



# Chapitre 1

## La balance numérique



### Fiches de synthèse mobilisées :

Fiche n°1 : Transmission de signaux numériques

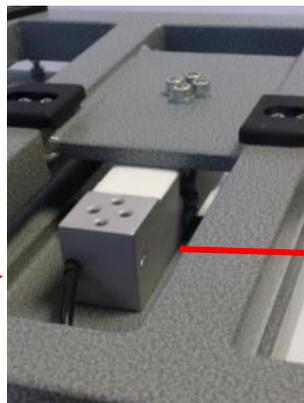


### Sommaire des activités

ACTIVITÉ 1 : Présentation du système .....	1
ACTIVITÉ 2 : Conception d'une balance électronique .....	5
ACTIVITÉ 3 : Le Cuisinier de l'Orient Express .....	9

### ACTIVITÉ 1 : Présentation du système

Les balances électroniques sont des instruments de pesage très utilisés dans de nombreux domaines. Dans l'industrie, le commerce ou chez les particuliers, elles fonctionnent toutes sur le même principe : un capteur de force convertit le poids de la masse pesée en grandeur électrique. Cette grandeur électrique est traitée par des systèmes électroniques et parfois informatiques qui permettent l'affichage de la valeur de la masse de l'objet pesé.



Capteur de force

Plateau de la balance

Le plateau de la balance présentée permet l'acquisition de la masse d'un objet grâce au capteur de force fixé entre les deux cadres composant ce plateau. Le capteur de force permet de mesurer dans le cas de la balance présentée, une masse maximale de 100 kg et minimale de 10 g. Le capteur de force utilisé est constitué d'un corps d'épreuve déformable sur lequel sont disposées quatre jauges de contraintes (voir *Figure 1*).

