

# FISE2 - ELEC4

## Système d'Acquisition et de Transformation du Signal

### Chaîne d'acquisition

Florent Goutailler

[florent.goutailler@telecom-st-etienne.fr](mailto:florent.goutailler@telecom-st-etienne.fr)

bureau I-123



2023/2024

## 1 Introduction

- Présentation du module
- Concepts généraux

## 2 Chaînes de mesure

- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

## 1 Introduction

- Présentation du module
- Concepts généraux

## 2 Chaînes de mesure

## 1 Introduction

- Présentation du module
- Concepts généraux

## 2 Chaînes de mesure

## Objectifs

- comprendre le fonctionnement physique des différents types de capteur ;
- savoir choisir un capteur pour une application donnée ;
- savoir concevoir et réaliser une chaîne d'acquisition complète pour des spécifications précises ;
- pouvoir améliorer une chaîne d'acquisition existante pour répondre à de nouvelles contraintes (normes, précision. . . )
- voir/revoir différentes fonctions de l'électronique analogique ou numérique et les montages correspondants : conversion analogique-numérique, détection d'enveloppe, amplification, filtrage. . .
- comprendre entièrement une *datasheet* de capteur, convertisseur ou amplificateur d'instrumentation.

### Pré-requis

- bases des sciences physiques : différents types de force, PFD...
- cours d'Automatique : systèmes du 1<sup>er</sup> ordre, 2<sup>e</sup> ordre, temps de réponse...
- cours d'Electronique : étude des circuits, amplificateur opérationnel, convertisseur analogique-numérique, code binaire...
- cours de Signal : signal échantillonné, théorème de Shannon, filtrage numérique...

## Organisation

- 18H de CM + 12H de TD
- partie 1 : introduction aux chaînes d'acquisition / mesure
- partie 2 : métrologie (type de capteurs, conditionnement, propriétés. . .)
- partie 3 : conditionnement des signaux (linéarisation, amplification. . .)
- partie 4 : conversion des signaux (bruit, filtrage, conversion analogique-numérique. . .)
- diapositives à trous + calculs au tableau + exercices + problèmes
- 12H de TP sur carte de développement STM32
- évaluation en contrôle continu
  - ▶ 2 Contrôles de Connaissance (coeff. 1) : 30min, sans document ;
  - ▶ Evaluation finale (coeff. 3) : 1H15, calculatrice et tous documents autorisés ;
  - ▶ Projet (coeff. 3) : avancée, compte-rendu. . .

## 1 Introduction

- Présentation du module
- Concepts généraux

## 2 Chaînes de mesure

## Pourquoi mesurer ?

- question à la frontière de la physique et de la philosophie (cf. Mootse)
- dictionnaire Larousse : “*action d'évaluer une grandeur d'après son rapport avec une grandeur de la même espèce, prise comme unité et comme référence”*”
- connaître l'environnement d'un système - exemples ?
- assurer le fonctionnement correct d'un dispositif industriel : asservissement pour des opérations de régulation ou contrôle - exemples ?
- caractériser un nouveau système (phase conception) ou un système en cours de production - exemples ?
- différence entre grandeurs **mesurables** et **repérables** ?

## Définitions

- **mesurande** ( $m$ ) :
- **mesure** : action de déterminer la valeur numérique du mesurande, **par comparaison avec une grandeur de référence**
- **mesurage** :
- **métrologie** : domaine des connaissances relatives au mesurage
- Système International d'unités - **exercice 1**

## Définition - capteur

- grandeur électrique : charge  $Q(C)$ , tension  $U(V)$ , courant  $I(A)$ , impédance  $Z(\Omega)$
- $s$  :
- $m$  :
- $s = f(m)$ , facteurs de dépendance ?
  - ▶
  - ▶
  - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
  - ▶
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

## La chaîne de mesure

- entrée = mesurande  $m$
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur de  $m$  :
  - ▶
  - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
  - ▶
  - ▶ *Graphical User Interface* complète : valeurs numériques, jauges...
- sous sa forme la plus simple = capteur + éventuel conditionneur + appareil de lecture (exemple : **thermocouple** + voltmètre)
- en général, nécessité de fonctions complémentaires :

