

FISE2 - ELEC4

Système d'Acquisition et de Transformation du Signal

Chaîne d'acquisition

Florent Goutailler
florent.goutailler@telecom-st-etienne.fr
bureau I-123



2022/2023

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.

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.

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.

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.

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.

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

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...

Pré-requis

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...

Pré-requis

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...

Pré-requis

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...

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...

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. . .

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. . .

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. . .

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. . .

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. . .

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. . .

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. . .

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. . .

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** ?

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** ?

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 ?

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 ?

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 ?

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) : grandeur physique qui fait l'objet de la mesure (vitesse, accélération, temps, température, intensité lumineuse. . .)
- **mesure** : action de déterminer la valeur numérique du mesurande, par comparaison avec une grandeur de référence
- **mesurage** : ensemble des opérations expérimentales qui permettent l'obtention d'une valeur numérique du mesurande
- **métrologie** : domaine des connaissances relatives au mesurage
- Système International d'unités - **exercice 1**

Définitions

- **mesurande** (m) : grandeur physique qui fait l'objet de la mesure (vitesse, accélération, temps, température, intensité lumineuse. . .)
- **mesure** : action de déterminer la valeur numérique du mesurande, **par comparaison avec une grandeur de référence**
- **mesurage** : ensemble des opérations expérimentales qui permettent l'obtention d'une valeur numérique du mesurande
- **métrologie** : domaine des connaissances relatives au mesurage
- Système International d'unités - **exercice 1**

Définitions

- **mesurande** (m) : grandeur physique qui fait l'objet de la mesure (vitesse, accélération, temps, température, intensité lumineuse. . .)
- **mesure** : action de déterminer la valeur numérique du mesurande, **par comparaison avec une grandeur de référence**
- **mesurage** : ensemble des opérations expérimentales qui permettent l'obtention d'une valeur numérique du mesurande
- **métrologie** : domaine des connaissances relatives au mesurage
- Système International d'unités - **exercice 1**

Définitions

- **mesurande** (m) : grandeur physique qui fait l'objet de la mesure (vitesse, accélération, temps, température, intensité lumineuse. . .)
- **mesure** : action de déterminer la valeur numérique du mesurande, **par comparaison avec une grandeur de référence**
- **mesurage** : ensemble des opérations expérimentales qui permettent l'obtention d'une valeur numérique du mesurande
- **métrologie** : domaine des connaissances relatives au mesurage
- Système International d'unités - **exercice 1**

Définitions

- **mesurande** (m) : grandeur physique qui fait l'objet de la mesure (vitesse, accélération, temps, température, intensité lumineuse. . .)
- **mesure** : action de déterminer la valeur numérique du mesurande, **par comparaison avec une grandeur de référence**
- **mesurage** : ensemble des opérations expérimentales qui permettent l'obtention d'une valeur numérique du mesurande
- **métrologie** : domaine des connaissances relatives au mesurage
- Système International d'unités - **exercice 1**

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - $f(m)$: fonction de transfert du capteur
 - conditions de fonctionnement du capteur
 - environnement : $T, P, \dots$ homogène
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - constitution (matériaux, géométrie...)
 - conditions de fonctionnement du capteur
 - environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- courbe d'étalonnage ?
- exemples ?
- capteur de tension ou sonde de courant ?

Le capteur

Définition - capteur

dispositif qui fournit en sortie s une grandeur électrique fonction du mesurande m (non électrique)

- grandeur électrique : charge $Q(C)$, tension $U(V)$, courant $I(A)$, impédance $Z(\Omega)$
- s : grandeur de sortie ou réponse du capteur
- m : grandeur d'entrée ou excitation
- $s = f(m)$, facteurs de dépendance ?
 - ▶ loi(s) physique(s) sous-jacente(s)
 - ▶ constitution (matériaux, géométrie...)
 - ▶ conditions de fonctionnement du capteur
 - ▶ environnement : T , P , humidité...
- 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 du mesurande :
 - affichage ou impression d'un nombre
 - déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - enregistrement analogique graphique
 - *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence...

La chaîne de mesure

- entrée = mesurande m
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur du mesurande :
 - ▶ affichage ou impression d'un nombre
 - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - ▶ enregistrement analogique graphique
 - ▶ *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence...

La chaîne de mesure

- entrée = mesurande m
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur du mesurande :
 - ▶ affichage ou impression d'un nombre
 - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - ▶ enregistrement analogique graphique
 - ▶ *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence...

La chaîne de mesure

- entrée = mesurande m
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur du mesurande :
 - ▶ affichage ou impression d'un nombre
 - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - ▶ enregistrement analogique graphique
 - ▶ *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence...

La chaîne de mesure

- entrée = mesurande m
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur du mesurande :
 - ▶ affichage ou impression d'un nombre
 - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - ▶ enregistrement analogique graphique
 - ▶ *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence...

La chaîne de mesure

- entrée = mesurande m
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur du mesurande :
 - ▶ affichage ou impression d'un nombre
 - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - ▶ enregistrement analogique graphique
 - ▶ *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence. . .

La chaîne de mesure

- entrée = mesurande m
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur du mesurande :
 - ▶ affichage ou impression d'un nombre
 - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - ▶ enregistrement analogique graphique
 - ▶ *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence...

La chaîne de mesure

- entrée = mesurande m
- sortie = signal électrique traité et converti sous une forme permettant la lecture directe de la valeur du mesurande :
 - ▶ affichage ou impression d'un nombre
 - ▶ déviation d'un appareil à cadre mobile (aiguille)
 - ▶ enregistrement analogique graphique
 - ▶ *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 : circuit de linéarisation, amplificateur d'instrumentation ou d'isolement, multiplexeur, échantillonneur-bloqueur + CAN, montage de démodulation en amplitude ou en fréquence. . .