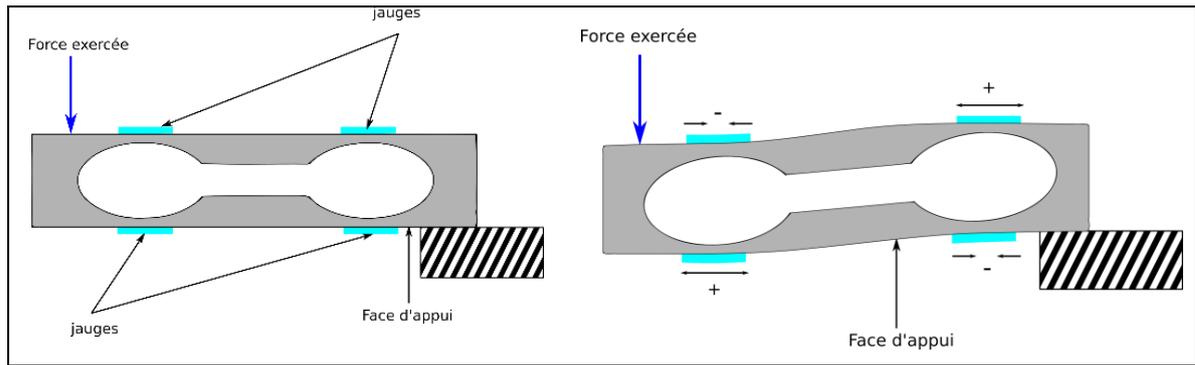


Figure 1 : Corps d'épreuve déformable et positions des 4 jauges des contraintes

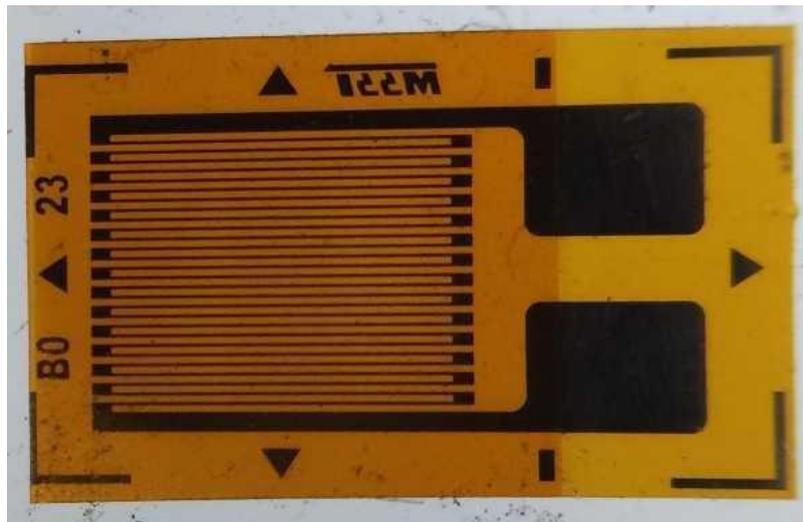
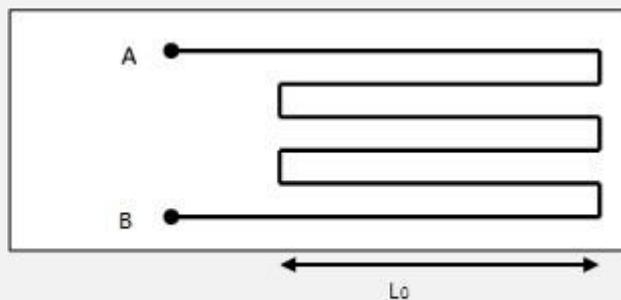


Photo 1 : jauge de contrainte

Document 1 : Eléments sensibles d'une jauge de contrainte



Les jauges de contraintes sont des éléments résistifs collés sur le corps d'épreuve. Une jauge est faite d'un long fil conducteur. Dans l'exemple ci-dessus, la longueur totale du fil entre les points A et B est très proche de  $6 L_0$

La résistance d'un conducteur électrique dépend de sa longueur. On a la relation :

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

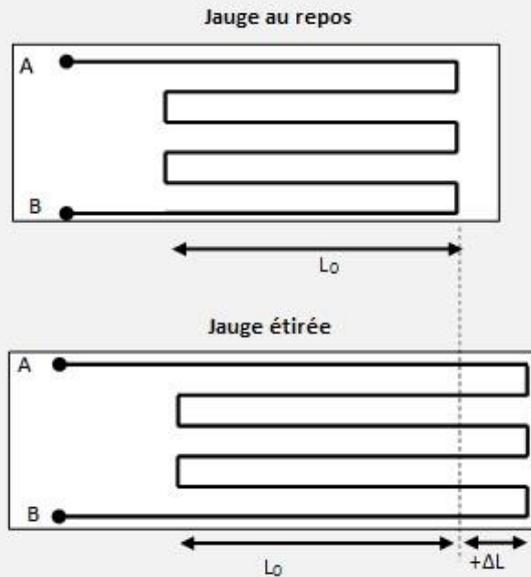
Avec :

- $\rho$  : résistivité qui dépend du type de matériau et de la température(en  $\Omega \cdot m$ )
- L : longueur du conducteur (en m)
- S : section du conducteur (en  $m^2$ ).



1. Que représente la flèche bleue sur la Figure 1 ?
2. Expliquer alors la signification du signe donné pour chaque jauge sur la deuxième partie de la Figure 1.
3. La déformation mécanique du corps d'épreuve va entraîner la variation d'un paramètre électrique pour chaque jauge. Préciser lequel et indiquer son sens de variation en fonction de la déformation mécanique.
4. D'après le principe de fonctionnement d'une jauge de contrainte et la documentation constructeur du capteur de force quel est le paramètre physique qui influence également le résultat du mesurage ?

### Document 2 : Principe de fonctionnement d'une jauge de contrainte



Chaque portion de fil s'est allongée de  $\Delta L$ . La longueur totale du conducteur a augmenté de  $6 \times \Delta L$ .

**La valeur de la résistance de la jauge a augmenté.**

Le même raisonnement tient pour une jauge comprimée : chaque portion de fil s'est contractée de  $\Delta L$ .

