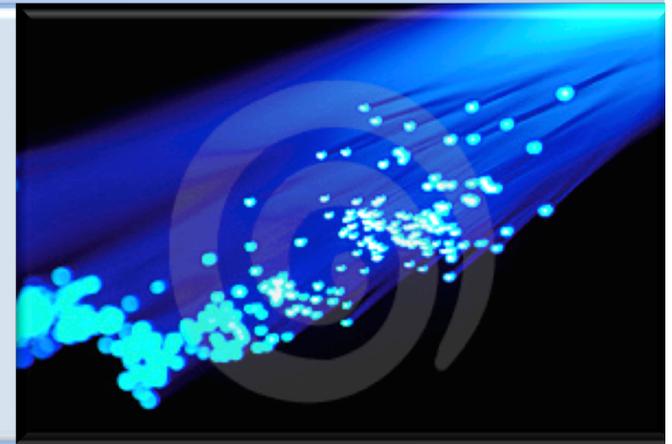


S34PH412 : Systèmes Microprogrammés

Architecture des Ordinateurs
Cours 1



Université de la Réunion

Année 2015/2016

Alicalapa F.





- **Intervenant CMs/CIs** : Aicalapa Frédéric – Laboratoire LE²P – Département de Physique – FST
- **Intervenant TD et TP** : Aicalapa Frédéric, Mme Herempitia
- **Adresse électronique** : Frederic.Aicalapa@univ-reunion.fr ou annuaire sur la page web : www.univ-reunion.fr.



- **Volume d'heures UE Syst Micro : 30h**
 - CI = cours intégrés (CM/TD)



- Robotique & Capteurs (Frédéric ALICALAPA)	S2PH413	4	3	7	12		8	30	E(2)	E(1) TP(1)
- Systèmes micro -programmés (Frédéric ALICALAPA)	S2PH414	4	3	7	12		8	30	E(2)	E(1) TP(1)

- Pour une approche globale, nous allons travailler de concert sur les 2 UEs.



- **Modalités d'examen :**
 - **Contrôle continu de rigueur** (entre 1 et 2 CCs) : QCMs et projet maison.
 - **1 examen sur copie classique**... à voir suivant le sérieux du travail
 - Notes = jeu de coefficients du livret de formation (Ecrits=1, TPs=1).
 - Ecrit = 1 ou 2 CCs (sans convocation) + 1 CT (avec convocation)
 - Présence en TP : obligatoire ou à justifier (mail à adresser au RP + enseignant de l'UE + dépôt sur Moodle L2 EEA Pédagogie « fichiers en ZIP »)

Utilisez un stylo bille ou une pointe feutre de couleur NOIRE. Correction possible par correcteur liquide

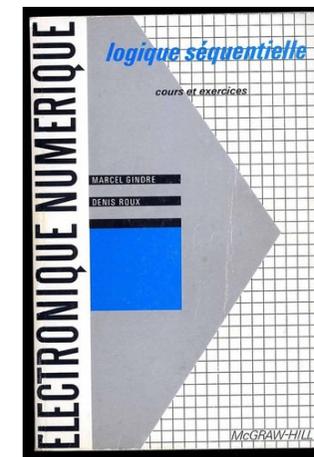
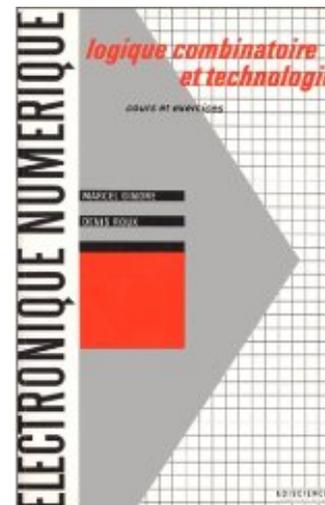
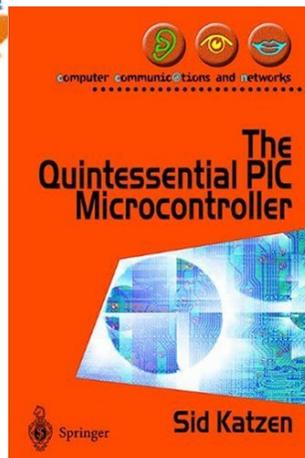
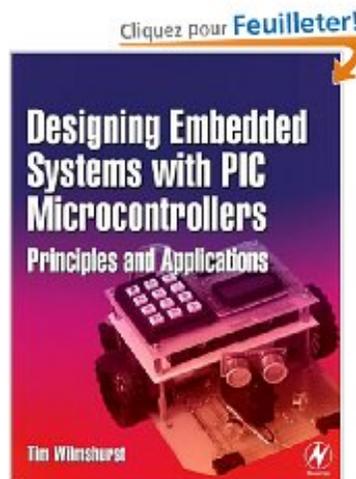
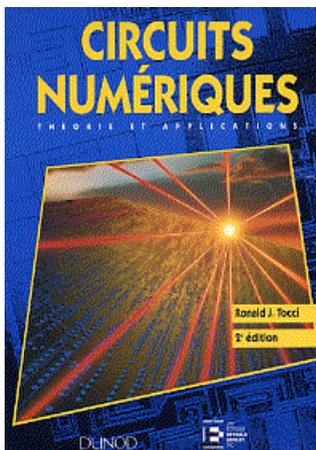
COMMENT REMPLIR : EXEMPLE BON : A B C D E EXEMPLES MAUVAIS : A B C D E

1	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	31	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	61	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	91	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
2	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	32	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	62	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	92	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
3	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	33	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	63	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	93	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
4	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	34	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	64	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	94	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
5	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	35	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	65	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	95	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
6	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	36	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	66	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	96	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
7	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	37	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	67	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	97	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
8	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	38	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	68	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	98	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
9	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	39	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	69	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	99	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
10	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	40	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	70	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	100	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
11	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	41	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	71	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	101	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
12	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	42	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	72	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	102	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
13	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	43	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	73	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	103	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
14	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	44	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	74	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	104	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
15	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	45	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	75	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	105	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
16	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	46	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	76	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	106	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
17	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	47	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	77	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	107	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
18	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	48	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	78	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	108	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E
19	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	49	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	79	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	109	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E

Ne rien inscrire sous ce trait



- Remarque sur ce module :
- **Approche :**
 - très « matérielle des systèmes informatisés »
 - Côté « théorique » avec modèles, hiérarchisation, fonctionnement du processeur, pas de formalisme mathématique.
- **Ouvrages :**
 - « Circuits Numériques », R.J. Tocci, Dunod
 - « Pratique des microcontrôleurs PIC », F.P. Volpe, Publitronic
 - « Comprendre les microprocesseurs », M. Gindre, McGraw-Hill
 - (+) « Designing embedded system with PIC Microcontrolers », Tim Wilmshurst





- **Sites web :**

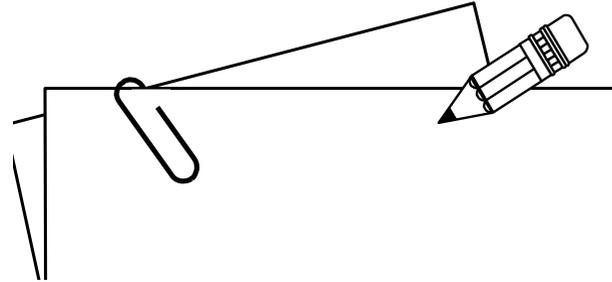
- <http://www.abcelectronique.com>
- mots clés = électrocinétique, ALU, registres,....., autres mots clés du cours

- **Sites web :**

- www.histoire.info.free.fr
- <http://www.microeasy.net>
- <http://www.recreomath.qc.ca/>
- <http://www.aime-toulouse.fr>
- www.mines.u-nancy.fr/~tisseran
- www.polytech-lille.fr/~rlitwak..... (recherche personnelle)



- **vérifier** les informations lues sur le web via les ouvrages
- Choisir les documents en fonction de sa **méthode d'assimilation** 6



- En terme de connaissance : **60% de connaissance** vous sont présentés en **cours**, les **40% restant** (compréhension et extension des connaissances vues, vocabulaire de l'électronique, les subtilités et cas particuliers) sont de l'ordre du **travail personnel** -> **simulations, programmation, calculs, lecture**
- **Inscription sur MOODLE à faire : FST -> L2 EEA/Info**

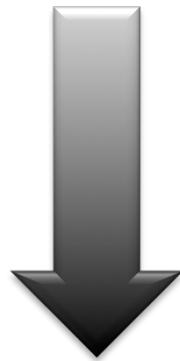




- Quelques **consignes de travail** :
 - **régularité** pour mémorisation plus facile
 - **efficacité** : refaire les TD en temps en limité (TOUJOURS)
 - **concentration** : meilleure efficacité



- Idées PREPROFESSIONNELLES
- Que faire de Labview ? Que faire de C ? Que faire de Scilab ? ...
- Comment savoir un peu mieux les attentes du marché ?





- Idées PREPROFESSIONNELLES <http://www.freelancer.com/projects/Engineering-Electronics/LabView-program-for-oscilloscope.html>



Aide ▾

f Connexion

s'inscrire

connexion ▾

Publier un projet | Chercher des freelancers | Voir les projets | Publier un concours | Search for Freelancers, Projects... 🔍

LabView program for oscilloscope

Faire une offre sur ce projet

f Like 1 | f Send | T Tweeter 1 | g +1 0 | + Share

Offres	Moyenne des offres (USD)	Budget du projet (USD)	4 jours, 0 heures restantes	+
11	\$168	\$30 - \$250	OUVERT	

Description du projet :

We would like to order a program written in LabView.

The oscilloscope is set up to the computer. Pulses appear occasionally, the oscilloscope will be working for at least 1 day. We need:

- 1) To be able to change the trigger level of the oscilloscope from the LabView.
- 2) The LabView must calculate the integral of every pulse and store it in the text file. So after we stop the program, we will be able to open the text file with a list of number (the integrals of the pulses), each number will be written on the new line.

Compétences nécessaires :

Electronique, Ingénierie, LabVIEW, Microcontrôleur

Pr [Profile] (taires)
+ Su [Profile]
la publicité
nous]



Publiez un projet comme celui-ci



Idées PREPROFESSIONNELLES



mikhail1 · hier
Experienced in Labview

★★★★★ 5.0
\$ ████ 2.8
1 [Commentaire](#)
75% taux
d'achèvement

\$245
dans 3 jours



Nenad1526 · il y a 2 jours
I am a Certified LabView Associated Developer with 4 years of experience in developing LabView application in a worldwide known company. I have a lot of experience in communicating with ... [plus](#)



[Portfolio](#)

★★★★★ 5.0
\$ ████ 1.9
4 [Commentaires](#)
100% taux
d'achèvement

\$125
dans 5 jours



techhelp56935 · il y a 2 jours
Dear friend, I have vast experience in LabVIEW. I am a certified LabVIEW developer. Currently I am implementing LTE signal chain in LabVIEW. I have done several projects in LabVIEW includi ... [plus](#)

★★★★★ 5.0
\$ ██████████ 0.0
4 [Commentaires](#)
75% taux
d'achèvement

\$118
dans 10 jours



nicu66pr · il y a 14 heures
Prgramming devices in Labview is my daily job.

☆☆☆☆☆ 0.0
\$ ██████████ 0.0
0 [Commentaires](#)
Nouveau freelanceur !