Thermocouple

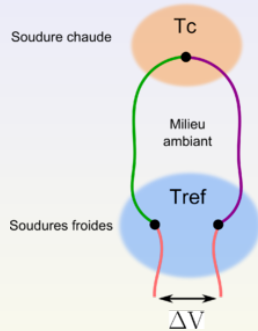


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteur A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - Ex : $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$ (mélanges eau/glace à T_{atm})
 - Ex : sondes classiques et régulières - contacts industriels
 - Ex : sondes rapides ambiant - T_{atm}
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

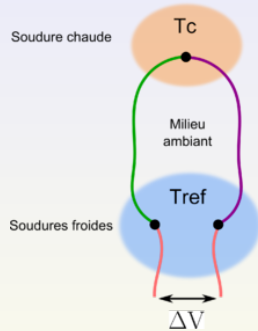


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteur A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - Ex : $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$ (longue soudeuse à T_{ref})
 - Ex : soudeuse chauffée et régulée - contacts industriels
 - Ex : point de fusion ambiant T_{ref}
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

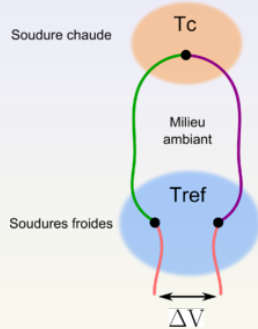


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteur A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

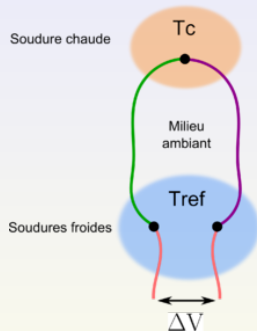


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteur A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{amb} ;
 - enceinte chauffée et régulée $\rightarrow$ contacte industriel ;
 - température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

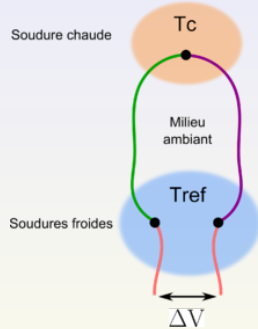


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteur A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{atm} ;
 - enceinte chauffée et régulée → contacte industriel ;
 - température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

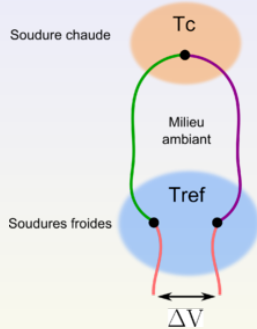


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteurs A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - ▶ $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{atm} ;
 - ▶ enceinte chauffée et régulée $\rightarrow$ contexte industriel ;
 - ▶ température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

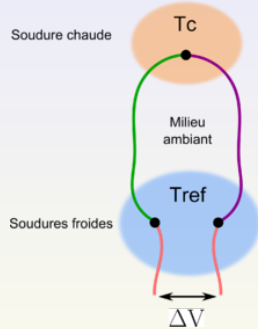


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteur A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - ▶ $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{atm} ;
 - ▶ enceinte chauffée et régulée $\rightarrow$ contexte industriel ;
 - ▶ température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

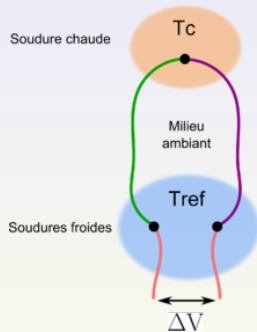


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteurs A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - ▶ $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{atm} ;
 - ▶ enceinte chauffée et régulée $\rightarrow$ contexte industriel ;
 - ▶ température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

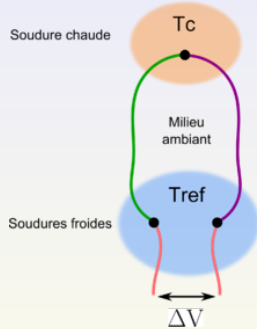


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteurs A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - ▶ $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{atm} ;
 - ▶ enceinte chauffée et régulée $\rightarrow$ contexte industriel ;
 - ▶ température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée : $e = f(A, B, T_c, T_{ref})$;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

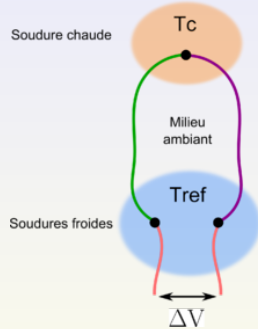


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteurs A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - ▶ $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{atm} ;
 - ▶ enceinte chauffée et régulée $\rightarrow$ contexte industriel ;
 - ▶ température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée :
$$e = f(A, B, T_c, T_{ref})$$
 ;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

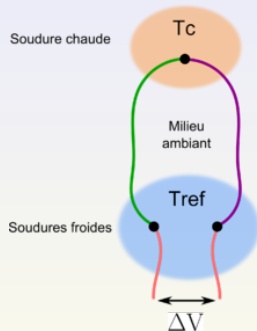


Schéma thermocouple
(Wikipédia)

Capteur - thermocouple

- mesure de températures entre -270°C et 2700°C ;
- sensibilité S typ. : 10 à $100\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$;
- repose sur l'effet Seebeck ou effet thermo-électrique ;
- constitué de 2 conducteurs A et B : Cu, Au, Ni, Fe, Pt...
- 2 contacts A/B aux températures T_c et T_{ref} ;
- T_{ref} : température de référence, fixée et connue ;
 - ▶ $T_{ref} = 0^{\circ}\text{C}$: mélange eau/glace à T_{atm} ;
 - ▶ enceinte chauffée et régulée $\rightarrow$ contexte industriel ;
 - ▶ température ambiante T_{amb} ;
- f.e.m. délivrée :
$$e = f(A, B, T_c, T_{ref})$$
 ;
- f.e.m. $e \approx 10 \rightarrow 100\text{mV}$.