La longueur totale du conducteur a diminué de  $6 \times \Delta L$ . La valeur de la résistance de la jauge a diminué



## Document 3 : documentation constructeur d'un capteur de force

Fiche Technique  
Data SheetCapteurs de Pesage - Appui central  
Load cell - Single point**AH**

50 kg ... 200 kg



- Construction en aluminium, protection IP65
- Homologué jusqu'à 6 000 d OIML R60
- Excentration de charge compensée jusqu'à 500 x 500 mm
- Faible hauteur
- Aluminum construction, protection class IP65
- 6 000 d OIML R60 approved
- Off-centered load compensated up to 500 x 500 mm
- Low profile design

**AH**

50 kg ... 200 kg

**Caractéristiques - Specifications**

MÉTROLOGIQUES	METROLOGICAL	C3 10e	C6 10e	
Capacité nominale (Cn)	Rated capacity (Cn)	50, 100, 200	50, 100, 200	kg
Erreur combinée	Combined error	±0.017	±0.008	%Cn
Effet de la temp. sur le zéro	Temperature effect on zero	±0.0014	±0.0014	%Cn/°C
Effet de la temp. sur la sensibilité	Temperature effect on sensitivity	±0.0014	±0.0007	%Cn/°C
Fluage (30 min.)	Creep error (30 min.)	±0.025	±0.012	%Cn
Taille de plateau maximum	Maximum platform size	500 x 500	500 x 500	mm

Autorisation de diffusion : service marketing société SCAIME

**ACTIVITÉ 2 : Conception d'une balance électronique**

Dans cette activité, vous êtes chargé de réaliser une balance électronique « de précision » avec une portée de 1000 g. Le résultat du mesurage sera affiché sur l'écran d'un ordinateur avec une incertitude inférieure à 2 g.



### Partie 1 : Capteur de force

Les variations des longueurs de chacune des jauges sont faibles par rapport à la longueur du fil conducteur de la jauge. Cela entraîne une très faible variation de la valeur de la résistance (moins de 1%).

Pour augmenter la sensibilité du dispositif, on place les 4 jauges dans un montage appelé pont de Wheatstone.

Ce pont est alimenté par une tension continue de  $U=5V$ .

A l'équilibre (pas de force appliquée), le corps d'épreuve ne subit aucune contrainte. Les résistances des 4 jauges sont toutes égales et la tension  $U_{AB}$  est nulle

Si une contrainte est appliquée sur le corps d'épreuve, les résistances des 4 jauges varient. La tension  $U_{AB}$  n'est plus nulle. Sa variation dépend de la force appliquée et donc de la masse posée sur la balance.

Remarque : l'utilisation du pont de Wheatstone permet de

s'affranchir de l'influence de la température sur les valeurs

des résistances.

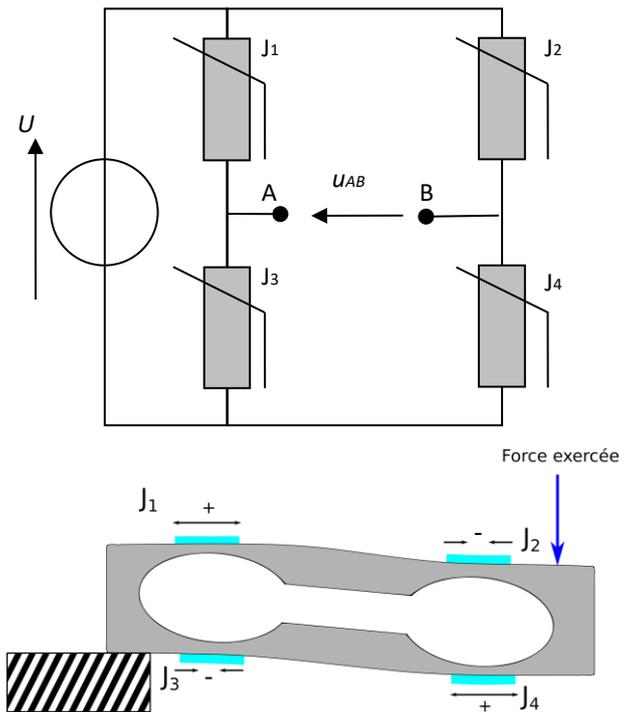
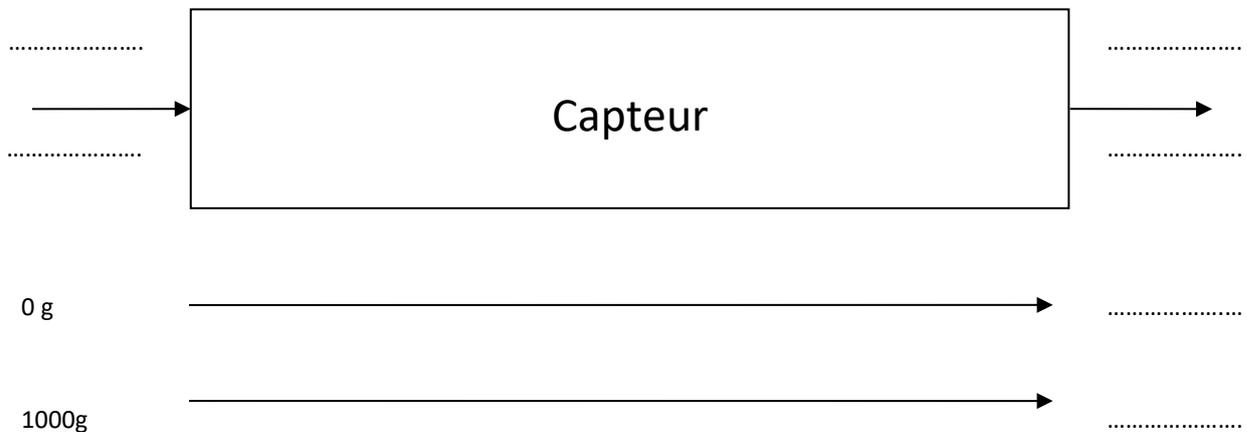


