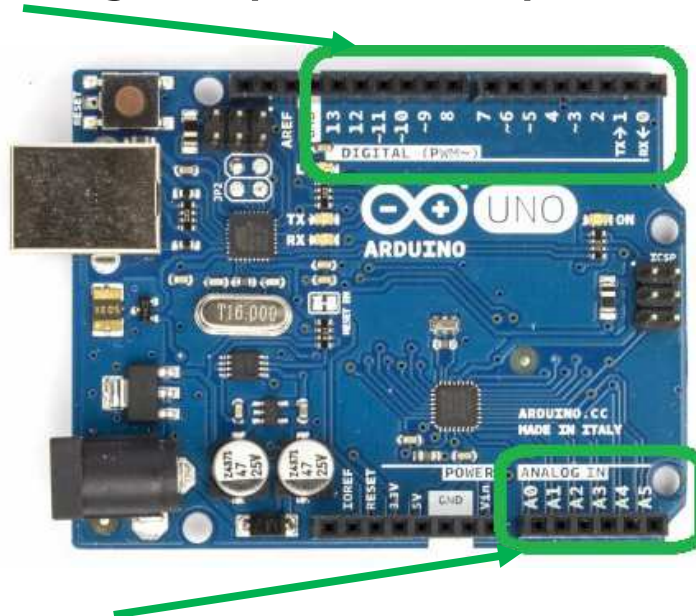
- ⌘ Il y a plusieurs types de mémoire. Elles sont de taille nettement plus importantes que les registres
- ⌘ mémoire cache (en taille limitée, plus chère que la RAM, mais plus rapide)
- ⌘ mémoire vive = RAM (Random Access Memory) = "mémoire à accès aléatoire" = mémoire principale
- ⌘ = mémoire informatique dans laquelle un ordinateur place les données et le programme lors de son exécution
- ⌘ La RAM est volatile (le contenu est perdu dès que l'ordinateur cesse d'être alimenté en électricité) alors que la mémoire flash ne l'est pas
- ⌘ => la mémoire flash va contenir le programme téléversé



# Les pins

⌘ = fiche, trou, épingle, broche

⌘ Certaines pins sont "digital" (= discrètes), 0 ou 5 volts



⌘ D'autres pins sont "analog" (analogiques, continues)

# Autres parties d'un microcontrôleur

- ⌘ L'horloge cadence les instructions à exécuter. En Mhz (8 Mhz, 512 Mhz, ...)
- ⌘ Il n'y a pas toujours de convertisseurs Analogique numérique
- ⌘ Des protocoles de communication avec d'autres composants électroniques

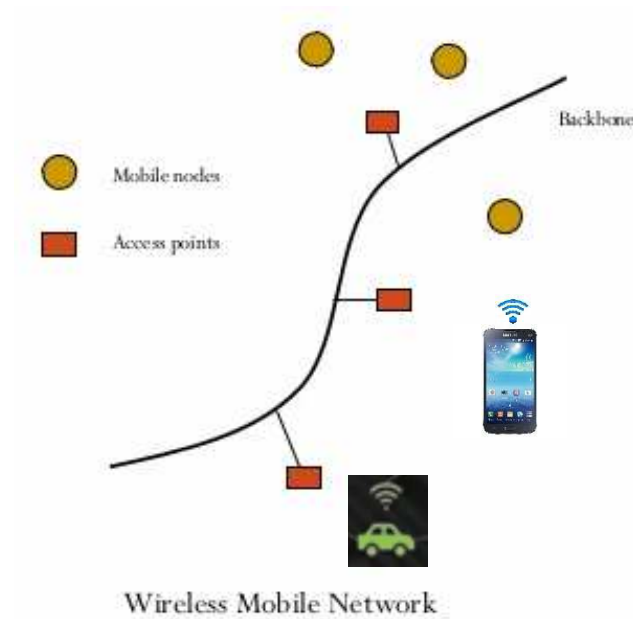
# Exercice 2

- ⌘ Trouver les caractéristiques techniques de deux microcontrôleurs au moins (fréquences d'horloge, taille des registres, taille de la mémoire flash, nombre de pins, etc .)

# MANET : un réseau pour IoT

⌘ MANET = Mobile Ad Hoc Network

⌘ réseau autoconfigurable : les éléments y accèdent où se retirent librement



⌘ peut permettre d'accéder à internet

⌘ Exemple : Bluetooth Low Energy (BLE)

# Bibliographie pour ce chapitre



⌘ Coursera : Introduction to the Internet of Things and Embedded Systems ; Ian Harris, Université de Californie Irvine à <https://www.coursera.org/learn/iot/>

⌘ Sur les microcontrôleurs :

<http://whatis.techtarget.com/glossary/Microprocessors>,

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Microcontr%C3%B4leur>



**Fin**