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms → 100ms ;
- ⊕ 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 :

- ⊖ température de référence T_0 à connaître avec précision
- ⊖ caractéristique non linéaire aux hautes températures

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms $\rightarrow$ 100ms ;
- ⊕ délivre une f.e.m. $\rightarrow$ pas de circulation de courant $i \rightarrow$ pas d'échauffement local
- ⊕ mesure précise à basse température ou pour les systèmes à faible inertie thermique ;
- ⊕ adapté aux environnements hostiles (protection) : corrosion, particules en suspension. . .

Inconvénients :

- ⊖ température d'utilisation : 700K $\rightarrow$ 2700K avec protection
- ⊖ mesure précise pour les faibles variations de température

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms → 100ms ;
- ⊕ 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 environnements hostiles (protection) : corrosion, particules en suspension. . .

Inconvénients :

- ⊖ la température doit être connue à l'extrémité opposée du thermocouple ;
- ⊖ les thermocouples sont sensibles aux interférences électromagnétiques ;
- ⊖ les thermocouples sont sensibles aux vibrations ;
- ⊖ les thermocouples sont sensibles aux chocs ;
- ⊖ les thermocouples sont sensibles aux courants de fuite ;
- ⊖ les thermocouples sont sensibles aux courants de fuite ;

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms → 100ms ;
- ⊕ 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 environnements hostiles (protection) : corrosion, particules en suspension. . .

Inconvénients :

- ⊖ la mesure est relative (à l'égard d'un point de référence) ;
- ⊖ la mesure est sensible aux perturbations électromagnétiques ;
- ⊖ la mesure est sensible aux perturbations thermiques ;

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms $\rightarrow$ 100ms ;
- ⊕ délivre une f.e.m. $\rightarrow$ pas de circulation de courant $i \rightarrow$ 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 :

- ⊖ température de référence T_{ref} à connaître avec précision ;
- ⊖ caractéristique non linéaire sur les grandes plages de température ;

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms → 100ms ;
- ⊕ 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 :

- ⊖ température de référence T_{ref} à connaître avec précision ;
- ⊖ caractéristique non linéaire sur les grandes plages de température ;

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms → 100ms ;
- ⊕ 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 :

- ⊖ température de référence T_{ref} à connaître avec précision ;
- ⊖ caractéristique non linéaire sur les grandes plages de température ;

Thermocouple

Capteur - thermocouple

Avantages :

- ⊕ mesure ponctuelle (à l'échelle de la soudure) ;
- ⊕ temps de réponse : 1ms → 100ms ;
- ⊕ 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. . .

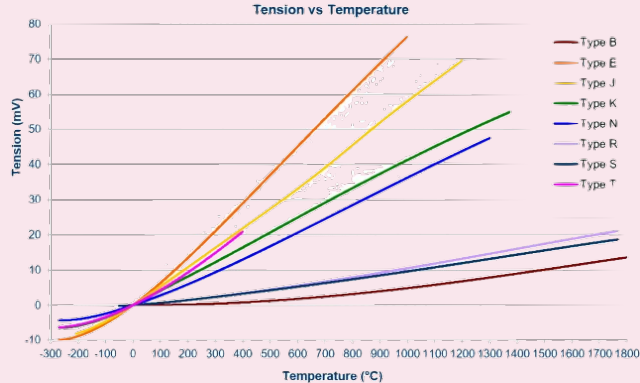
Inconvénients :

- ⊖ température de référence T_{ref} à connaître avec précision ;
- ⊖ 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

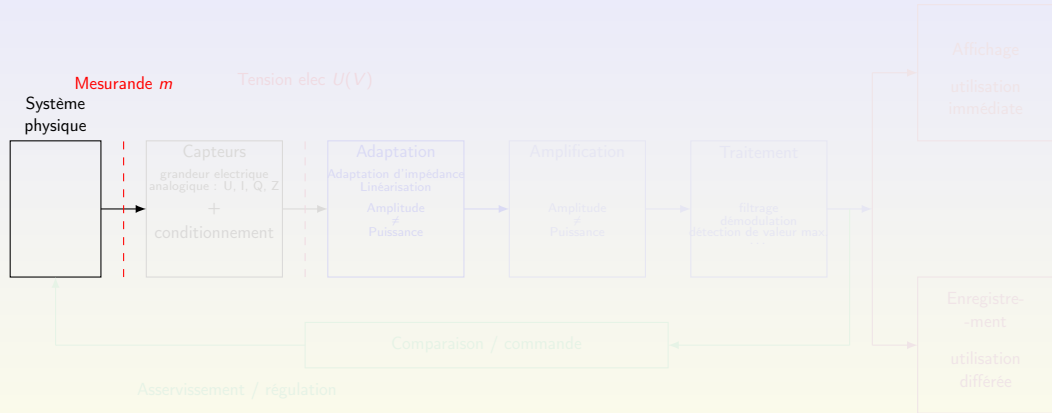
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

1 Introduction

2 Chaînes de mesure

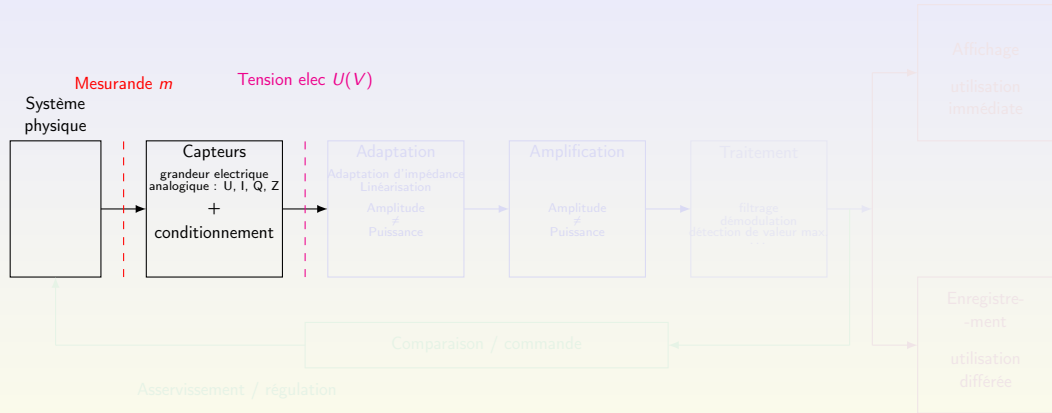
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