## Thermocouple

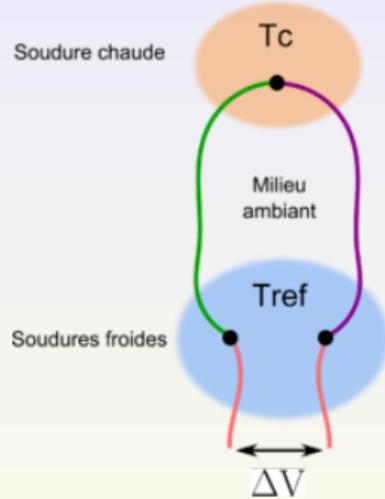


Schéma thermocouple  
(Wikipédia)

## Capteur - thermocouple

- 
- sensibilité  $S$  typ. :  $10$  à  $100\mu V/^{\circ}C$  ;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- 
- 2 contacts A/B aux températures  $T_C$  et  $T_{ref}$  ;
- $T_{ref}$  : température de référence, fixée et connue ;
  - ▶  $T_{ref} = 0^{\circ}C$  : mélange eau/glace à  $T_{atm}$  ;
  - ▶ enceinte chauffée et réglée → contexte industriel ;
  - ▶ température ambiante  $T_{amb}$  ;
- f.e.m. délivrée :  $e = f(A, B, T_C, T_{ref})$  ;
-

## Thermocouple

### Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕
- ⊕
- ⊕ délivre une f.e.m. → pas de circulation de courant  $i$  → pas d'échauffement local
- ⊕ mesure précise à basse température ou pour les systèmes à faible inertie thermique ;
- ⊕ adapté aux environnement hostiles (protection) : corrosion, particules en suspension. . .

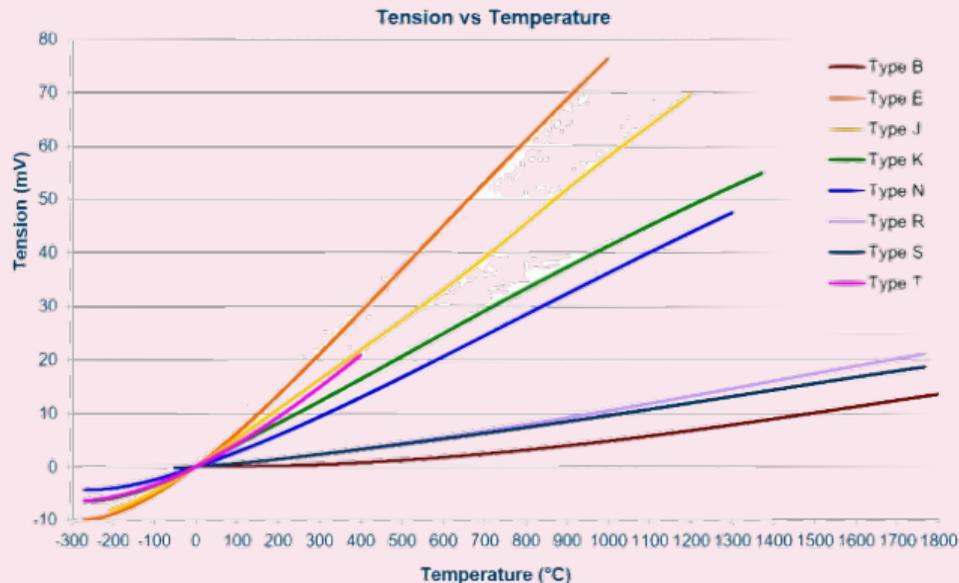
Inconvénients :

- ⊖
- ⊖ caractéristique non linéaire sur les grandes plages de température ;

## Thermocouple

## Capteur - thermocouple

Type	Matériaux	Plage T (°C)	e(mV)
type J	Fe/Cu-Ni	-210 à 800	-8,1 à 45,5
type K	Ni-Cr/Ni-Al	-270 à 1250	-5,4 à 50,6
type T	Cu/Cu-Ni	-270 à 370	-6,3 à 19,0