\$200
dans 5 jours



• Idées PREPROFESSIONNELLES

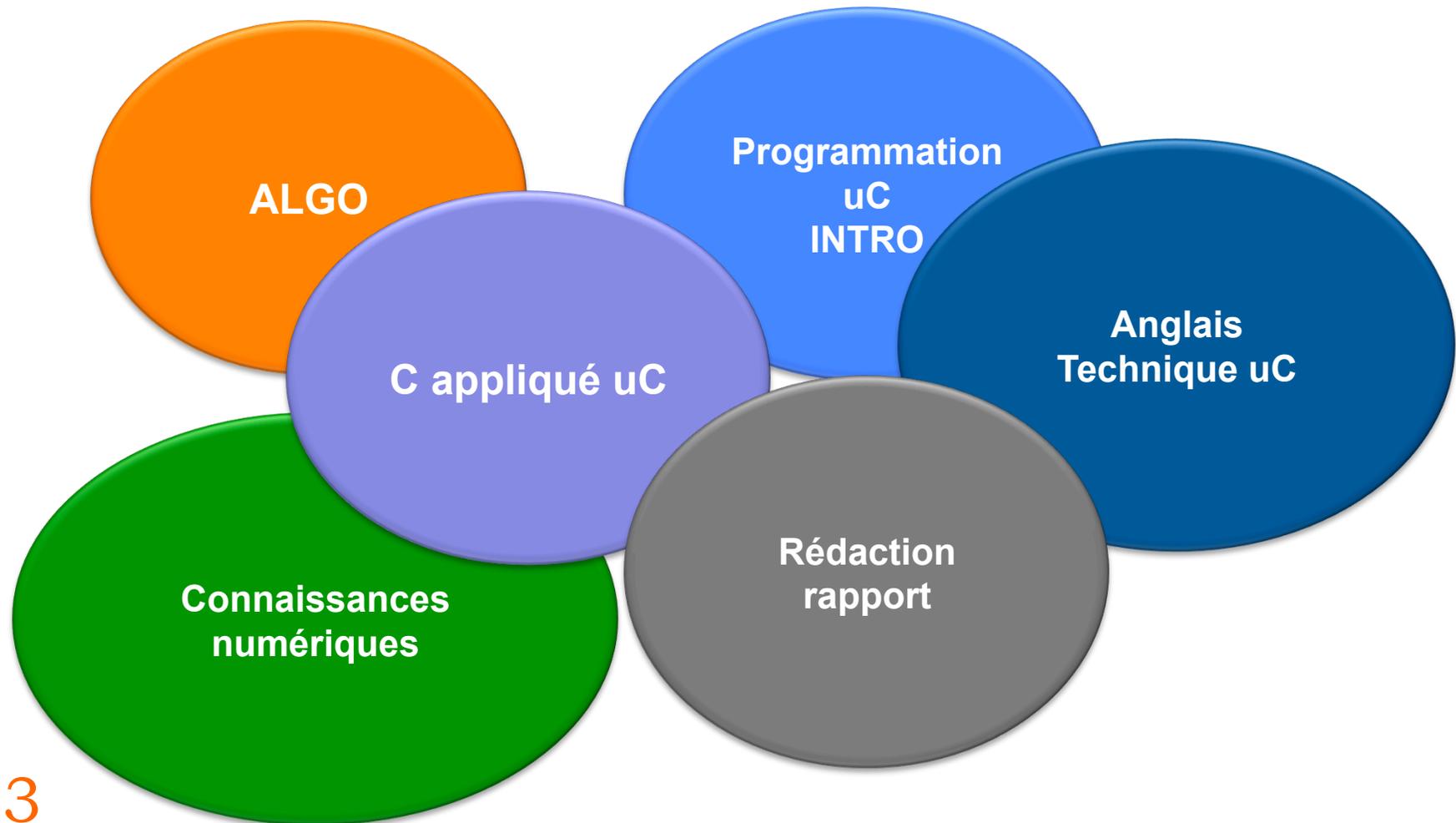
▶ Capture NX2 (0)	▶ Conception graphique (2180)	▶ Présentations (13)	▶ Yahoo! (0)
▶ Caricatures & Bandes dessinées (28)	▶ (510)	▶ Prezi (2)	▶ (1)
▶ (9)	▶ Design d'icône (25)	▶ Impression (9)	
▶ CGI (5)	▶ Illustration (129)		
	▶ Illustrator (131)		
▶ Saisie de Données & Administration			
▶ Soumission d'Article (57)	▶ Traitement de Données (178)	▶ Assistance Téléphonique (1)	
▶ BPO (16)	▶ Assistance Informatique (3)	▶ Assistance Technique (13)	▶ Web (131)
▶ Service Clientèle (33)	▶ Excel (252)	▶ Transcription (29)	▶ (2)
▶ Saisie de Données (341)	▶ Traitement des Commandes (6)	▶ Téléchargement de vidéo (13)	
▶ Ingénierie & Science			
▶ Ingénierie Aéronautique (2)	▶ Exploitation de Données (71)	▶ Programmation Linéaire (5)	
▶ Ingénierie Aérospatiale (2)	▶ Design Digital (10)	▶ Apprentissage Automatique (1)	
▶ Algorithmes (25)	▶ Drones (0)	▶ Design industriel (1)	
▶ Arduino (14)	▶ Génie Électrique (32)	▶ Génie des Matériaux (1)	
▶ Astrophysique (1)	▶ Electronique (46)	▶ Mathématiques (1)	
▶ AutoCAD (57)	▶ Ingénierie (192)	▶ Matlab & Simulink (1)	
▶ Biologie (4)	▶ Dessin en Ingénierie (5)	▶ Génie Mécanique (1)	
▶ Biotechnologie (2)	▶ Analyse d'éléments finis (1)	▶ Mécatronique (6)	
▶ Ingénierie en Radiodiffusion (2)	▶ Génie Génétique (1)	▶ Médical (9)	
▶ CAD/CAM (28)	▶ Géologie (2)	▶ Microcontrôleur (18)	
▶ Génie Chimique (10)	▶ Géospatial (0)	▶ Microstation (0)	
▶ Design de circuits (11)	▶ GPS (7)	▶ Télécommunications (8)	

- En retirer de l'info sur les secteurs demandés
- Attention le faire sur d'autres sites aussi (croiser les données)

- Démo si Wifi disponible



- Compétences « abordées » dans cette UE :





- **Objectifs de l' UE :**
- Comprendre le **principe de fonctionnement** de base d' un ordinateur (modèle Von Neuman, Harvard), hiérarchisation d'un ordinateur
- Connaître les **composants clés** d'un ordinateur (disque dur, ram, processeur...)
- Et les **critères classique d' évaluation** de leur **performance** (capacité, fréquence de fonctionnement, coût...)
- Obligatoire : Acquisition du vocabulaire français + anglais associé aux uC/ordinateur

- **Partie la plus importante uP/uC**



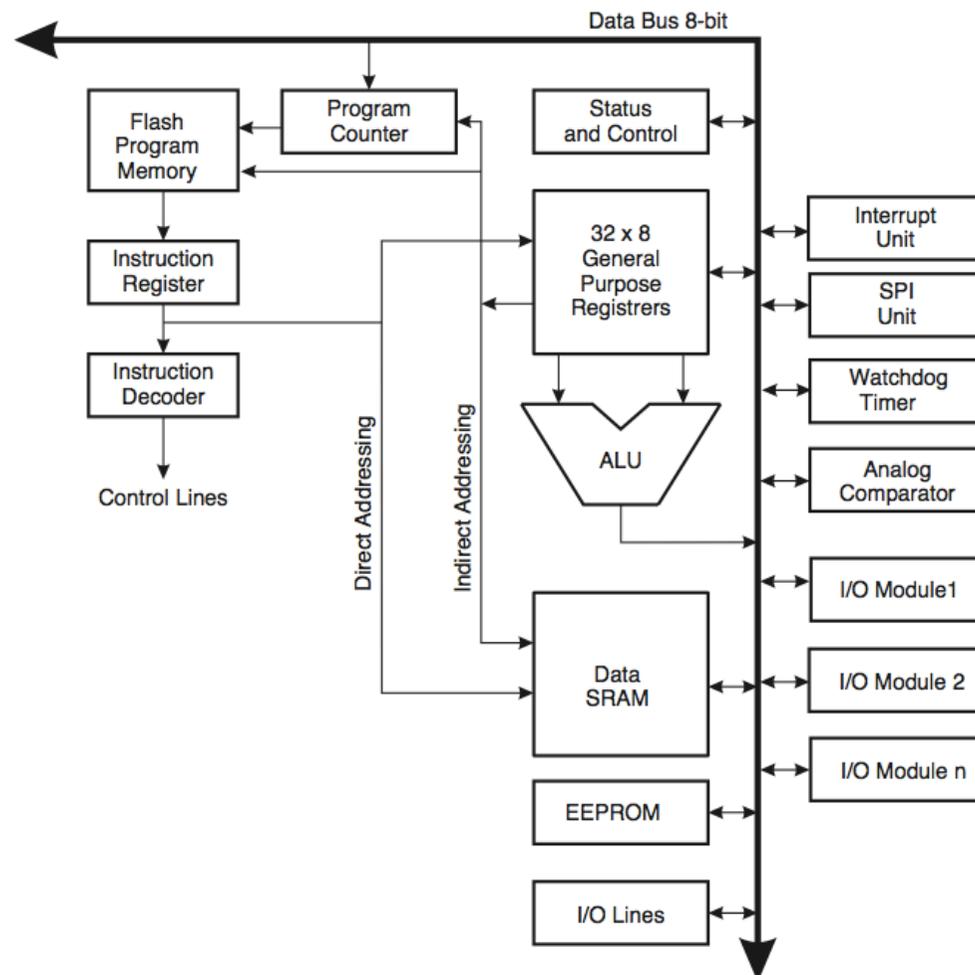


- Programmer un uC ??
- C et asm ?

```
void delay (void)
{
  unsigned int i;
  for (i = 0; i < 33300 ; i++);
}
void main (void)
{
  INTCON = 0xC0;// Global and periperal interrupts are enabled
  PIR1=0;//clear ADIF flag
  PIE1=0x40;//A/D converter enable bit
  IPR1=0;//A/D Low priority
  RCON=0x80;// Enable low priority interrupt
  TRISA = 0xFF;
  TRISD = 0;
  OSCCON =0xF3;
  ADCON1=0x01;//
  ADCON0=0x0C;//channel 3 selected
  ADCON2=0xBF;// ref voltage Vss and Vdd
  ADCON0=0x0D;//A/D enabled
  delay();
  asm
  {
    movlw  0x55
  }
```



- **Dualité** uC/ordinateur et uP/uC : video « video_What is a Microcontroller_ »





- **Notion de systèmes embarqués**

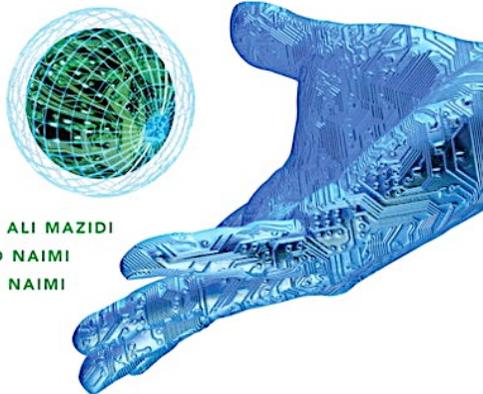
- Terme anglais : **Embedded Systems**
- Prenons quelques images avant d'écrire une définition de ce terme



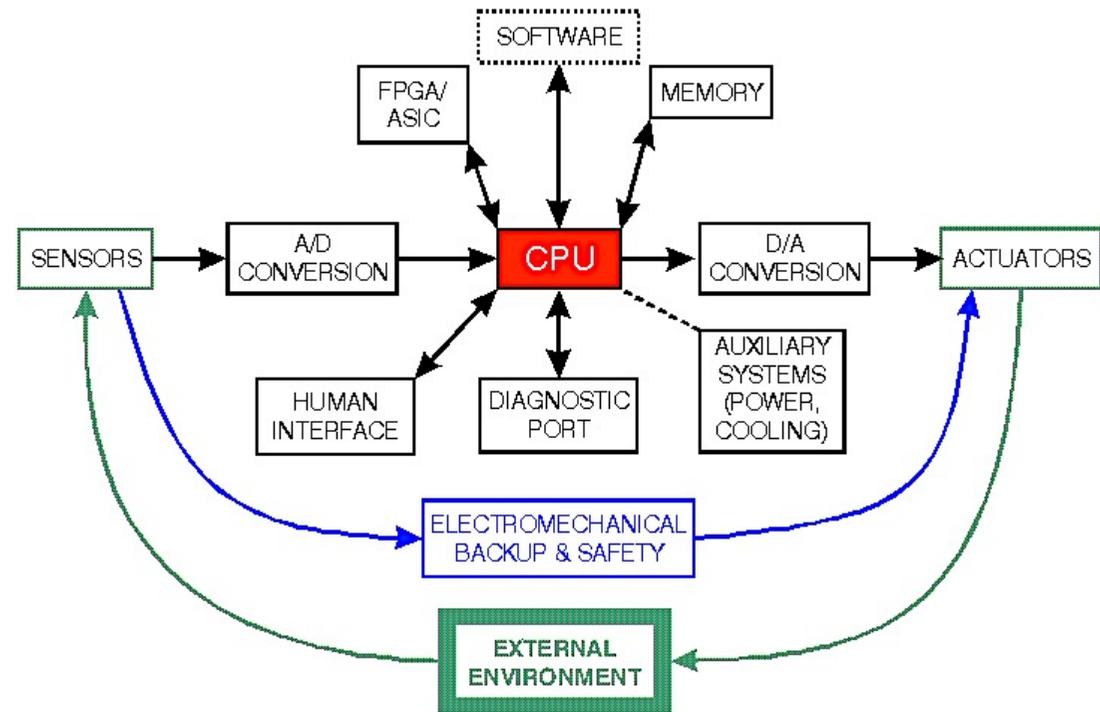


- **systemes embarques**

the avr
microcontroller
and embedded
systems
using assembly and c

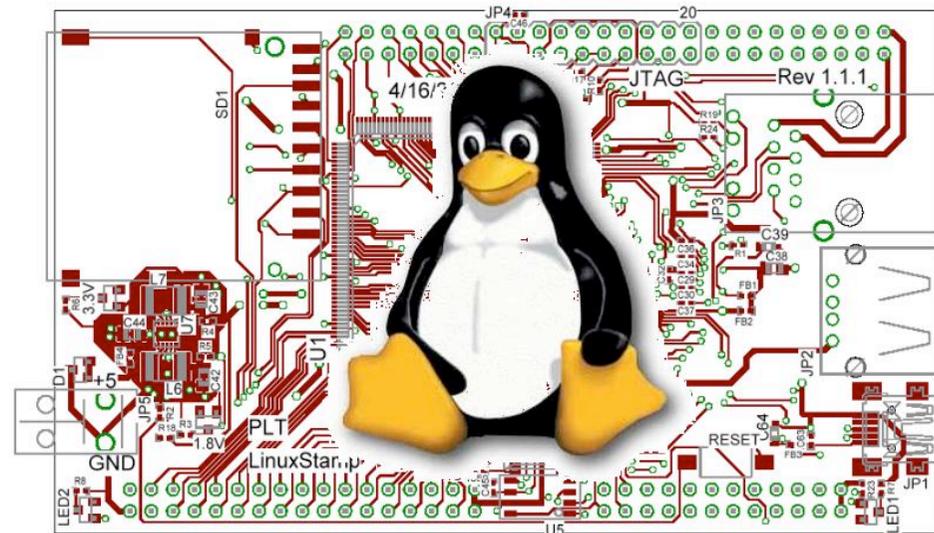


MUHAMMAD ALI MAZIDI
SARMAD NAIMI
SEPEHR NAIMI



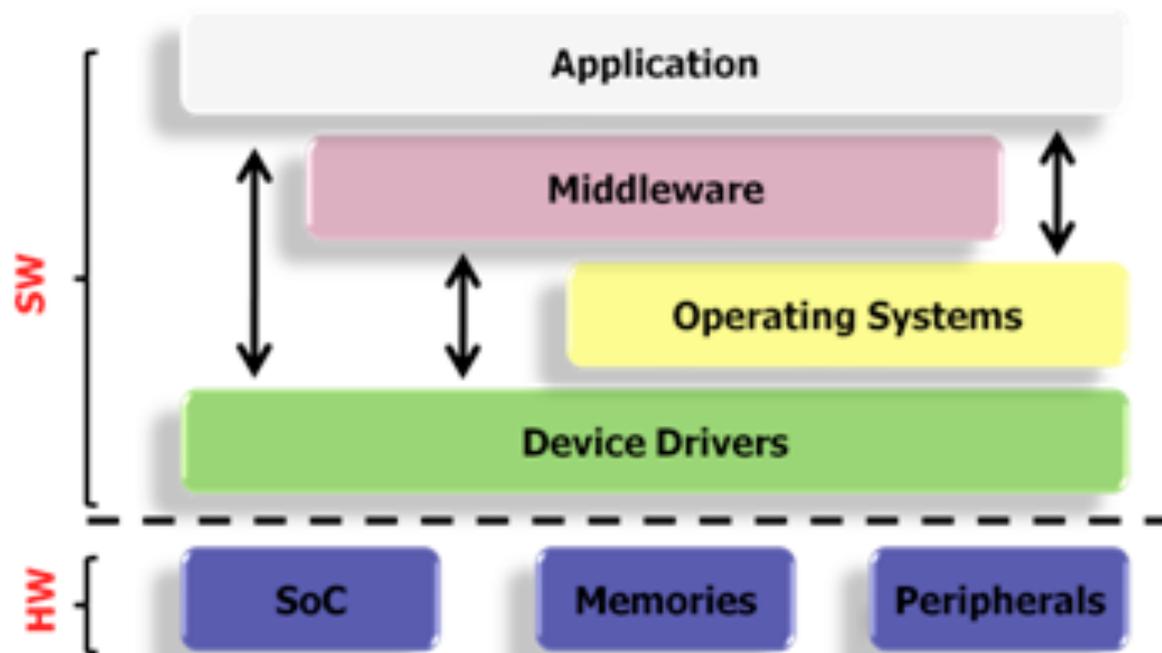


- systèmes embarqués





- systèmes embarqués
- Définition : ...