Schéma 1

1. Compléter le Schéma 1 en indiquant l'emplacement de l'appareil permettant de mesurer la tension  $U_{AB}$ .
2. Réaliser le montage et alimenter le capteur avec une source de tension de 5V.
3. Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la relation entre la grandeur de sortie (tension  $U_{AB}$ ) du capteur et la grandeur d'entrée (masse M).
4. Réaliser le protocole.
5. Imprimer la courbe d'étalonnage et donner la relation recherchée  $u_{AB} = f(M)$ .
6. Compléter le schéma suivant en indiquant le nom des grandeurs en entrée et sortie du capteur et leur unité puis les valeurs correspondantes sur la portée de notre balance

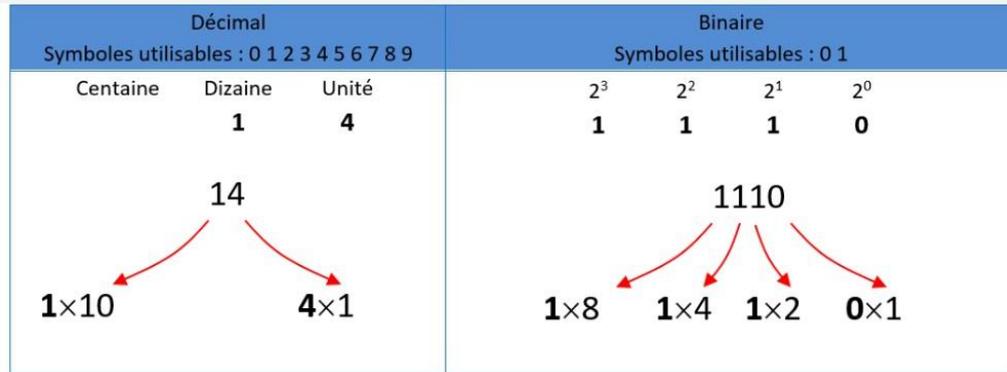




### Partie 2 : Affichage de la masse

On souhaite afficher sur l'écran d'un PC, la masse mesurée avec le capteur de force. Or, dans un ordinateur, le langage utilisé est basé sur un alphabet ne comportant que des 0 et des 1. C'est un langage binaire.

Mais nous utilisons un codage décimal (la représentation d'un nombre quelconque est basée sur dix symboles [de 0 à 9]).



Les deux nombres suivants 14 et 41 n'ont pas du tout la même signification alors que les symboles utilisés sont identiques. Nous utilisons une numération de position : le « poids » de chaque symbole dépend de sa position.

Dans le langage binaire, le principe est le même : chaque symbole a un poids différent en fonction de sa position dans le nombre

#### 1. Résoudre les exercices de conversion.

Convertir les nombres binaires suivants en leur nombre Document 4 : le langage binaire équivalent en base 10 (Décimal). Expliquer clairement la méthode de conversion utilisée pour chacun. Convertir les nombres décimaux suivants en leur nombre équivalent en base 2 (Binaire). Expliquer clairement la méthode de conversion utilisée pour chacun.