Chaîne analogique



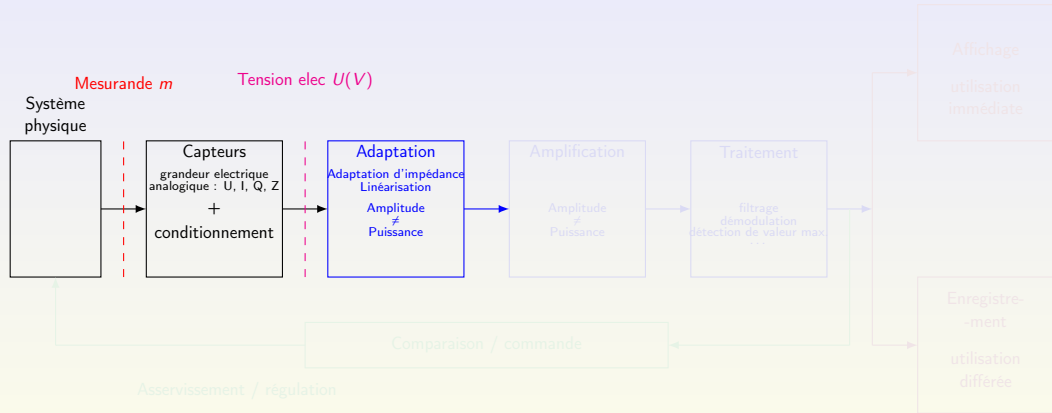
Chaîne de mesure analogique

Chaîne analogique



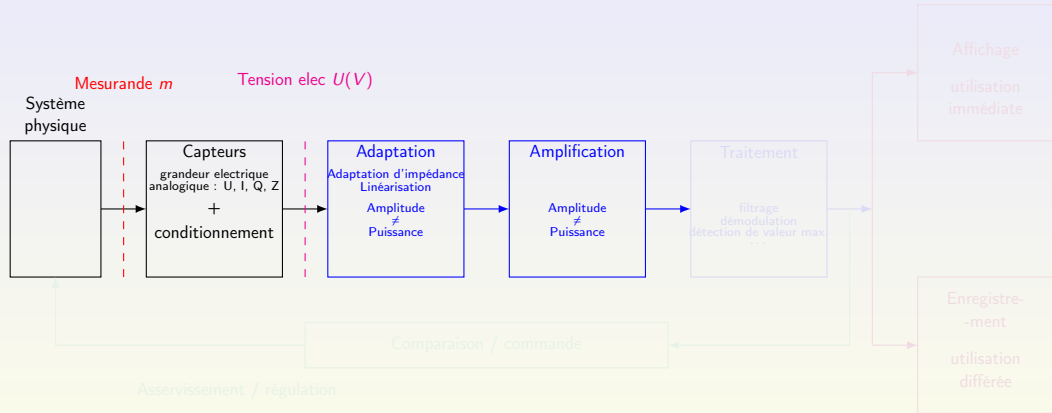
Chaîne de mesure analogique

Chaîne analogique



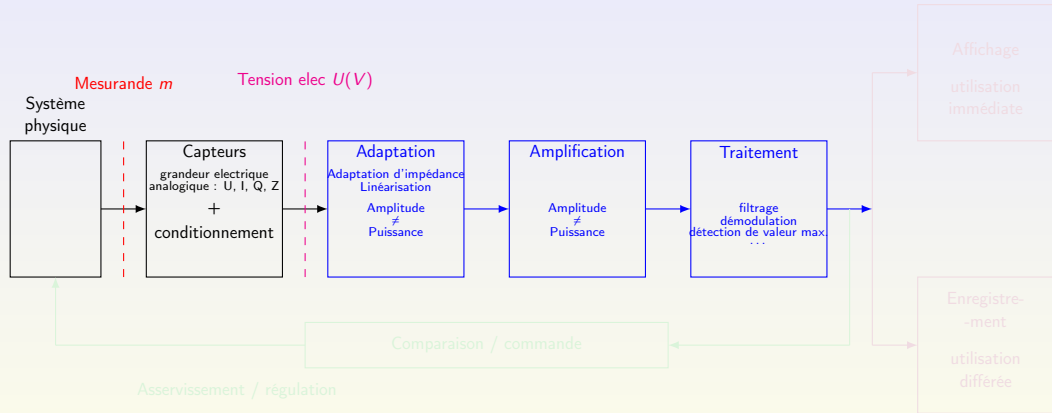
Chaîne de mesure analogique

Chaîne analogique



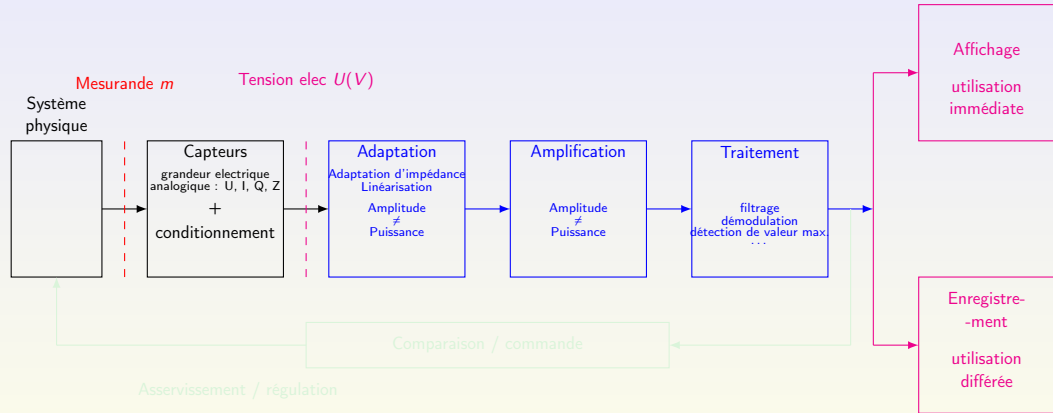
Chaîne de mesure analogique

Chaîne analogique



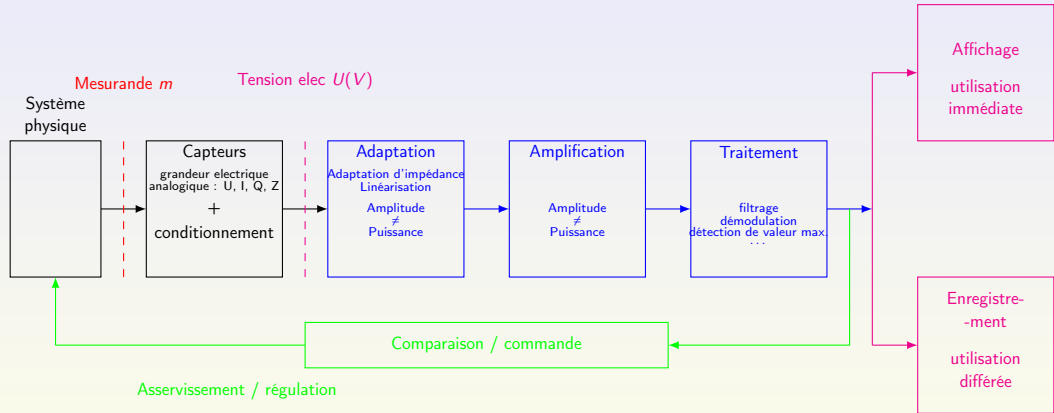
Chaîne de mesure analogique

Chaîne analogique



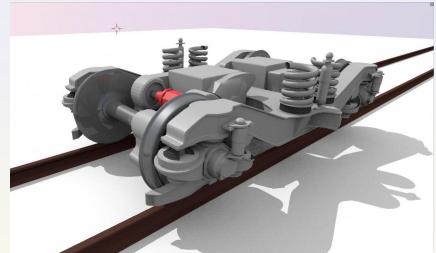
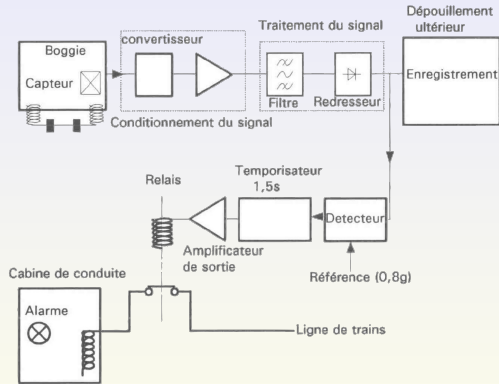
Chaîne de mesure analogique

Chaîne analogique



Chaîne de mesure analogique

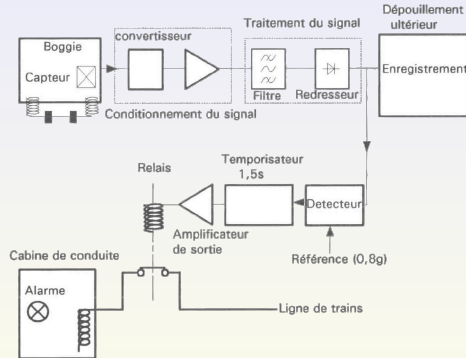