- **systemes embarqués**

VOCABULAIRE
?



Embedded system

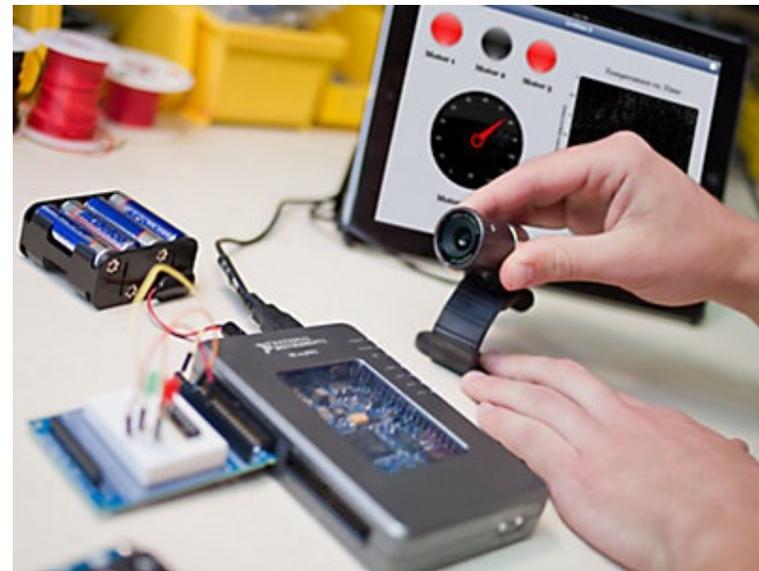
From Wikipedia : An embedded system is a computer system with a **dedicated function** within a larger mechanical or electrical system, often with **real-time** computing constraints. It is embedded as part of a complete device often including hardware and mechanical parts. By contrast, a general-purpose computer, such as a personal computer (PC), is designed to be flexible and to meet a wide range of end-user needs. Embedded systems control many devices in common use today.



- Videos : illustrant QUELQUES exemples de ce que vous pouvez faire avec un uC et les systèmes embarqués :
 - MyRIO videoplayback.mp4
 - video_Arduino Uno + Accelerometres + Servos.mp4



- **Question :** au vu des images suivantes peut on dire que le MyRIO est un système embarqué ?

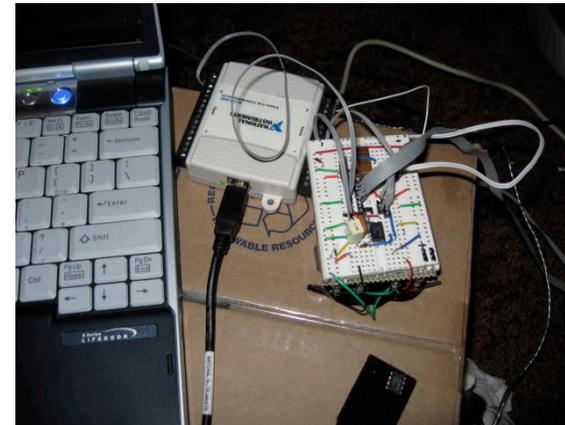


- **! Alimentation !**





- **Question** : Même question sur le DAQ (=appareil d'acquisition et de commande) ?

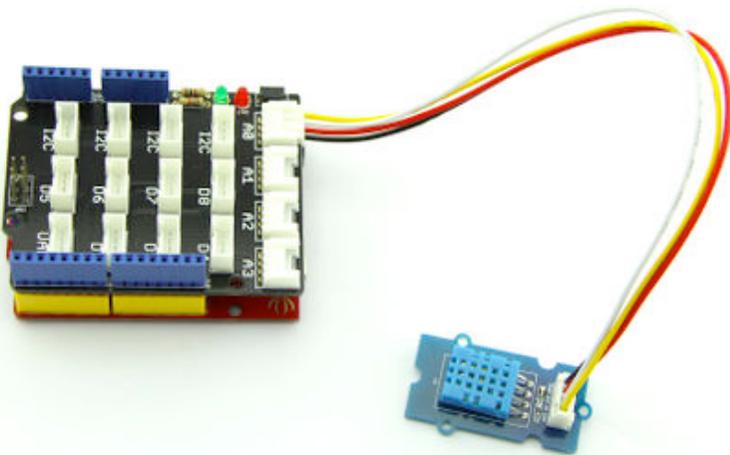




- Si un système doit être **OBLIGATOIREMENT** connecté à un ordinateur pour réaliser sa **tâche principale** : alors il **n'est pas un système embarqué**
- Un système embarqué à une **autonomie de fonctionnement** ... il faudra porter attention à son **alimentation autonome ou pas**
- Comme tâche la plus complexe pour réaliser un système embarqué = réaliser :
 - **Cartes électroniques + mécanique**
 - **Programmer l'OS**
 - **Réaliser les programmes des fonctions**

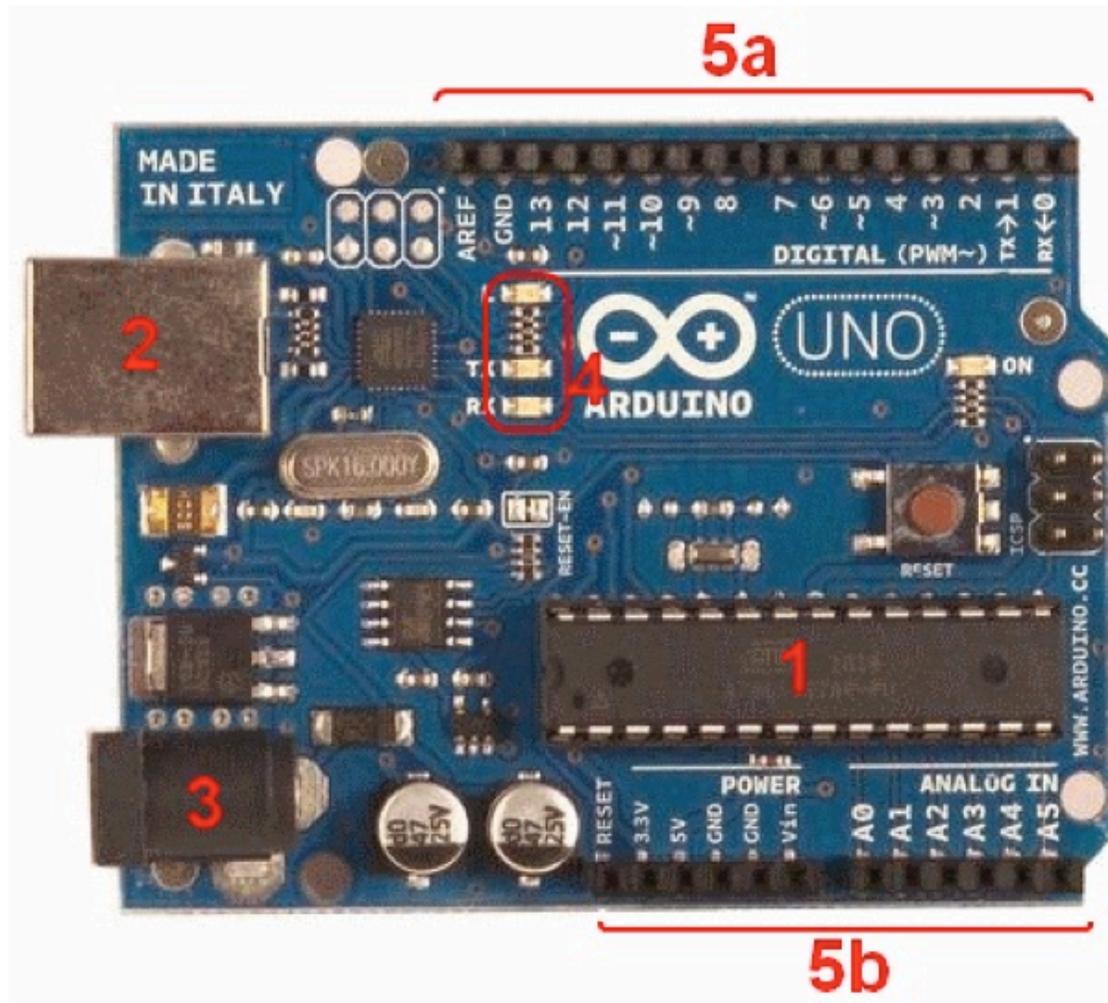


- Cas de démonstration « Arduino Grove Temperature Humidité »
- Voyons un **autre exemple** à base de capteurs numériques et de microprocesseur Arduino



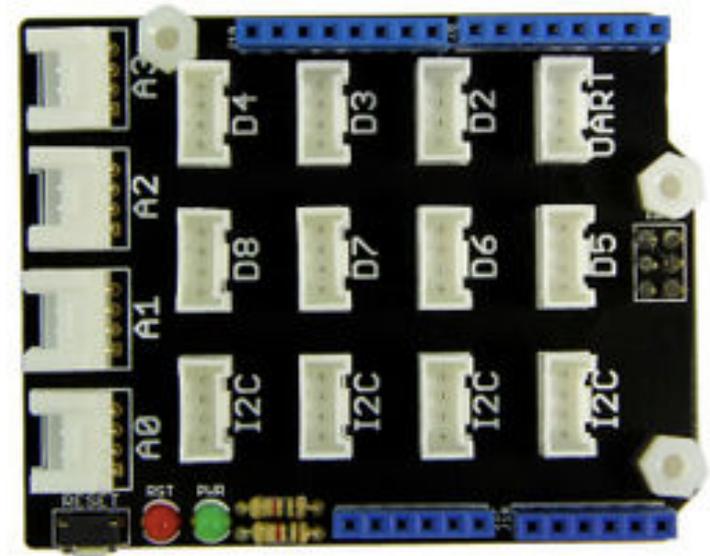
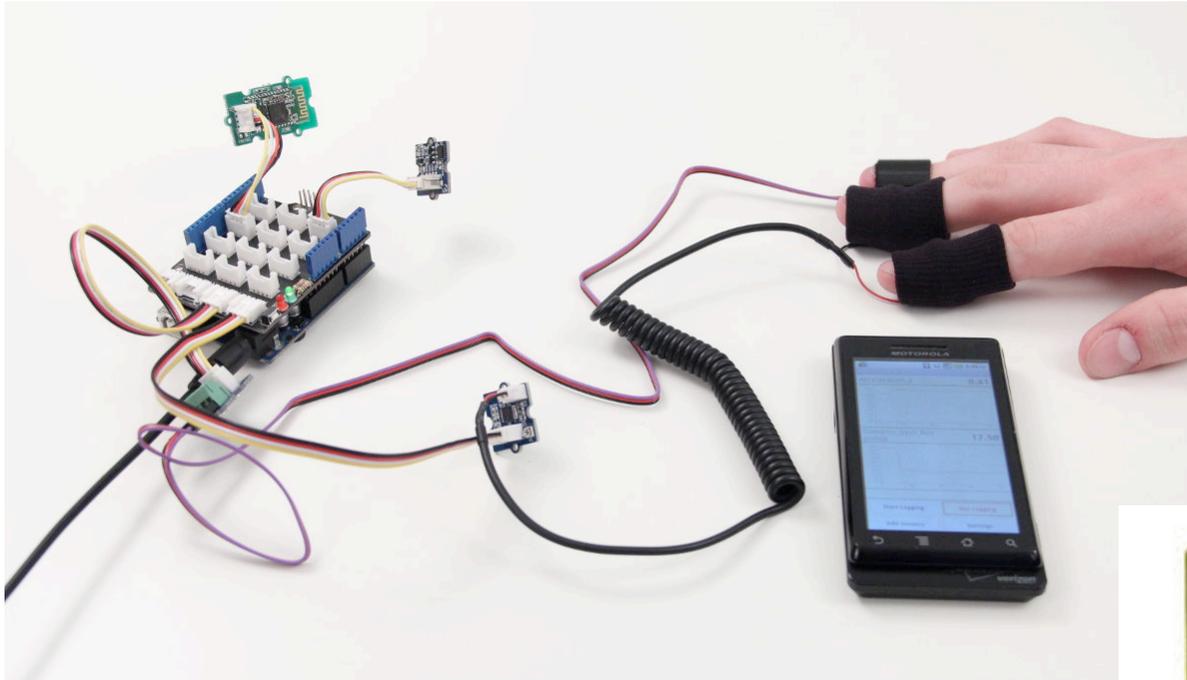
Les atouts des techniques numériques

- Qu'est-ce que Arduino Uno et le système Grove ?