1101	
0111	
1101001	
10011001	
10101001	

111	
55	
131	
256	
21754	

### Partie 3 : Convertisseur Analogique Numérique (CAN)

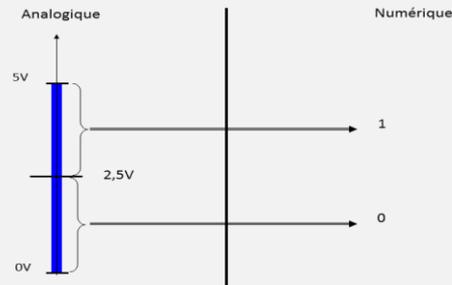
Le Convertisseur Analogique Numérique est un dispositif présent sur les interfaces d'acquisition de données. Il permet de convertir des tensions analogiques en nombres binaires qui pourront être traités par les programmes d'un ordinateur.

Il possède 3 caractéristiques principales :

- **Format de sa tension d'entrée** : C'est la plage de tension applicable à l'entrée du CAN (ex : 0 / 5V ; -10 / +10V) –
- **Nombre de bits** : C'est le nombre de caractères qui vont former le nombre binaire en sortie du CAN (ex : CAN 8bits peut donner un nombre entier allant de 0 à 255).
- **Fréquence de conversion** : C'est le nombre de conversions réalisées par le CAN par seconde. C'est un paramètre important dans le cas d'acquisition de tensions variables au cours du temps.



Document 5 : Principe de fonctionnement d'un CAN 0/5 V ; 1 bit

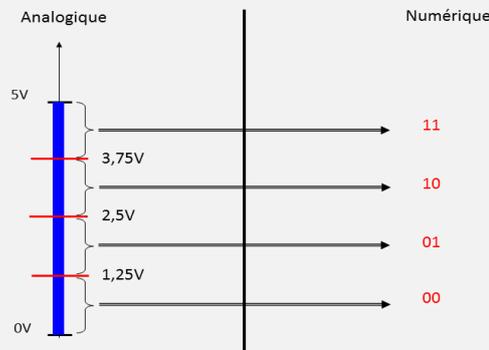


Le CAN 1 bit comporte deux nombres de sortie possibles : 0 ou 1. La plage de tension en entrée est découpée en 2 parts égales.

Une tension analogique comprise dans l'intervalle 0V/2.5V est convertie en nombre binaire 0.

Une tension analogique comprise dans l'intervalle 2.5V/5V est convertie en nombre binaire 1

Document 6 : Principe de fonctionnement d'un CAN 0/5 V ; 2 bits



Avec 2 bits, il existe 4 nombres binaires possibles.

Une tension analogique comprise dans l'intervalle 0V/1.25V est convertie en nombre binaire 00.

Une tension analogique comprise dans l'intervalle 2.5V/3.75V est convertie en nombre binaire 10.

L'augmentation du nombre de bits du CAN a permis de réduire la largeur de l'intervalle dans le domaine analogique. Cette largeur est appelée **quantum**. C'est le plus petit écart de tension détectable par le CAN.

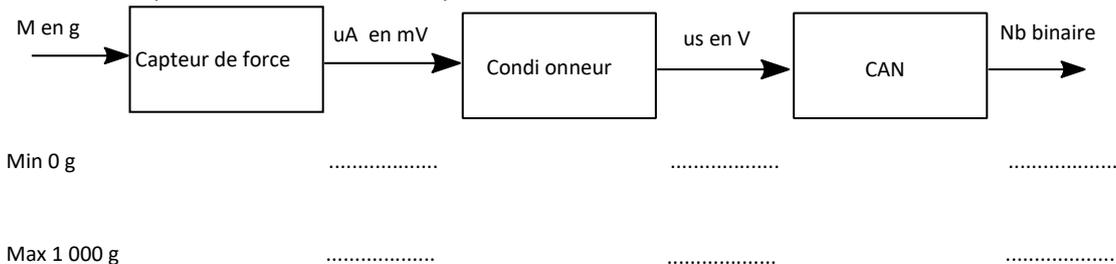
1. On applique une tension de 3 V à l'entrée du CAN 2 bits. Quel est le nombre binaire en sortie du CAN ?