Chaîne analogique - exemple



Bogie TGV

Système de surveillance des bogies TGV

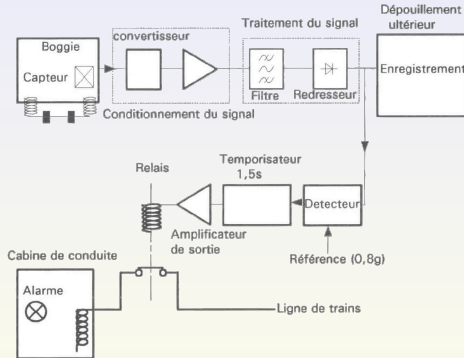
Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV

- vitesse élevée des TGV → système de surveillance des bogies ;
- bogie = “chariot” mobile, placé sous le châssis du train facilitant le suivi des courbes ;
- capteur = accéléromètre piézo-résistif :
$$R = f(a)$$
- mesure de l'accélération transversale subie par les bogies :
- limite fixée à 0,8g pendant 1,5s → éviter un déraillement
- chaîne complète de conditionnement du signal ;

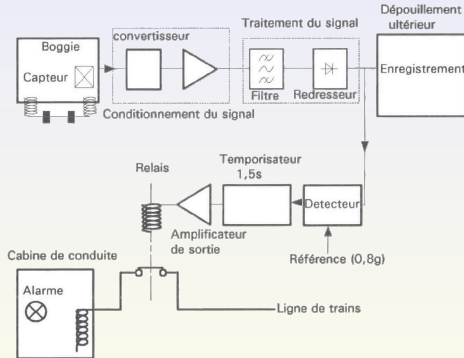
Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV