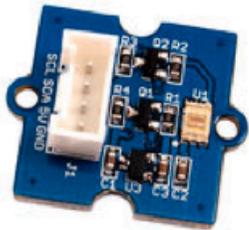


- Qu'est-ce que Arduino Uno et le système Grove ?





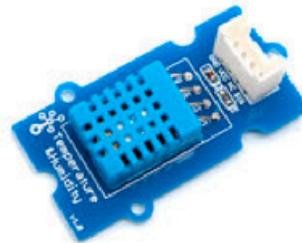
- Qu'est-ce que Arduino Uno et le système Grove ?



Grove - Digital Light Sensor



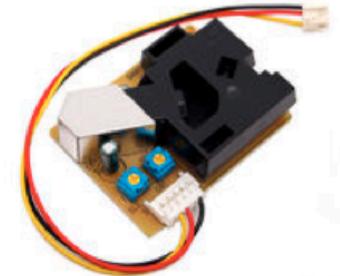
Grove - Light Sensor



Grove - Temperature and Humidity Sensor



Grove - Barometer Sensor



Grove - Dust Sensor



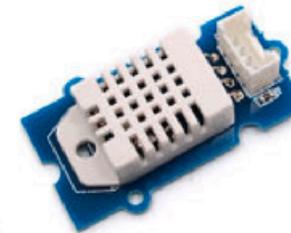
Grove - Gas Sensor



Grove - Temperature Sensor



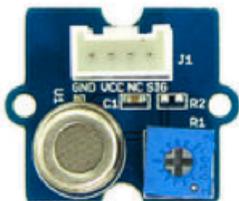
Grove - Air Quality Sensor



Grove - Temperature and Humidity Sensor Pro



Grove - Gas Sensor(O₂)





Voir site web grove

- Qu'est-ce que Arduino Uno et le système Grove ?



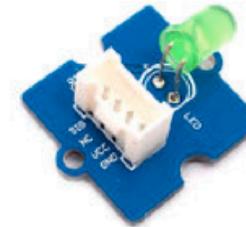
Grove - Solid State Relay



Grove - OLED Display 128*64



Grove - Serial LCD



Grove - LED Socket Kit



Grove - Button



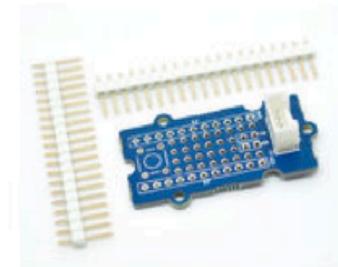
Grove - Vibration Motor



Grove - LED Bar



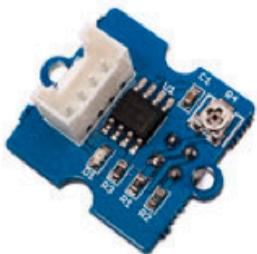
Grove - Relay



Grove - Protoshield



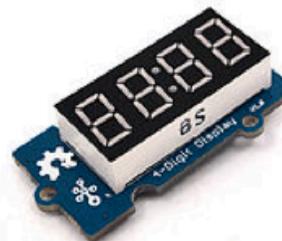
Grove - Thumb Joystick



Grove - Infrared Reflective Sensor



Grove - LED Strip Driver



Grove - 4-Digit Display



Grove - OLED Display 96*96

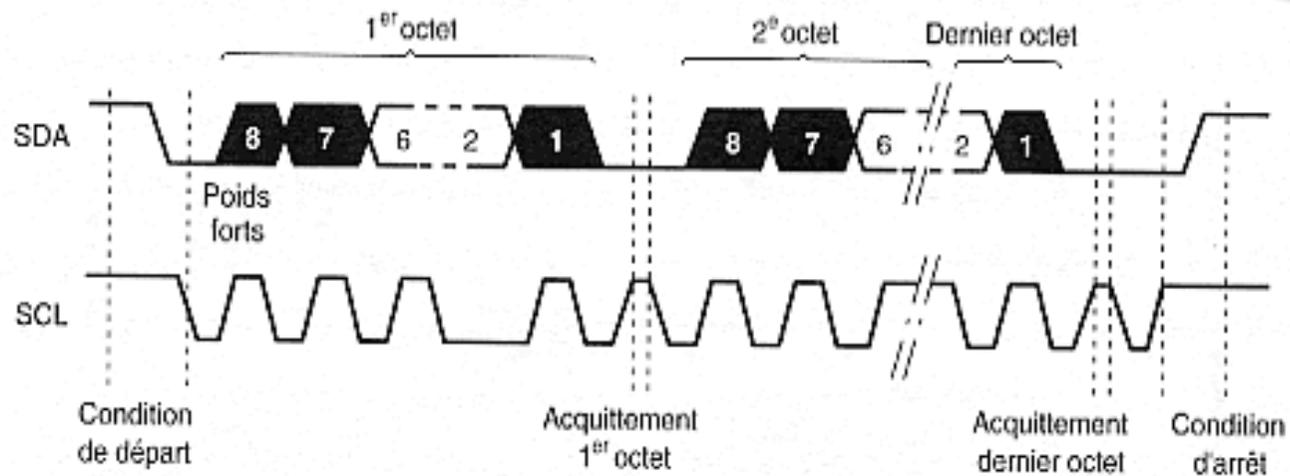


Grove - I2C Motor Driver



- Qu'est-ce qu'un capteur fonctionnant avec le protocole I2C?

Cf cours capteurs
1^{er} semestre





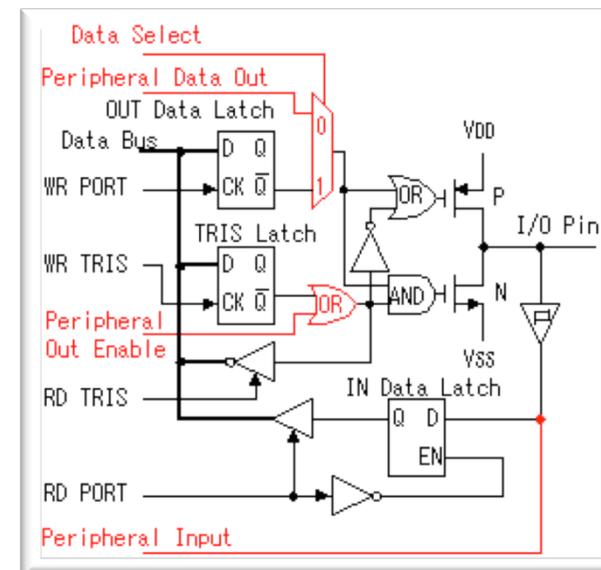
- Quelques connaissances préalables sur :
 - **grandeurs binaires et numériques**
 - **numération binaire**
 - **Positionnement du hardware et software**
- sont **indispensables** pour aborder le domaine de la **micro-informatique** et des **microprocesseurs**.
- cours de M. Douyere **DEJA DEBUT** (certains points de ce cours seront donc **rapidement présentés** : **PROGRAMME DU COURS M. DOUYERE**)





Plan M. Douyere

- Introduction
- Système séquentiel
- Les bascules
- Les registres
- Les compteurs et décompteurs
- Les machines d'états/Séquenceurs





- I. Pre-requis : Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l' analogique)
 - a. Domaines numérique et analogique : Pourquoi le développement et la prédominance du « numérique » ?
- II. Rapide Historique de l' évolution des ordinateurs
- III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique
- IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques

Déjà vu
CM Elect Analog 1



- A la base nous avons **3 souhaits** en ce qui concerne les **systemes** que nous utilisons et que nous **développons** :
 - **Fiabilité/répétitivité** des systèmes
 - Souvent, **nécessité croissante** de **réaliser des calculs** (calculs : voir suite du cours) et ceci de plus en plus **rapidement**.
 - Nécessité de **réaliser** des systèmes de **plus en plus sophistiqués et intelligents, portables, à longue autonomie sur batterie**.





- **Pourquoi ces 2 mondes ??**

- **Historiquement** les grandeurs de notre monde d'abord vues comme **analogiques**
- Ex : tension 15V ou courant 8.12mA pouvant **prendre toutes valeurs possibles**.
- Ces valeurs s'appuient sur la **base de numération décimale**.

- L'homme a ensuite vu une opportunité
 - de réaliser **plus rapidement des calculs**
 - de **stocker l'information de façon fiable, de réaliser systèmes plus sophistiqués**
- en exprimant les grandeurs analogiques décimales en base binaire (en utilisant que les symboles 0 et 1)

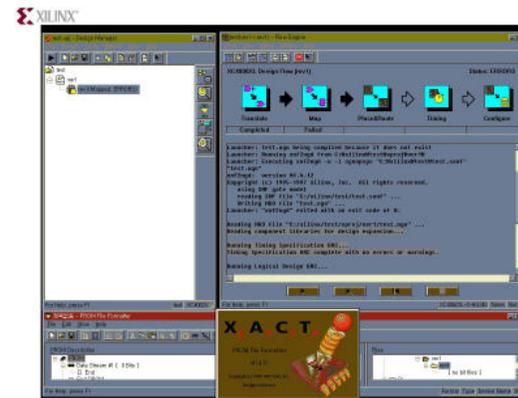
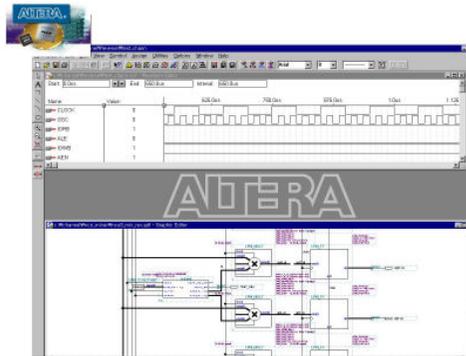
- Le **numérique a pris le pas** sur l'analogique (conception technique de conception des systèmes)

Déjà vu
CM Elect Analog 1

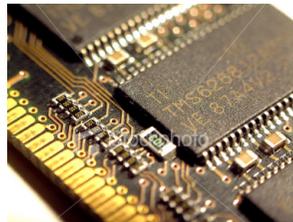


Avantages du numérique par rapport à l'analogique

- **Facilité de conception** des fonctions complexes (nombreux outils informatiques **FIABLES/gratuits** d'aide à la **conception et de simulation**)



- **Mémorisation (stockage) fiable** des informations (disque dur, DVD, mémoire ROM, mémoire RAM)



- **Manipulation des données** aisée et base de calculs et rapides (scilab, excel, matlab, ...) ex : [analyse matlab](#)

Déjà vu
CM Elect Analog 1

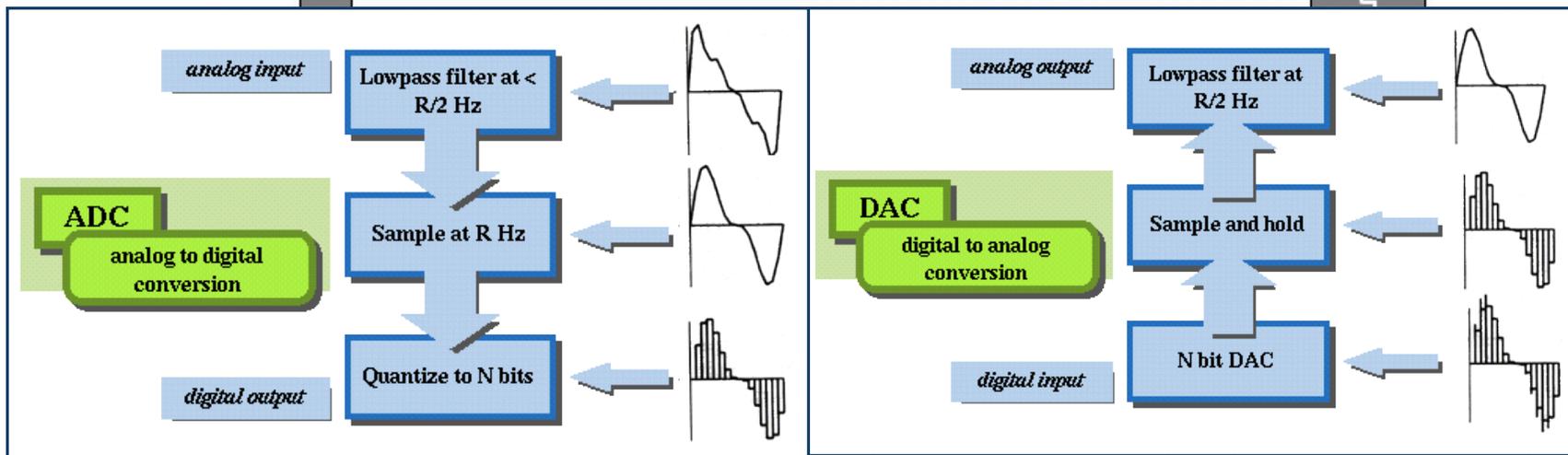
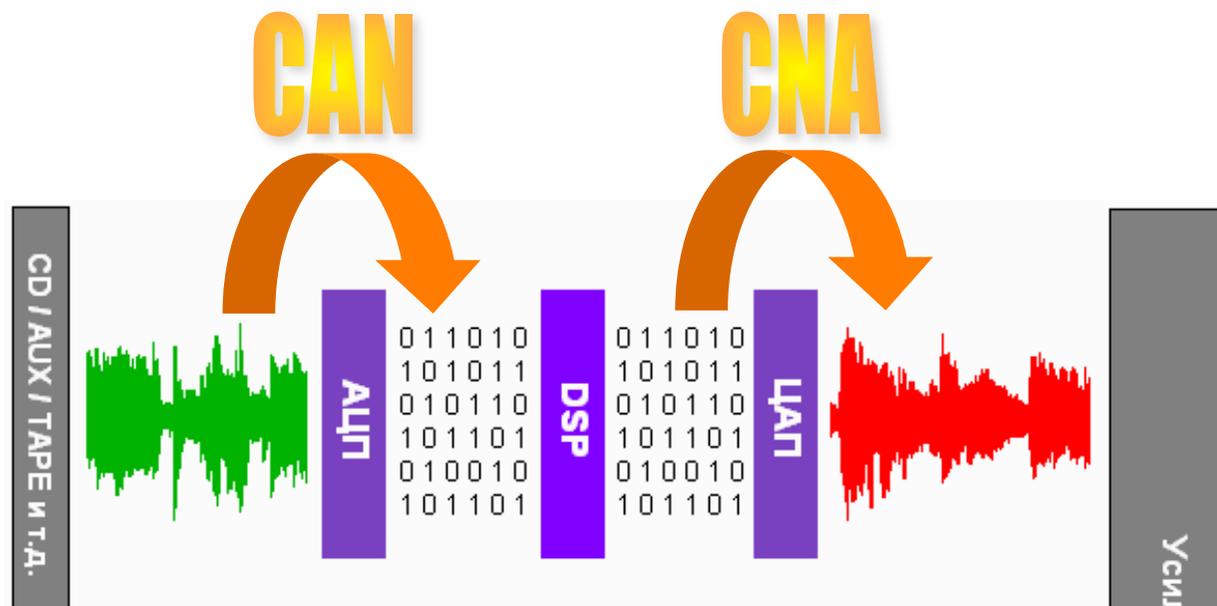