## 1 Introduction

## 2 Chaînes de mesure

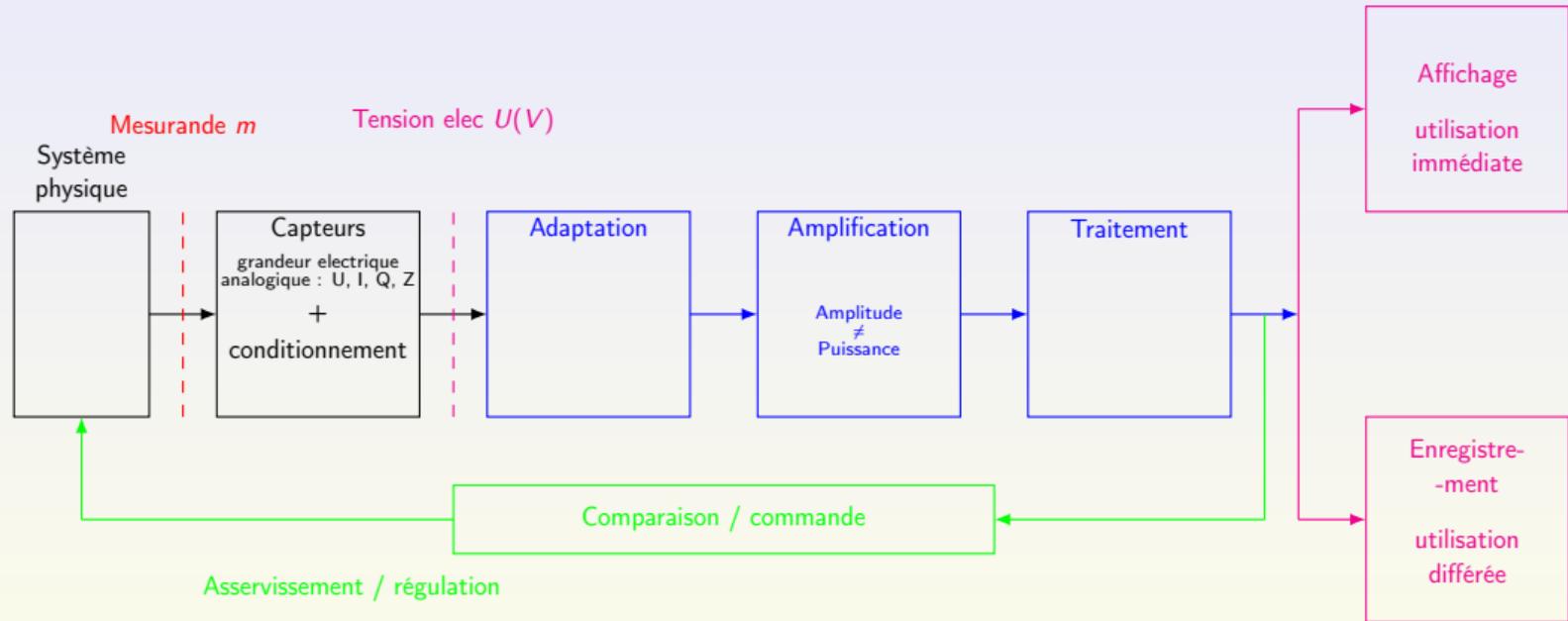
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

## 1 Introduction

## 2 Chaînes de mesure

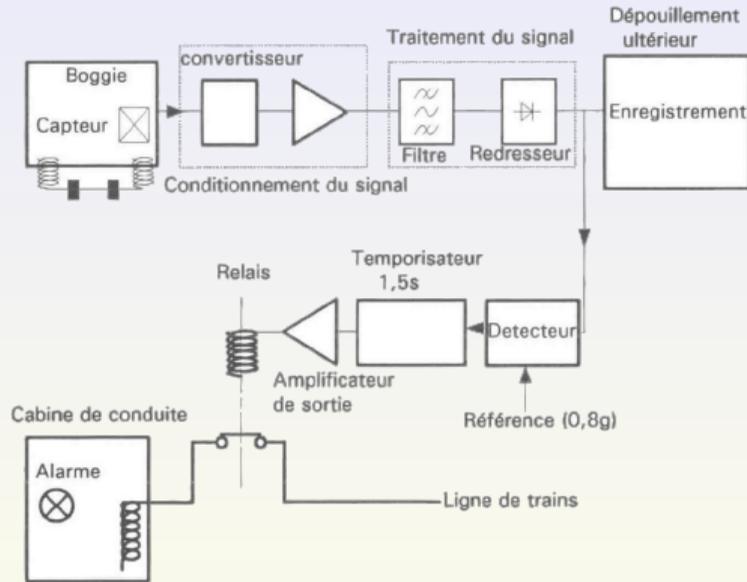
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

