

FISE2 - ELEC4

Système d'Acquisition et de Transformation du Signal

Chaîne d'acquisition

Florent Goutailler

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

Connaissances et compétences

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^{er} ordre, 2^e 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

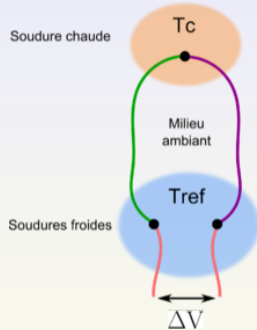


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

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 régulée \rightarrow 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. . .

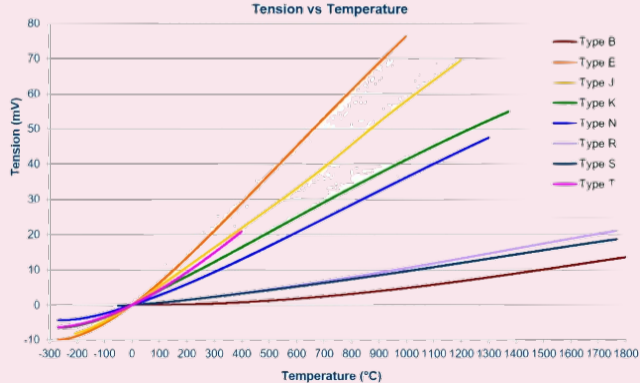
Inconvénients :

- ⊖
- ⊖ 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

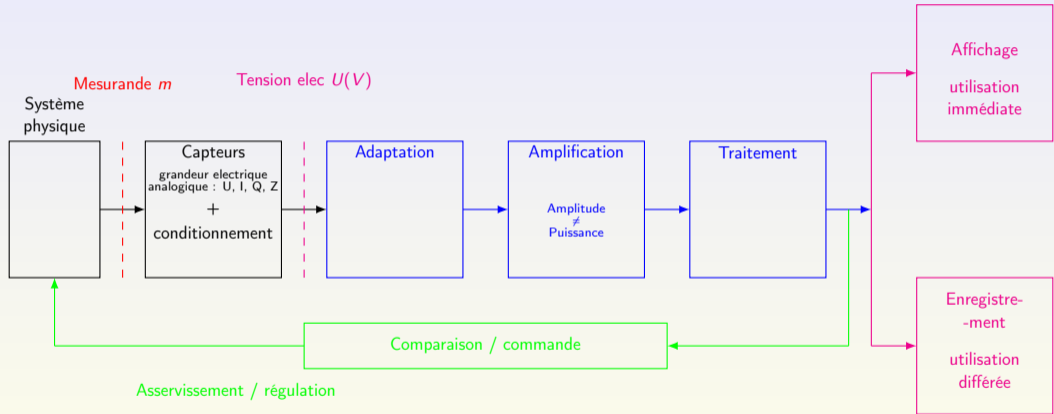
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

1 Introduction

2 Chaînes de mesure

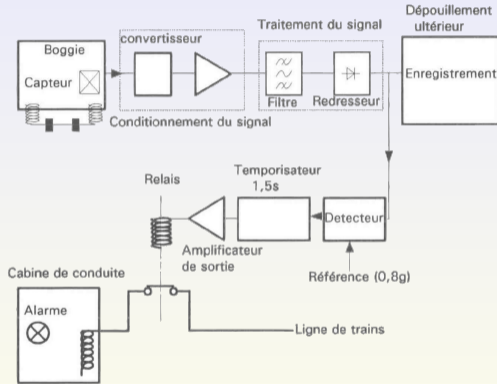
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

Chaîne analogique

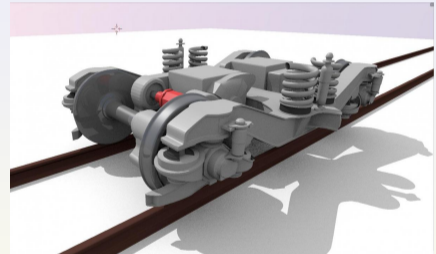


Chaîne de mesure analogique

Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV



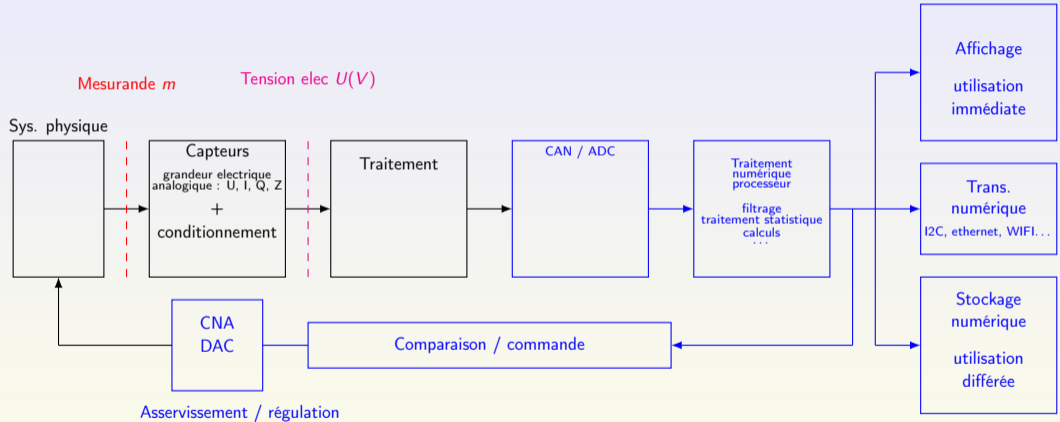
Boggie TGV

1 Introduction

2 Chaînes de mesure

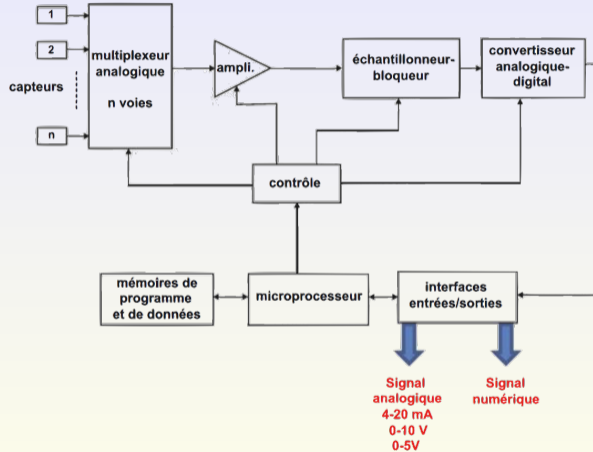
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

Chaîne numérique



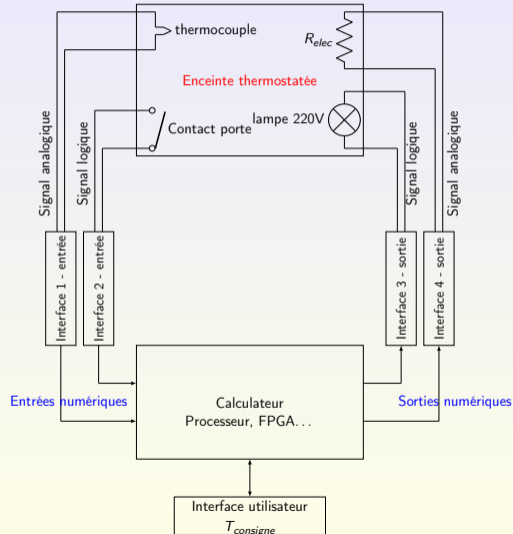
Chaîne numérique

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*