- Mais les signaux en fin de chaîne (moteurs, baffles, écran....) sont très souvent de nature analogique
- ⇒ nous avons donc aujourd' hui une coexistence de ces 2 représentations :
 - ANALOGIQUE (informations analogiques)
 - BINAIRE (informations numériques)
- Avec une prédominance du numérique
- Chacun de ces 2 mondes a avantages et inconvénients, il faut savoir les utiliser et basculer dans l' autre monde quand nécessaire
- Passage entre ces 2 mondes : Convertisseur CAN CNA





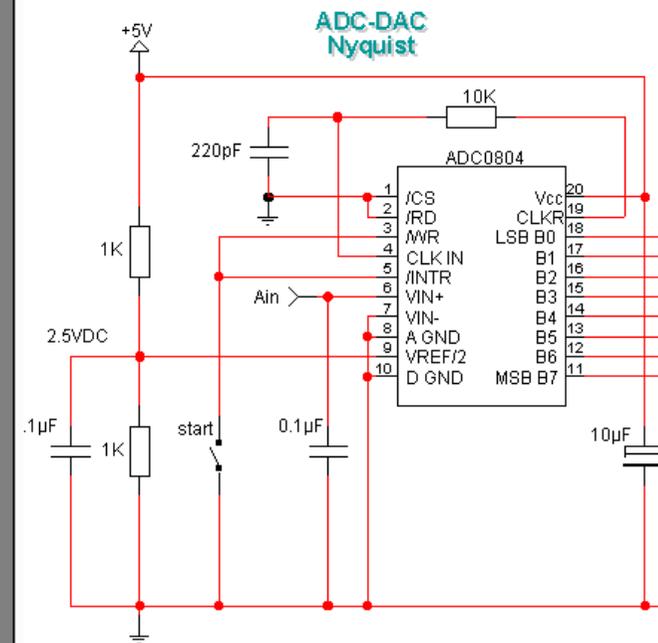
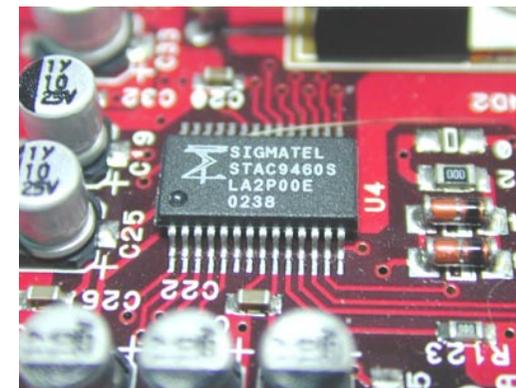
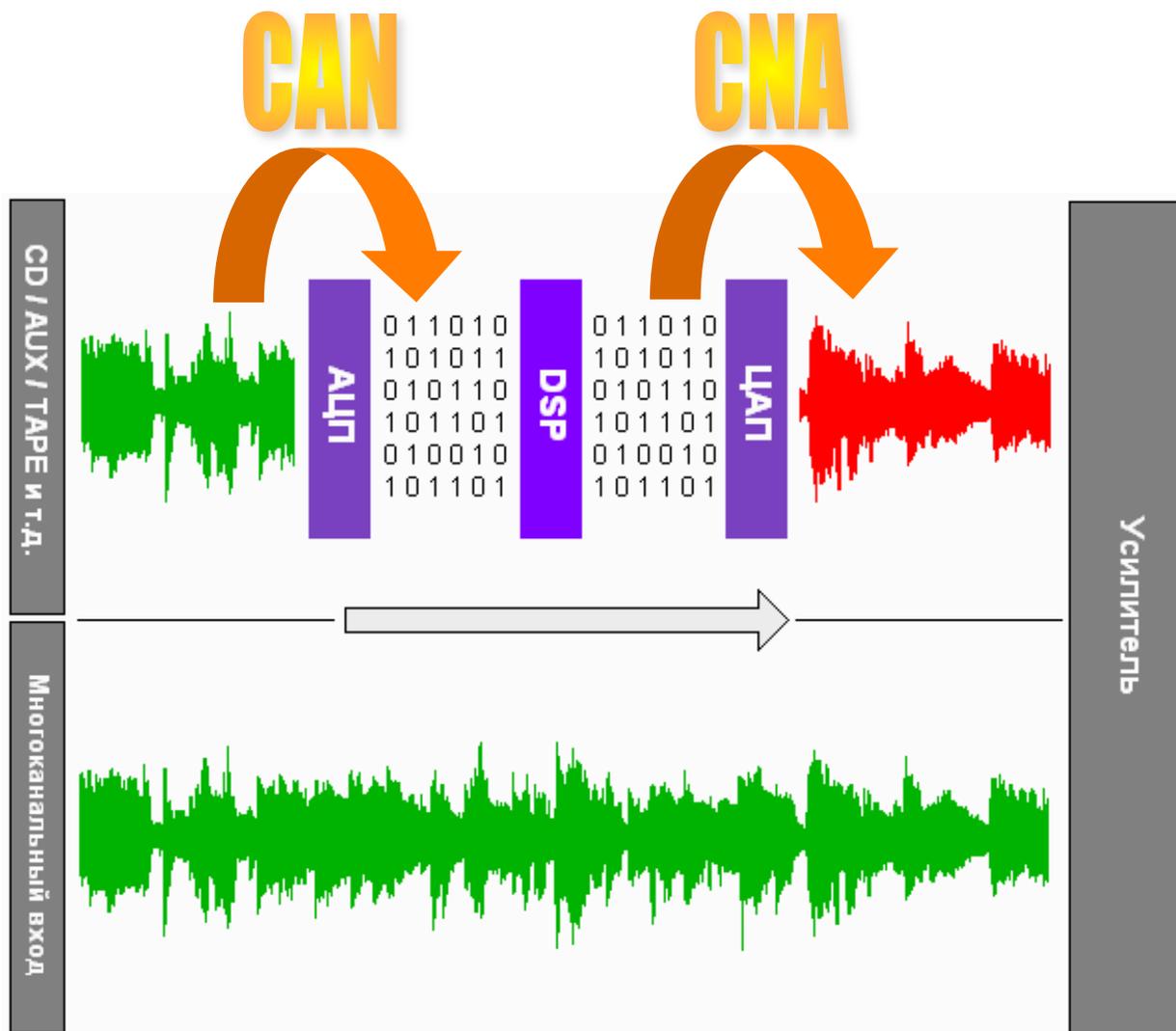
Remarque : passages entre monde analogique et numérique :





Introduction : Le monde du numérique et de l'analogique

Passages entre monde **analogique** et numérique :





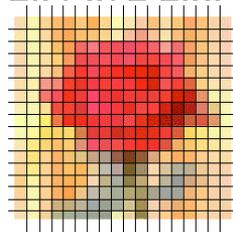
- I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l' analogique)
 - a. Domaines numérique et analogique
 -  b. Numération : utilité ?
- II. Rapide Historique de l' évolution des ordinateurs
- III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique
- IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



- **Réponse = pour réaliser des calculs de façon rapide**
- Le **développement de l'électronique numérique** est intimement lié à la **nécessité de réaliser des calculs** (applications aux domaines du bâtiment, aéronautique, chimie, électronique...)
- **Besoin de réaliser des calculs mathématiques** (intégrales, sommes etc...)

$$\sum_{i=1}^{1000} x^i \text{Log}_{10}(i)$$

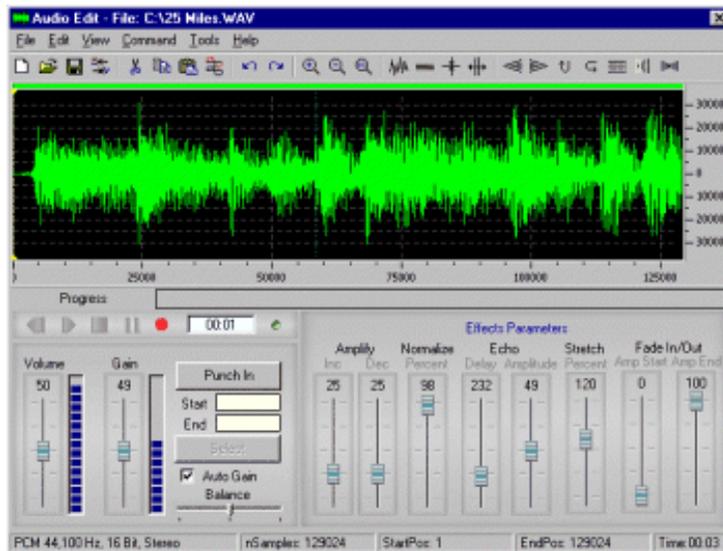
- **Calculs pour traitement d'images** (logiciel de traitement graphique) : on nomme **profondeur** le nombre de digits utilisés pour coder la couleur de chaque pixel
 - 1 bit « 0 ou 1 » : seules couleurs possibles : noir et blanc,
 - 1 octet = « 10010001₂ »: 256 couleurs ou niveaux de gris,
 - 2 octets : 65536 couleurs,
 - 3 octets : 16 777 216 couleurs,
 - 4 octets : 4 294 672 296 couleurs



Coloriser une image = faire des additions et des soustractions, décalages de nombres binaires

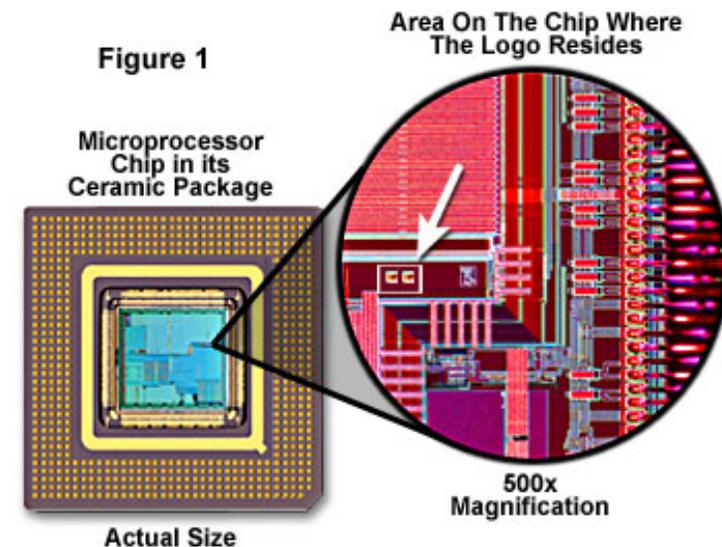


- **calculs pour traitement audio et vidéos** (wav \Rightarrow mp3)



Faire de la compression = au final faire des additions, des soustractions, des comparaisons de nombres binaires

- De nombreux exemples existent (utilisateur ne voit que niveau supérieur, bas niveau traité par processeur)

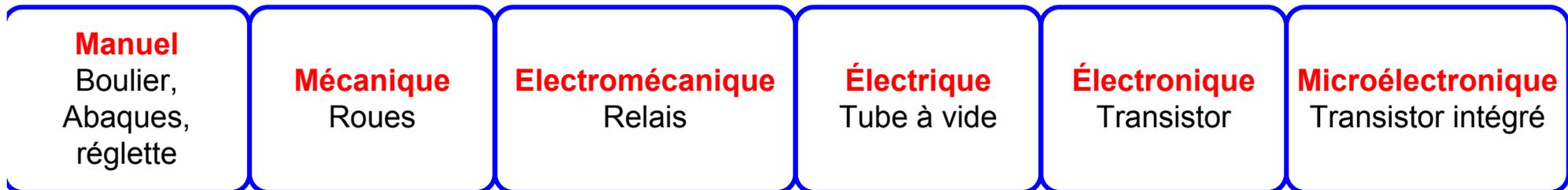




- Pour revenir aux **machines à calculer**

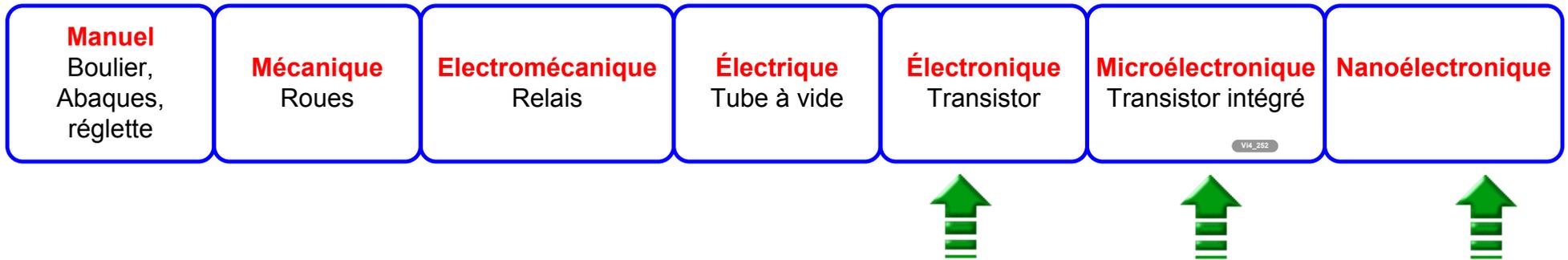


- machines ont été **réalisées sous diverses « formes »** en fonction de la **maîtrise technologique** de chaque époque