## Chaîne analogique

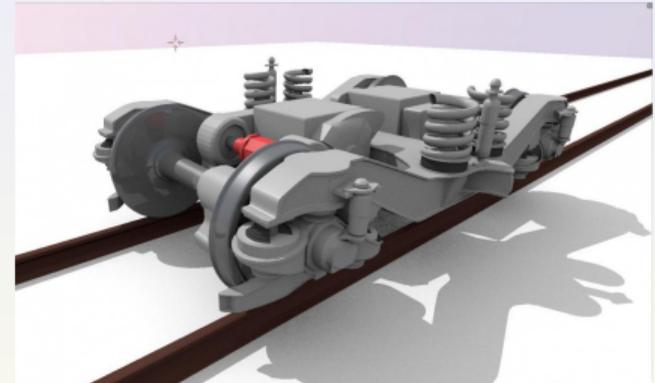


Chaîne de mesure analogique

## Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV



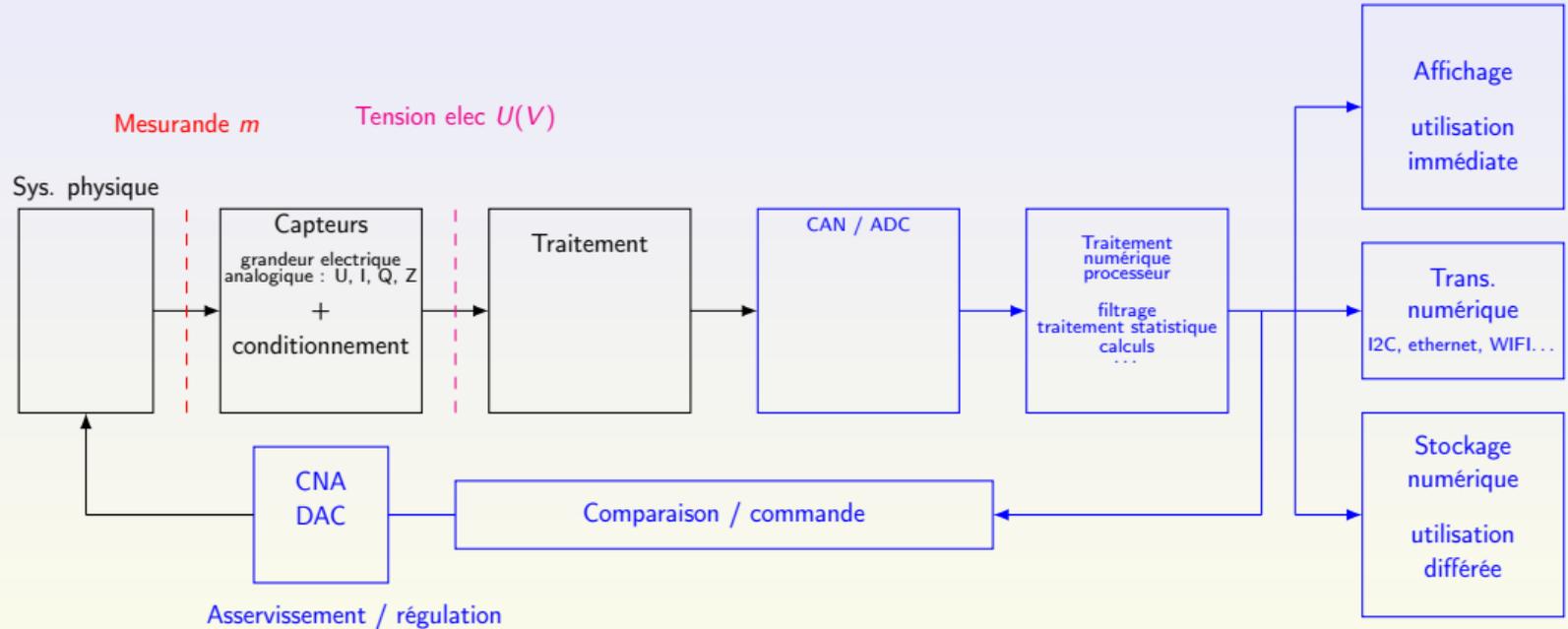
Boggie TGV

## 1 Introduction

## 2 Chaînes de mesure

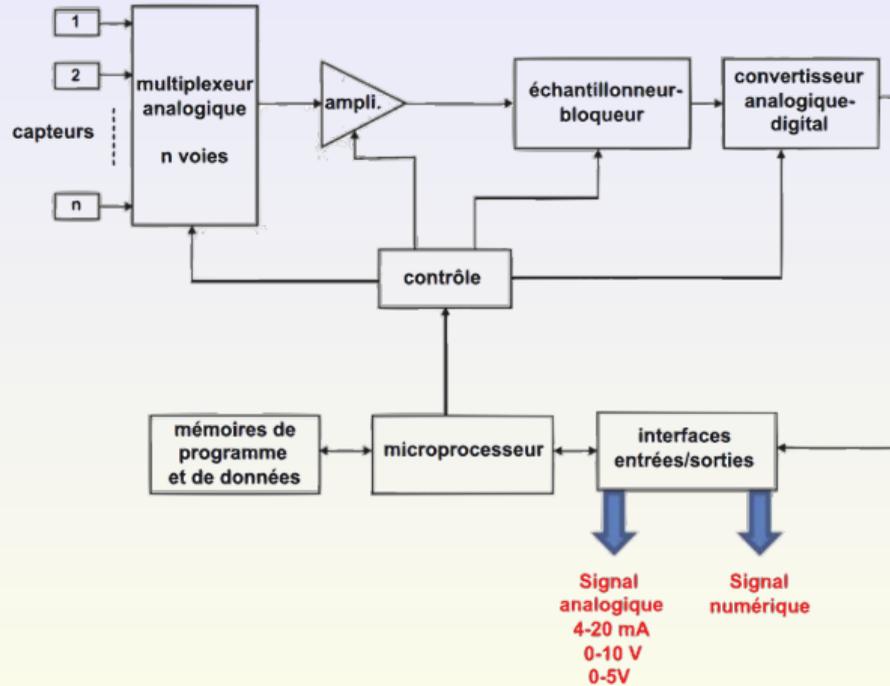
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

## Chaîne numérique



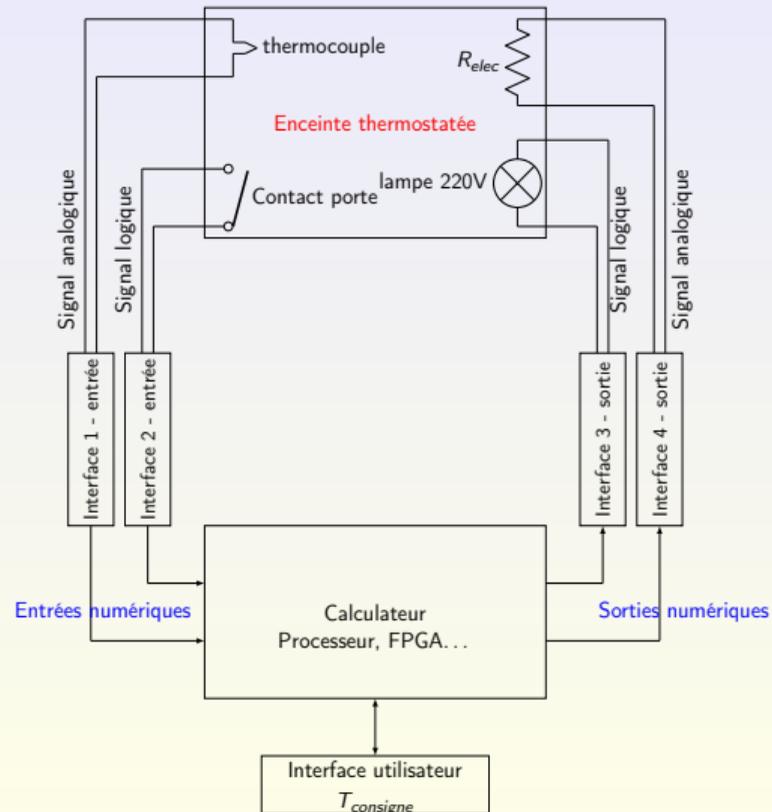
## Chaîne numérique

## Chaîne numérique - exemple



Exemple de chaîne de mesure contrôlée par micro-processeur

## Chaîne numérique - exemple 2



## Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕
- ⊕
- ⊕ : facile à dupliquer + pas de réglages "fins" à faire
- ⊕

Inconvénients des systèmes numériques :

- ⊖  $f_e$  élevée : systèmes hautes fréquences (GHz) ou temps-réel
- ⊖ les calculs doivent s'effectuer à chaque période  $T_e$  donc  $t_{calcul} < T_e$
- ⊖ requiert des composants hautes performances : ADC, DSP voire DAC
- ⊖ nécessite un signal numérique → filtrage anti-repliement ou de reconstruction analogique

Approche *Low-tech*