1. On lit 11 en sortie du CAN. Exprimer la valeur de la tension à l'entrée du CAN.
2. L'interface d'acquisition possède un CAN 0/5V 12 bits. Déterminer la valeur du quantum de ce CAN.
3. Comparer ce quantum à l'étendue des valeurs possibles de  $u_{AB}$  pour une masse comprise entre 0 et 1000g.
4. Si on applique la tension  $u_{AB}$  à l'entrée du CAN le dispositif réalisé permet-il de mesurer de telles masses ?

Le cas échéant, proposer une amélioration et rédiger en quelques phrases, votre réponse argumentée. **Partie 4 :**

**Nécessité d'un conditionneur – Etude de la chaîne complète**

1. Compléter les indications manquantes dans la chaîne suivante





2. Proposer un protocole permettant de déterminer la relation entre la grandeur de sortie du conditionneur et la grandeur d'entrée (masse  $M$ ).
3. Réaliser le protocole.
4. Imprimer la courbe d'étalonnage et donner la relation recherchée entre la tension de sortie du conditionneur  $u_s$  et la masse  $M$ .
5. Paramétrer alors le logiciel associé à votre interface d'acquisition pour qu'il permette directement l'affichage de la masse.
6. Comme toute mesure, la valeur de masse affichée sur le logiciel est soumise à des sources d'erreur. Citer 3 sources d'erreur sur la mesure de masse.
7. Pour cinq masses étalons différentes bien réparties sur l'étendue de mesure de la balance, vérifier que l'écart entre la valeur affichée et celle de la masse étalon ne dépasse pas l'incertitude visée (2 g). Présenter clairement vos résultats.



## ACTIVITÉ 3 : Le Cuisinier de l’Orient Express

### Introduction

Le train de luxe [Venise-Simplon-Orient-Express](#) propose des départs, une à deux fois par semaine, toute l'année, sauf de décembre à février (période de maintenance), de [Calais](#) et [Paris gare de l'Est](#) vers [Venise](#) via [Innsbruck](#). Le train est constitué de 18 voitures des [années 1920](#), remises aux normes, dont trois wagons-restaurants.



Source :  
[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Gare\\_Austerlitz\\_Orient\\_expres\\_2.jpg](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Gare_Austerlitz_Orient_expres_2.jpg)