Positionnement historique de l'électronique numérique



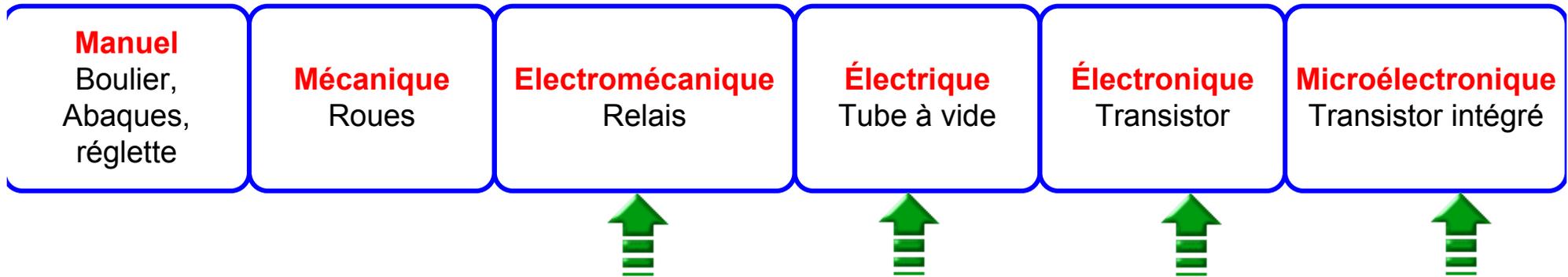
Une **autre façon de réaliser des calculs**
représenter nombres « traditionnels » (= en base décimale) $(1232)_{10}$

En un **CODE adapté** à une **certaine technologie performante** qui va traiter
ces codes de façon très rapide

Bien sure dans l'optique de gagner du temps de **calcul !!!**



Positionnement historique de l'électronique numérique



TECHNOLOGIE

Un relai est **ouvert** ou **fermé**
Un transistor est **conducteur** ou
non conducteur

THEORIE DE REPRESENTATION DE L'INFORMATION

1 Bit 
can be  **0** or  **1**

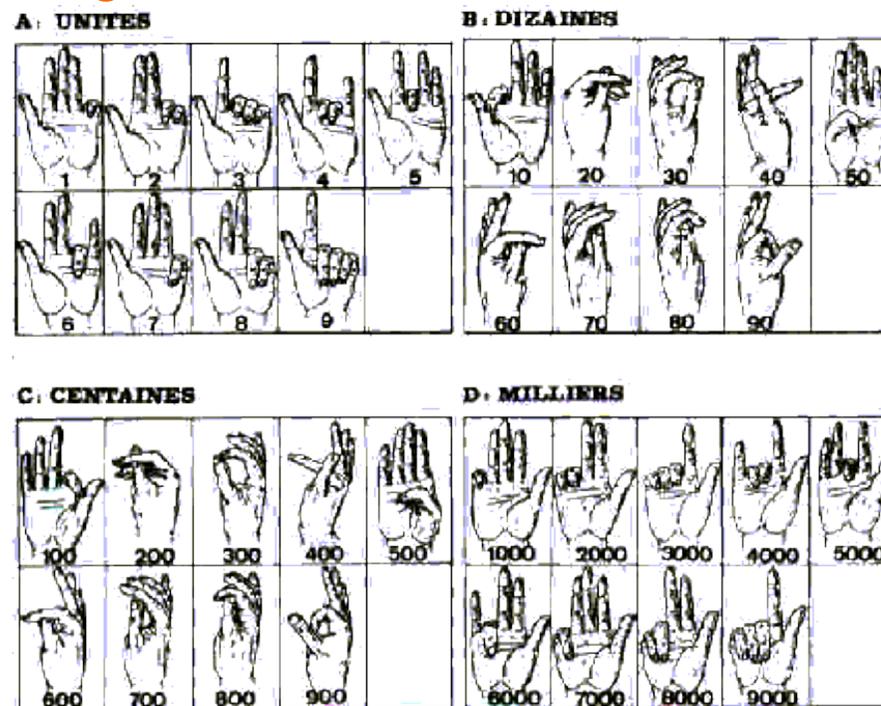
Les composants de type transistors ou relais peuvent représenter un digit
Un élément ne pouvant prendre que 2 valeurs fait parti d'un CODE BINAIRE
Code binaire qui est traité théoriquement par la NUMERATION



- Définition : «la **numération**» est ensemble de **conventions** et de **méthodes** permettant de **nommer**, d'**écrire** les nombres entiers naturels (et par extension tous les autres nombres)
- Exemples :
 - système arabe : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9.
 - système romain : I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, L, C, M.
- Remarque : la numération **arabe** utilise une représentation **positionnelle** (**contrairement** à la numération **romaine**) : numération romaine : **MCMXCIX** où M **vaut toujours 1000**, C vaut toujours 100 quelque soit sa position.
- Numération **positionnelle** : La **valeur** d'un **chiffre dépend** de sa **position**. Pour le nombre 1999 où le « 9 » le plus à droite vaut « $9 \cdot 10^0$ », celui immédiatement à sa gauche vaut « $9 \cdot 10^1$ », etc..
« 1999 » = $1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 9 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0$



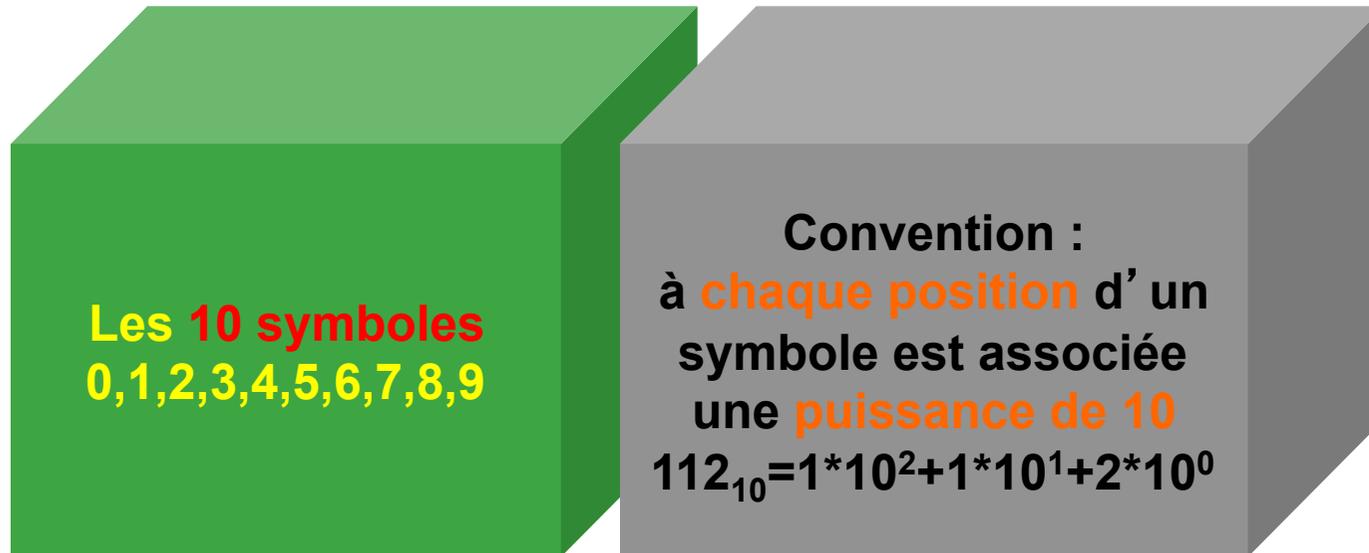
- Pour **comprendre** notre **système de numération actuel**, faut remarquer que les hommes ont commencé à **compter** en s'aidant des **doigts**



- Introduction de la notion de « **base** » : à disposition 10 « **symboles** » différents = utilisation d'une **base de 10** symboles



- Les 2 piliers de notre numération actuelle :

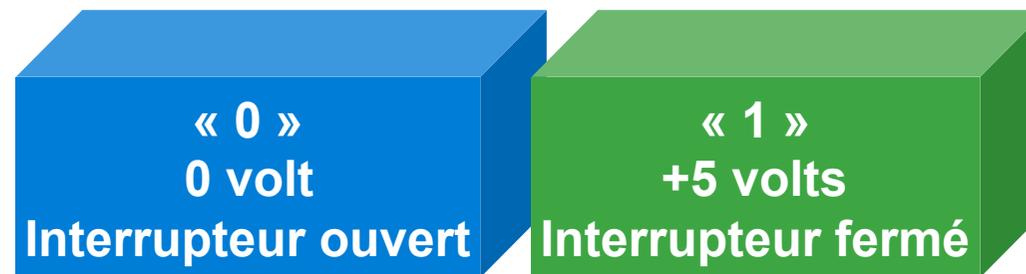




- I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l' analogique)
 - a. Domaines numérique et analogique
 - b. Numération : utilité ?
 -  c. Le base binaire, binaire naturel
- II. Rapide Historique de l' évolution des ordinateurs
- III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique
- IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



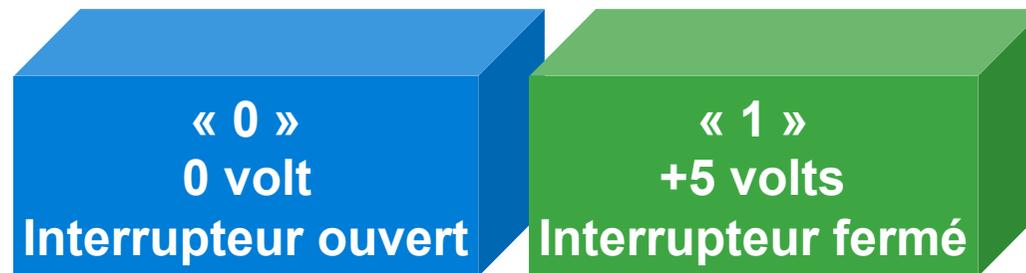
- Une autre base possible est la **base 2** appelée « **binaire** ». Elle ne comporte que **2 symboles** différents : « 0 et 1 », « vrai et faux », « ouvert et fermé », « 0 volt et 5 volts », « éteint et allumé ».....



- ces différents **significations des symboles** peuvent correspondre pour beaucoup à **l'état de composants électroniques** : diodes, lampes, transistors  l'électronique est une technologie adaptée à la base binaire.....d' où les ères technologiques associées...



- Une autre base possible est la **base 2** appelée « **binaire** ». Elle ne comporte que **2 symboles** différents : « 0 et 1 », « vrai et faux », « ouvert et fermé », « 0 volt et 5 volts », « éteint et allumé ».....



- ces différents **significations des symboles** peuvent correspondre pour beaucoup à **l'état de composants électroniques** : diodes, lampes, transistors  **l'électronique est une technologie adaptée à la base binaire**.....d' où les ères technologiques associées...



- I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l' analogique)
 - a. Domaines numérique et analogique
 - b. Numération : utilité ?
 -  c. Le base binaire, binaire naturel
- II. Rapide Historique de l' évolution des ordinateurs
- III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique
- IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



Binaire naturel

- Comment traduire un nombre en base 2 ?

Valeur décimale à décomposer : 173

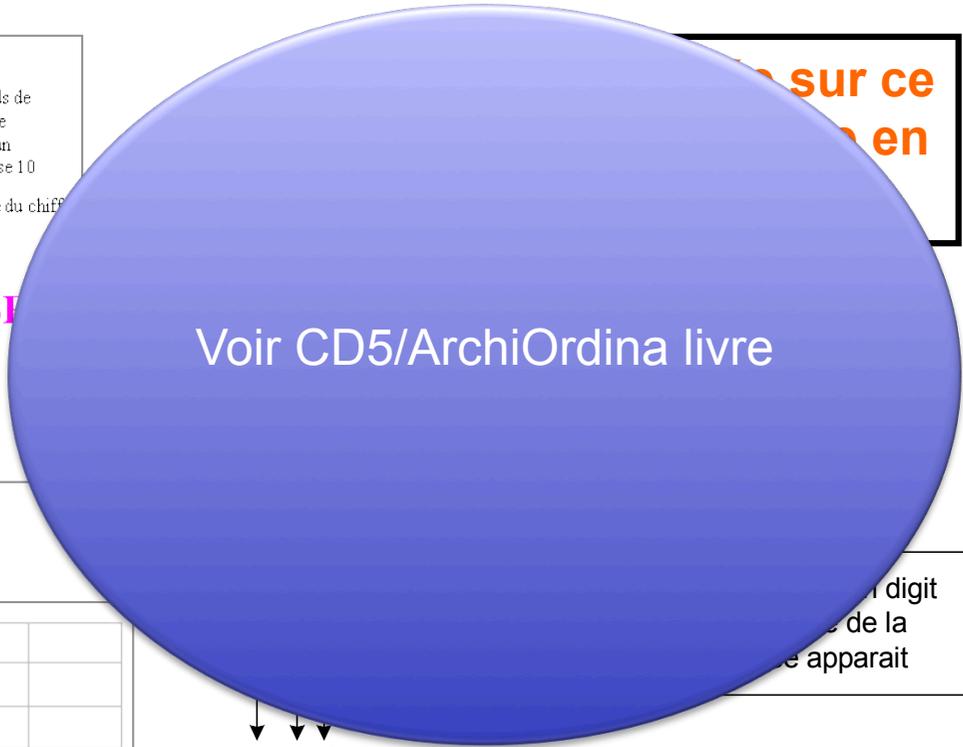
27	26	25	24	23	22	21	20
128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	1	0	1	1	0	1

Calcul du poids de chaque colonne
Poids de chacun des bits en base 10
Valeur binaire du chiffre