- vitesse élevée des TGV → système de surveillance des bogies ;
- bogie = “chariot” mobile, placé sous le châssis du train facilitant le suivi des courbes ;
- capteur = accéléromètre piézo-résistif :
 $R = f(a)$
- mesure de l'accélération transversale subie par les bogies :
- limite fixée à 0,8g pendant 1,5s
→ éviter un déraillement
- chaîne complète de conditionnement du signal ;

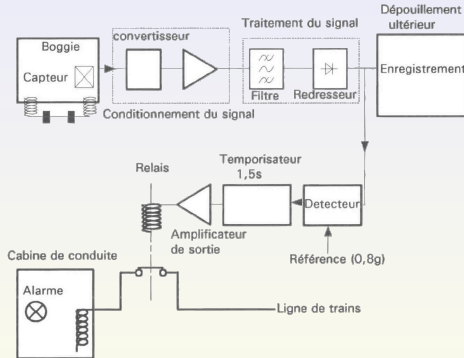
Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV

- vitesse élevée des TGV → système de surveillance des bogies ;
- bogie = “chariot” mobile, placé sous le châssis du train facilitant le suivi des courbes ;
- capteur = accéléromètre piézo-résistif :
$$R = f(a)$$
- mesure de l'accélération transversale subie par les bogies :
- limite fixée à 0,8g pendant 1,5s → éviter un déraillement
- chaîne complète de conditionnement du signal ;

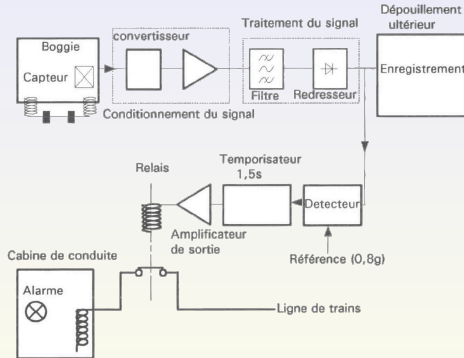
Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV

- vitesse élevée des TGV → système de surveillance des bogies ;
- bogie = “chariot” mobile, placé sous le châssis du train facilitant le suivi des courbes ;
- capteur = accéléromètre piézo-résistif :
$$R = f(a)$$
- mesure de l'accélération transversale subie par les bogies :
 - limite fixée à 0,8g pendant 1,5s
→ éviter un déraillement
 - chaîne complète de conditionnement du signal ;

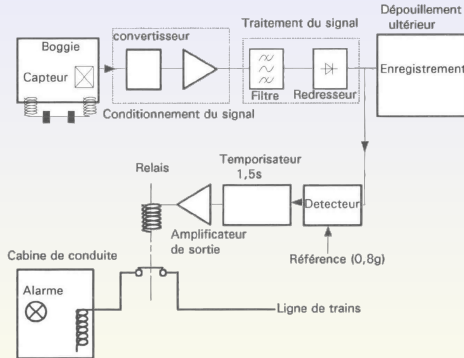
Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV

- vitesse élevée des TGV → système de surveillance des bogies ;
- bogie = “chariot” mobile, placé sous le châssis du train facilitant le suivi des courbes ;
- capteur = accéléromètre piézo-résistif :
$$R = f(a)$$
- mesure de l'accélération transversale subie par les bogies :
- limite fixée à 0,8g pendant 1,5s
→ éviter un déraillement
- chaîne complète de conditionnement du signal ;

Chaîne analogique - exemple



Système de surveillance des bogies TGV

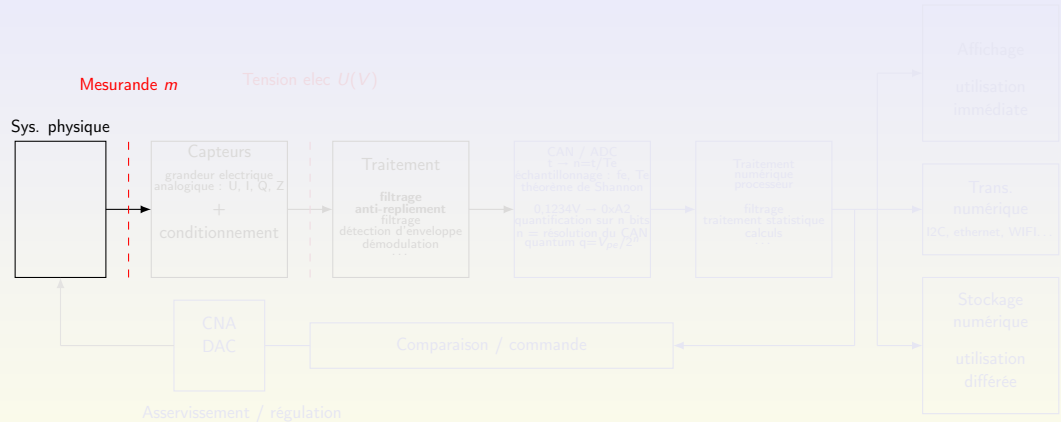
- vitesse élevée des TGV → système de surveillance des bogies ;
- bogie = “chariot” mobile, placé sous le châssis du train facilitant le suivi des courbes ;
- capteur = accéléromètre piézo-résistif :
$$R = f(a)$$
- mesure de l'accélération transversale subie par les bogies :
- limite fixée à 0,8g pendant 1,5s
→ éviter un déraillement
- chaîne complète de conditionnement du signal ;