MSB → (1) ← LSB

$173 = 1 \times 128 + 0 \times 64 + 1 \times 32 + 0 \times 16 + 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1$

Valeur binaire de 173 = 1010 1101



173 = ① 0101101

173	2						
1	86	2					
LSB	0	43	2				
		1	21	2			
			1	10	2		
				0	5	2	
					1	2	2
						0	①
							MSB



- **Binaire naturel**

Valeur décimale à décomposer : 173								
2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	Calcul du poids de chaque colonne
128	64	32	16	8	4	2	1	Poids de chacun des bits en base 10
1	0	1	0	1	1	0	1	Valeur binaire du chiffre

MSB → (1) 0 1 0 1 1 0 (1) ← LSB

$173 = 1 \times 128 + 0 \times 64 + 1 \times 32 + 0 \times 16 + 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1$

Valeur binaire de 173 = 1010 1101

- Exercice 1 : traduire $(10)_{10}$ en base 2 ?
- Exercice 2 : Donner la valeur décimale du nombre 10101, dans le cas où il est codé en base 2
- Réaliser la somme en base 2 des nombres décimaux suivants : 25 et 14 : $(25)_{10} = (11001)_2$ et $(14)_{10} = (1110)_2$

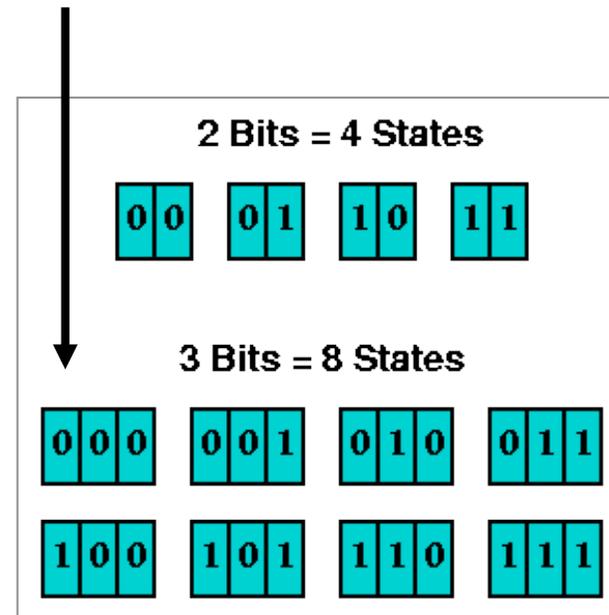
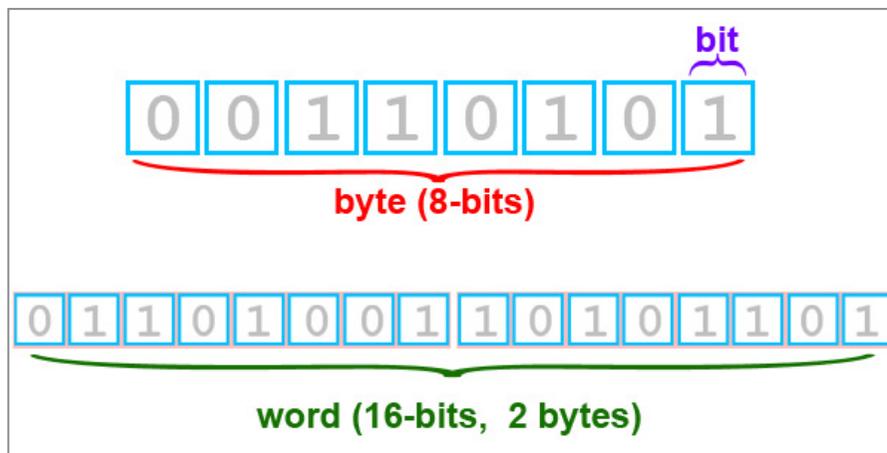
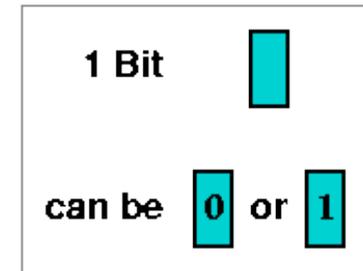


- I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l' analogique)
 - a. Domaines numérique et analogique
 - b. Numération : utilité ?
 - c. Le codage binaire, binaire naturel
 -  d. **Vocabulaire de base du numérique : bit, byte, Ko, octet**
- II. Rapide Historique de l' évolution des ordinateurs
- III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique
- IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



Introduction : La numération binaire

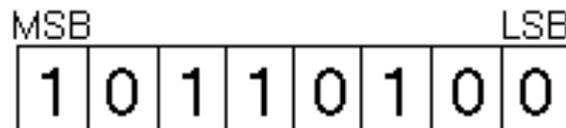
- L'élément de base du numérique est le **bit ou digit**
- Vaut '0' ou '1'
- Notion : octet, bit, byte
 - bit : symbole portant une information de base
 - **Octet** = association de **8** symboles = **Byte** (terme anglo-saxon)
 - **Mot binaire** = association de digits
- Souvent nécessaire considérer **combinaison** des valeurs d'un mot binaire





- **Vocabulaire à connaître :**
 - **MSB** (Most Significant Bit, gauche **plus forte puissance de 2** en base binaire – voir après), **LSB** (Least Sig....- associé à 2^0)

$$11011 = \underbrace{1}_{\text{MSB}} \underbrace{101}_{\text{LSB}} \underbrace{1}_{2^0}$$

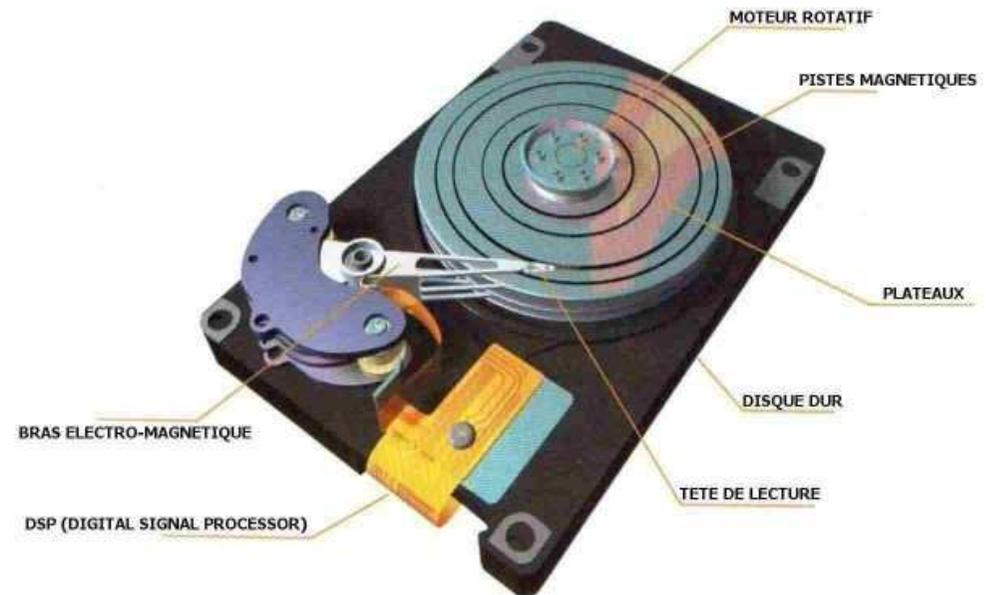


- Remarque : en informatique, travaille en base 2
- Puissance de 2 plus proche de 1000 = $2^{10} = 1024$



Les unités d'évaluation de la capacité mémoire ou de flux binaire

- **Ko** : Un KiloOctet = 2^{10} octets = 1024 octets soit $1024 \times 8 = 8192$ bits
- **Mo** : Un MegaOctet = 2^{20} octets = 1024 Ko soit $1024 \times 1024 = 1\,048\,576$ octets
- **Go** : Un Go = 1024 Mo soit
- **To** : Un To = 1024 Go





- Tableau de synthèse

Combien Bit dans ...?	Octet	Ko	Mo	Go	To
1 Bit	1				
1 Octet	8	1			
1 Ko	8 192	1 024	1		
1 Mo	8 388 608	1 048 576	1 024	1	
1 Go	8 589 934 592	1 073 741 824	1 048 576	1 024	1
1 To	8 796 093 022 208	1 099 511 627 776	1 073 741 824	1 048 576	1 024
			exc1_2105		



- **Vocabulaire à connaître :**
 - **MAIS** La notation **kilo (k)** est officiellement de **10³**.
 - Indépendamment de l'unité : que ce soient des **kilo-grammes (1000 g)**, des kilo-mètres, des kilo-Joules, des kilo-ampères, des kilo-hertz ou des kilo-octets
 - 1 kilo-octet = 1000 octets.
 - 1 kilo-bits = 1000 bits.
 - Il existe des préfixes spécifiques pour le binaire:
 - 1 **Kibit** = 2 puissance 10 bits = 1024 bits
- ⇒ Assurez-vous d'avoir la même convention que votre interlocuteur



Positionnement historique de l'électronique numérique

- A voir en TD : Exercice fiche exercice 1 « résolution et codage d'une image numérique »



Codage 3 octets



Codage 1 octets



Codage 1 DIGIT

La « taille mémoire » va en décroissant (→ illustration gimp/
paintshop)



- Pour information « taille en mémoire » GIMP :



- Taille en mémoire : place occupée, en ko, dans la mémoire par l'image. Cette information est également donnée dans la fenêtre d'image. **Cette taille en mémoire est beaucoup plus importante que celle du fichier d'image telle que vous pouvez la voir dans votre navigateur.** D'une part l'image affichée est décompressée et d'autre part, GIMP conserve en mémoire un double de l'image pour les opérations « Refaire CTRL+Z ».



- Pour information :

Informations sur l'image
zinnia.png-1

Général | Curseur | Commentaire

Dimensions en pixels : 200 x 210 pixels
Taille de l'impression : 2,777 x 2,916 pouces
Résolution : 72,009 x 72,009 ppp
Facteur d'échelle : 100,00
Nombre de calques : 1
Taille en mémoire : 373 ko
Type d'affichage : Couleur RVB
Classe du visuel : « Vrai couleur »
Profondeur du visuel : 24

A blue arrow points to the 'Profondeur du visuel : 24' line.

- Profondeur du visuel : (« Profondeur de couleur »). Autre façon d'exprimer le nombre de couleurs affichées par votre écran en bits ; avec 8 bits, vous codez 256 couleurs, avec 16 bits 256x256, et avec 24 bits 256x256x256 couleurs.



I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l' analogique)

- a. Domaines numérique et analogique
- b. Numération : utilité ?
- c. Le codage binaire, binaire naturel
- d. Vocabulaire de base du numérique : bit, byte, Ko, octet



e. D' autres bases existent – octal et hexadécimal

II. Rapide Historique de l' évolution des ordinateurs

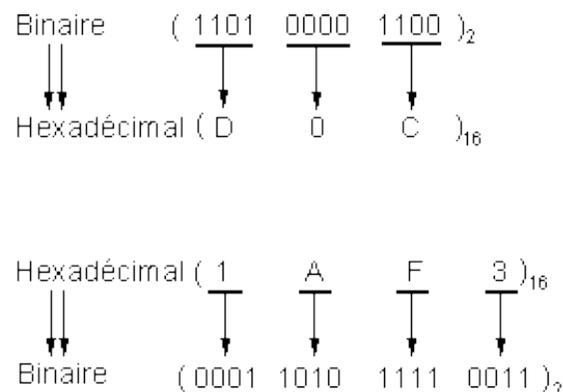
III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique

IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



- **D'autres bases existent – octal et hexadécimal**
 - en électronique numérique et en informatique deux bases sont souvent utilisées :
 - octal, hexadécimal : à remarquer nombre de symboles

Base 10	Base 2	Base 8	Base 16	Base 10	Base 2	Base 8	Base 16
0	0	0	0	8	1000	10	8
1	1	1	1	9	1001	11	9
2	10	2	2	10	1010	12	A
3	11	3	3	11	1011	13	B
4	100	4	4	12	1100	14	C
5	101	5	5	13	1101	15	D
6	110	6	6	14	1110	16	E
7	111	7	7	15	1111	17	F



Notation en assembleur

Radix	Exemple representation
Decimal	D'255'
Hexadecimal	H'8d' or 0x8d
Octal	O'574'
Binary	B'01011100'
ASCII	'G' or A'G'





- **Exercice 1 du cours :**
 - Pour revoir la base 2 et l' algorithme de conversion associé :
 1. Écrire 173_{10} en binaire (en présentant votre conversion sous forme de divisions successives par 2 « méthode des divisions successives »).
 2. Puis passer du binaire à l' octal et à l' hexadécimal.
 3. Rappeler brièvement le principe de passage de la base binaire à octal et à hexadécimal.
- **Exercice 2 du cours :**
 - Donner la valeur décimale du nombre 10101, dans le cas où il est codé en base 2, 8 et 16.
- Si besoin reposer la question.