1 Introduction

2 Chaînes de mesure

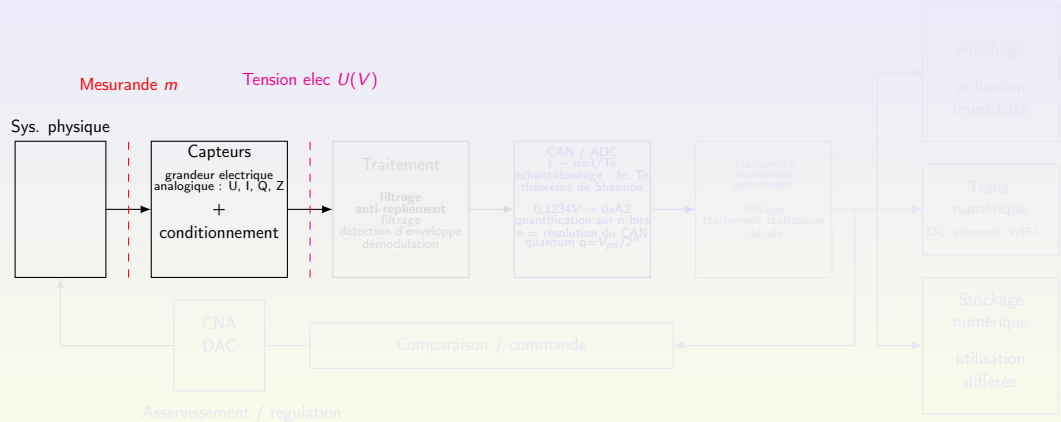
- Chaîne de mesure analogique
- Chaîne de mesure numérique