I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l'analogique)

- a. Domaines numérique et analogique
- b. Numération : utilité ?
- c. Le codage binaire, binaire naturel
- d. Vocabulaire de base du numérique : bit, byte, Ko, octet
- e. D'autres bases existent – octal et hexadécimal



- f. Autre codage que le binaire naturel : binaire réfléchi, code de Gray

II. Rapide Historique de l'évolution des ordinateurs

III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique

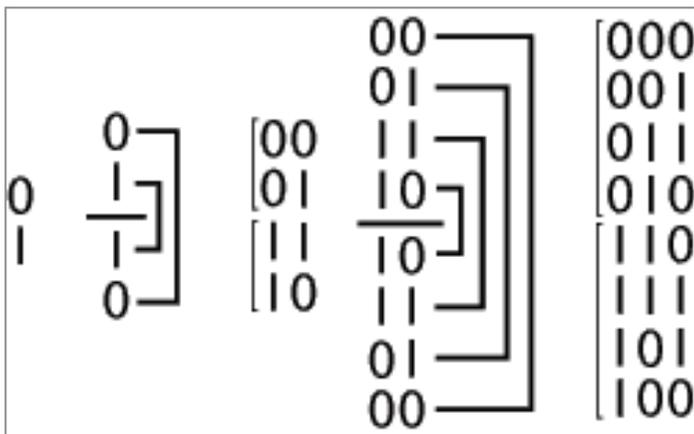
IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques





Binaire réfléchi, code de Gray

- construction du code Gray ou binaire réfléchi (associé à la notion de miroir)



à 1bit

0
1

à 2 digits

0	0
0	1
<hr/>	
1	1
1	0

à 3 digits

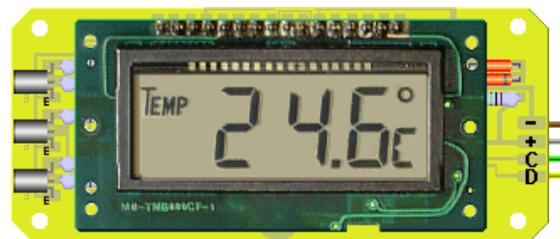
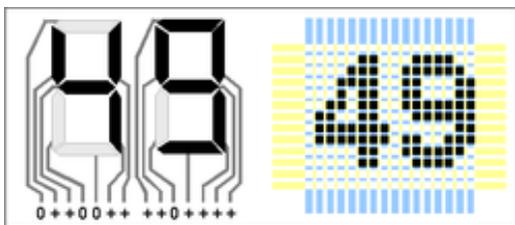
0	0	0
0	0	1
0	1	1
0	1	0
<hr/>		
1	1	0
1	1	1
1	0	1
1	0	0

vi1

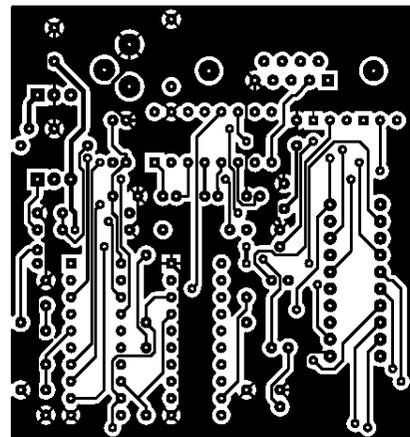
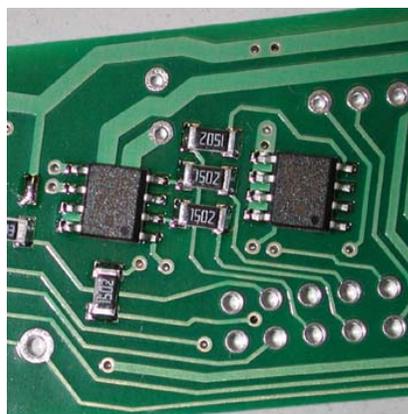


Utilité ??? Binaire réfléchi, code de Gray

- considérons un afficheur à 4 bits, qui passe de $7_{10} = (0111)_2$ à $8_{10} = (1000)_2$



- Sachant que la notion de simultanéité n'existe pas en électronique



- il peut arriver que cette afficheur passe par différentes étapes avant de réellement afficher le code binaire associé à 8_{10}
 $(0111)_2 \rightarrow (0110) \rightarrow (0100) \rightarrow (0000) \rightarrow (1000)_2$



- **Utilité ??? Binaire réfléchi, code de Gray**

- cela peut être **problématique** si un **circuit d'alarme** scrute en temps réel l'afficheur à la recherche du chiffre $4_{10} = (0100)_2$
- on **peut supprimer les codes parasites transitoires** en utilisant des codes à distance unité
- ex : $7_{10} = \mathbf{0100}$ en code de Gray et $8_{10} = \mathbf{1100}$ en code de Gray





I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l'analogique)

- a. Vocabulaire de base du numérique : bit, byte, Ko, octet
- b. Domaines numérique et analogique
- c. Numération : utilité ?
- d. Le codage binaire, binaire naturel
- e. D'autres bases existent – octal et hexadécimal
- f. Binaire réfléchi, code de Gray



- g. **Autres codes**
- h. Représentation des nombres signés en binaire

II. Rapide Historique de l'évolution des ordinateurs

III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique

IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



- **Autres codes**

- **BCD** (eng) \Rightarrow Binary Coded Decimal
- **DCB** (fr) \Rightarrow Décimal Codé Binaire
- **1 digit décimal = 4 digits binaires**, chaque groupe de 4 digits binaires est ≤ 9

Decimal:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD:	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

$(127)_{10} = (0001\ 0010\ 0111)_{BCD}$

- ils ont à priori tous leur avantage adapté à tel ou tel problème
- Code **Excess 3**, **Code Aiken** (voir leurs spécificités ouvrages ou web)
- \Rightarrow voir TD pour la partie application





I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l'analogique)

- a. Vocabulaire de base du numérique : bit, byte, Ko, octet
- b. Domaines numérique et analogique
- c. Numération : utilité ?
- d. Le codage binaire, binaire naturel
- e. D'autres bases existent – octal et hexadécimal
- f. Binaire réfléchi, code de Gray
- g. Autres codes



- h. Représentation des nombres signés en binaire

II. Rapide Historique de l'évolution des ordinateurs

III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique

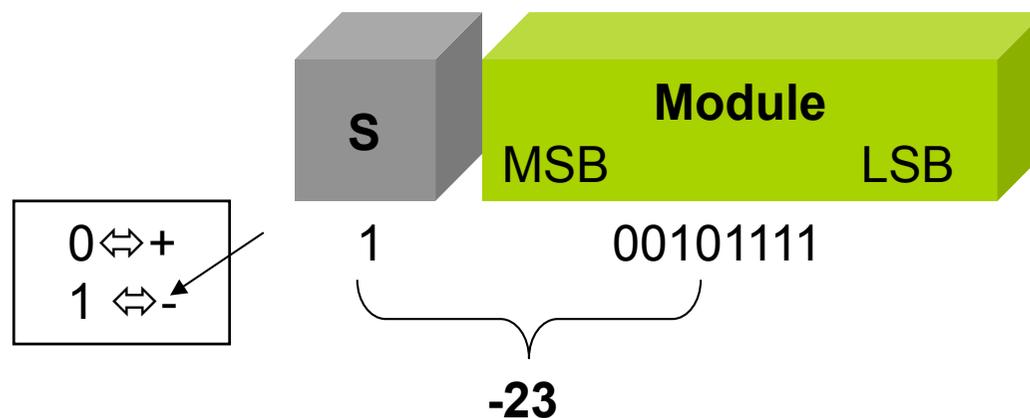
IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



- Représentation des nombres **signés en binaire**
 - objectif $(-23)_{10} = (????)_2$
 - **1^{ère} solution « Représentation Signe-valeur » ou « signe amplitude » :**
 - Réserver le **bit le plus à gauche** pour le **signe**,
 - et **autres bits** donne **valeur absolue** du chiffre
 - **peu utilisé** au niveau des calculateurs, « perte » d'un bit :
 - n bits de chiffage $\Rightarrow 2^{n-1}-1$ valeur maximale, différentiation entre 0^+ et 0^-

Représentation "signe-amplitude"

Représentation "signe-valeur absolue"





- Représentation des nombres **signés en binaire**
 - objectif $(-23)_{10} = (????)_2$
 - 2^{ème} solution : représentation en
 - **complément vrai** ou **complément à 2**



- Représentation des nombres **signés en binaire** (suite)
 - **2^{ème} construction complément vrai (Autre manière de le construire) :**

- Repérer le « 1 » **le plus à droite** dans la représentation binaire
- Changer tous les digits à sa gauche (sauf lui) par leur complément
 $0 \Rightarrow 1, 1 \Rightarrow 0$
- Les autres digits sont inchangés

$$\left(\begin{array}{cccccc} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ & & & & \square & \square \\ & & & & & \text{1 le plus à droite} \end{array} \right)_2 = 5_{10}$$
$$\left(\begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ & & & & \square & \square \\ & & & & 1 & 1 \end{array} \right)_{C2} = -5_{10}$$



- Conversion nombre négatif \Rightarrow positif en complément vrai



- **1001** \Rightarrow -7 : le bit le plus à gauche donne « **AUSSI** » le signe (« 1 » \Leftrightarrow « - » même si pas en représentation signe valeur) et on peut lui donner la valeur de « -2^{n-1} » (avec n : nombre de bits de codage)
 - Exemple : en complément vrai sur 4 bits, soit **1001**
 $1*(-2^3) + 0*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 = \text{« -7 »}$, cqfd.
- Si besoin Appliquer l'algorithm « nombre positif \Rightarrow nombre positif » sur la représentation négative en complément à 2 du nombre : **$-(-7) = +7$**



- Remarques sur complément vrai
 - Avec n bits, nous pouvons représenter 2^n entiers signés compris entre -2^{n-1} et $2^{n-1}-1$
 - autre avantage de cette représentation : la soustraction de deux termes \Leftrightarrow à additionner le premier terme à l'opposé du second :
 - Soit à calculer $12-7$ en binaire
 - 1^{ère} étape : créer « -7 » en binaire
 - 2^{ème} étape additionner $(12)_2$ à $(-7)_2$



I. Notion de numération binaire (le monde du numérique et de l'analogique)

- a. Vocabulaire de base du numérique : bit, byte, Ko, octet
- b. Domaines numérique et analogique
- c. Numération : utilité ?
- d. Le codage binaire, Binaire naturel
- e. D'autres bases existent – octal et hexadécimal
- f. Binaire réfléchi, code de Gray
- g. Autres codes
- h. Représentation des nombres signés en binaire



- i. nombres flottants ou à virgule en base 2

II. Rapide Historique de l'évolution des ordinateurs

III. Le modèle Von Neuman et représentation hiérarchique

IV. Les différents composants du système et leurs caractéristiques



- Représentation des nombres **flottants ou à virgule en base 2**

- 1^{ère} méthode : par **conversion de base**

- Inspiration = Cas **décimal** :

0.	3	1	2	5
	\square	\square	\square	\square
	poids	10^{-2}	10^{-3}	10^{-5}
	10^{-1}			

- $0.3125 * 10 = 3.125 \Rightarrow$ 1^{er} digit décimal après la virgule = 3 (remontée des digits)
- (**enlève le « 3 »**) $0.125 * 10 = 1.25 \Rightarrow$ 2^{ème} digit décimal après la virgule = 1 etc.....





- Représentation des nombres **flottants ou à virgule en base 2**

- 1^{ère} méthode : par **conversion de base**

- Multiplication successive par 2

- Exemple :

$(0.3125)_{10} =$ binaire ?

$0.3125 * 2 = 0.625$ (premier digit « 0 ») $\Rightarrow (0.3125)_{10} = (0, \mathbf{0} \dots)$ – enlève le « 0 »

$0.625 * 2 = 1.25$ (2^{ème} digit « 1 ») $\Rightarrow (0.3125)_{10} = (0, \mathbf{01} \dots)$ – enlève le « 1 »

puis $0.25 * 2 = 0.5$ puis $0.5 * 2 = 1$ Fin

$(0.3125)_{10} = (0.0101)_2$ à retenir pour après.



- Représentation des nombres **flottants ou à virgule en base 2**

- 1^{ère} méthode : par **conversion de base**

- Quand s'arrête-t-on ?

$0,347 \cdot 2 = 0,694 < 1$ je pose 0 : $0,347 = 0,0\dots$
 $0,694 \cdot 2 = 1,388 > 1$ je pose 1 : $0,347 = 0,01\dots$
 $0,388 \cdot 2 = 0,766 < 1$ je pose 0 : $0,347 = 0,010\dots$
 $0,766 \cdot 2 = 1,552 > 1$ je pose 1 : $0,347 = 0,0101\dots$
 $0,552 \cdot 2 = 1,104 > 1$ je pose 1 : $0,347 = 0,01011\dots$
 $0,104 \cdot 2 = 0,208 < 1$ je pose 0 : $0,347 = 0,010110\dots$
 $0,208 \cdot 2 = 0,416 < 1$ je pose 0 : $0,347 = 0,0101100\dots$
 $0,416 \cdot 2 = 0,832 < 1$ je pose 0 : $0,347 = 0,01011000\dots$
 $0,832 \cdot 2 = 1,664 > 1$ je pose 1 : $0,347 = 0,010110001\dots$
 $0,664 \cdot 2 = 1,328 > 1$ je pose 1 : $0,347 = 0,0101100011\dots$

- S'arrêter quand il y a **équivalence de représentation entre bases** (voir exercice TD : $2^N = 10^Y$)



- Représentation des nombres **flottants ou à virgule en base 2**
 - 2^{ème} méthode : représentation en **virgule fixe** (qqfois rencontrée)
 - chaque nombre est séparé en **deux parties**
 - **Position virgule est fixe**

Ex : sur 16 bits en

15	,	3125 ₁₀
0000 1111	,	0101 0000 ₂

- Remarque 1 : pour des « petites » partie entière ou décimale, **beaucoup de digits** qui sont à « 0 » ne sont pas utilisés



- **3^{ème} méthode** : Représentation en **virgule flottante**

- Depuis 1960, la représentation en virgule flottante, plus souple, s'est imposée, IEEE 754
- plus **économique en taille mémoire** occupée,
- permet de **coder plus grande plage de valeurs**
- les nombres s'écrivent comme en **notation scientifique** :

$$N = M * B^E$$

M : mantisse, E : exposant, B : base

- Exemple : π (base 10) **0,31415926 * 10¹**
- Il **existe** flottant **simple précision** et **double précision** (voir différence après) :





- **3^{ème} méthode** : Représentation en **virgule flottante**
 - Un flottant est stocké en mémoire de la manière suivante (norme **IEEE 754**) :
 - **(SM Eb M)₂ soit sur 32 (simple précision) ou 64 bits (double précision)**
 - SM : **signe de la mantisse : 1 bit**
 - Eb : **exposant biaisé (cf suite) : sur 8 bits en simple précision et 11 en double précision**
 - M : **mantisse : sur 23 bits en simple précision et 52 en double précision.**
 - Comment coder en virgule flottante ?