Chaîne numérique



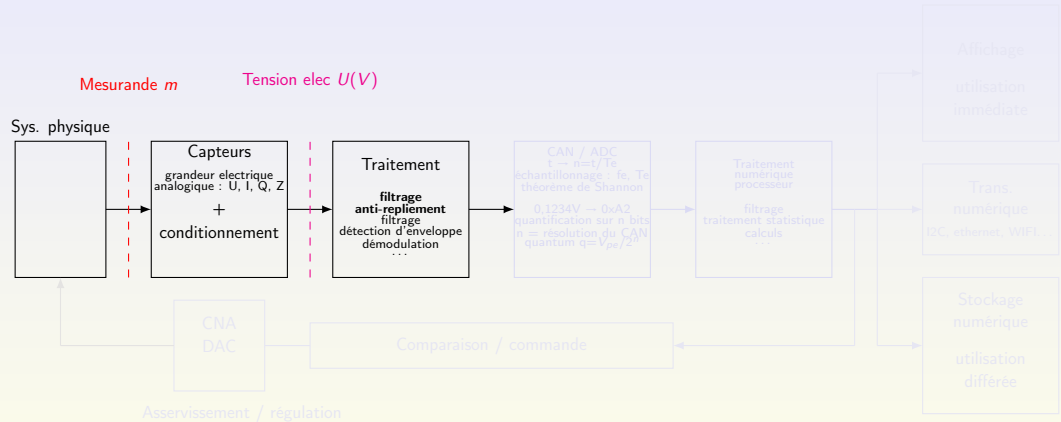
Chaîne numérique

Chaîne numérique



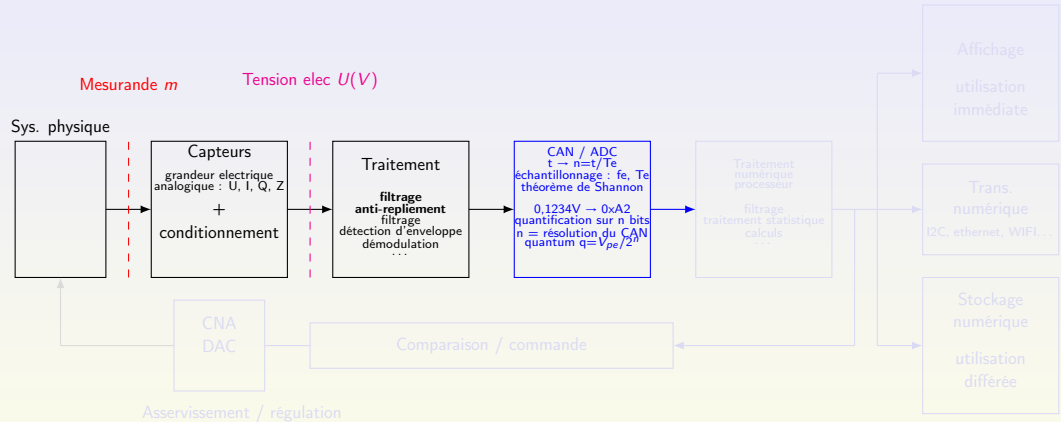
Chaîne numérique

Chaîne numérique



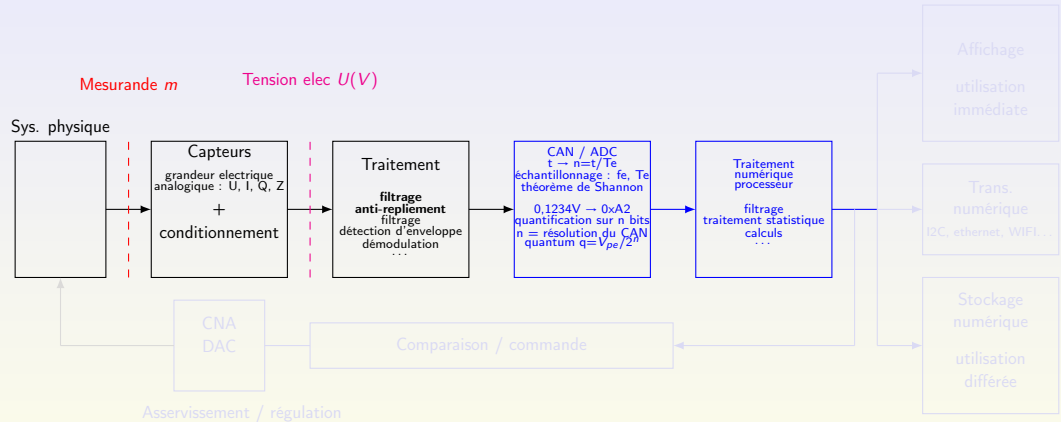
Chaîne numérique

Chaîne numérique



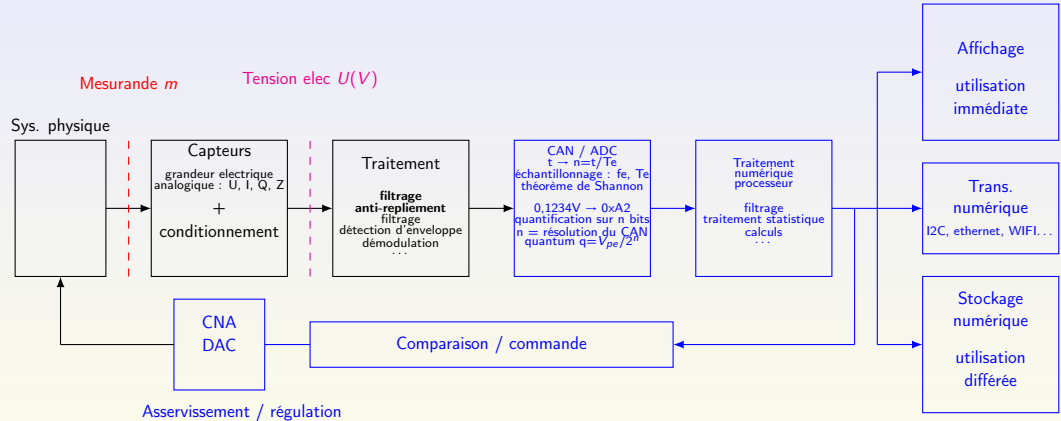
Chaîne numérique

Chaîne numérique



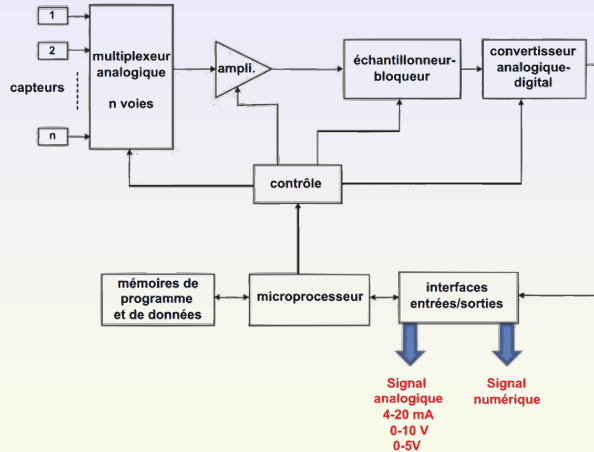
Chaîne numérique

Chaîne numérique



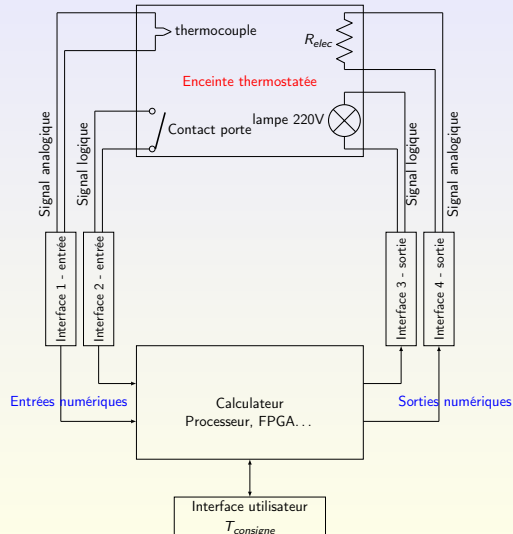
Chaîne numérique

Chaîne numérique - exemple



Exemple de chaîne de mesure contrôlée par micro-processeur

Chaîne numérique - exemple 2



Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement...

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement. . .
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement. . .
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables
- ⊕ non soumis à la dispersion des valeurs des composants : facile à dupliquer + pas de réglages “fins” à faire

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement. . .
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables
- ⊕ non soumis à la dispersion des valeurs des composants : facile à dupliquer + pas de réglages “fins” à faire
- ⊕ non soumis à la dérive des valeurs des composants (température, vieillissement, fiabilité d'une série. . .)

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement. . .
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables
- ⊕ non soumis à la dispersion des valeurs des composants : facile à dupliquer + pas de réglages “fins” à faire
- ⊕ non soumis à la dérive des valeurs des composants (température, vieillissement, fiabilité d'une série. . .)

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement. . .
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables
- ⊕ non soumis à la dispersion des valeurs des composants : facile à dupliquer + pas de réglages “fins” à faire
- ⊕ non soumis à la dérive des valeurs des composants (température, vieillissement, fiabilité d'une série. . .)

Inconvénients des systèmes numériques :

- ⊖ f_e élevée : systèmes hautes fréquences (GHz) ou temps-réel

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement. . .
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables
- ⊕ non soumis à la dispersion des valeurs des composants : facile à dupliquer + pas de réglages “fins” à faire
- ⊕ non soumis à la dérive des valeurs des composants (température, vieillissement, fiabilité d'une série. . .)

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 $t_{calcul} < T_e$

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement...
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables
- ⊕ non soumis à la dispersion des valeurs des composants : facile à dupliquer + pas de réglages "fins" à faire
- ⊕ non soumis à la dérive des valeurs des composants (température, vieillissement, fiabilité d'une série...)

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

Chaîne analogique/numérique

Avantages des systèmes numériques :

- ⊕ faciles à concevoir et à tester : cartes de développement. . .
- ⊕ propriétés du système (gain, traitement appliqué) facilement modifiables
- ⊕ non soumis à la dispersion des valeurs des composants : facile à dupliquer + pas de réglages “fins” à faire
- ⊕ non soumis à la dérive des valeurs des composants (température, vieillissement, fiabilité d'une série. . .)

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