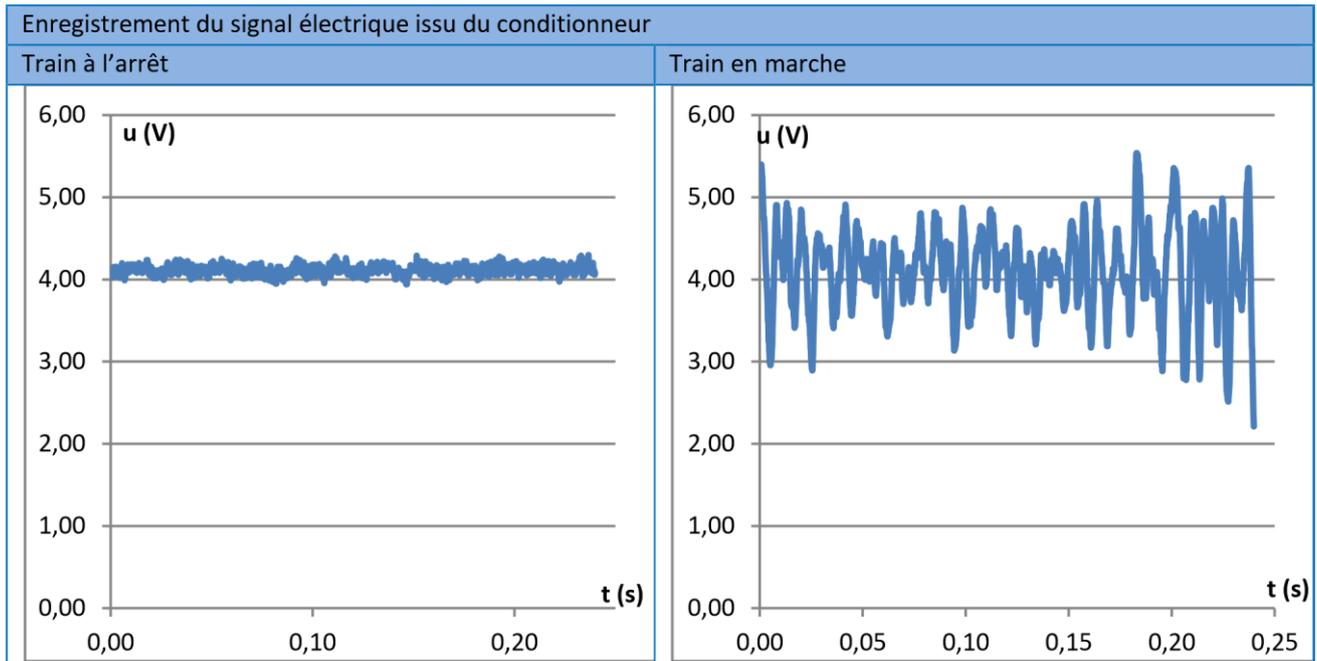


Source : <https://www.flickr.com/photos/>

Christian Bodiguel cuisinier en chef du train utilise une balance numérique pour doser les différents ingrédients de ses recettes.

Le mouvement du train en marche a une influence directe sur le signal en sortie du transmetteur et donc sur la valeur de la masse indiquée. Christian Bodiguel ne peut pas accepter de réaliser ses recettes avec une telle variation dans l'évaluation de la masse. Vous êtes le technicien de la société « BALANCE + », vous êtes chargé de trouver et mettre en œuvre un dispositif permettant d'assurer une mesure de masse précise dans les conditions extrêmes du wagonrestaurant.

Vous vous rendez dans le train pour procéder à des mesures in-situ dont les résultats sont donnés ci-dessous.

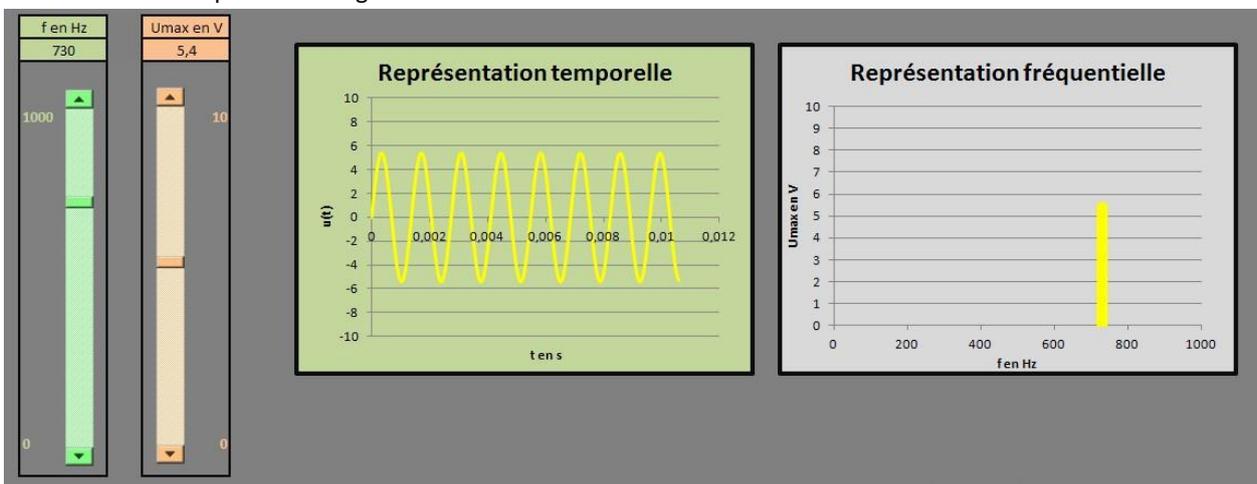


1. Comment appelle-t-on le signal donné lorsque le train est à l'arrêt ?
2. Le signal observé pour le train en marche peut être assimilé à la superposition de deux signaux. Préciser la forme et l'origine de ces deux signaux.
3. Choisir parmi ces deux signaux celui qui est « utile » et qu'il faudra conserver pour mesurer la masse de l'objet sur la balance. De quoi dépend ce signal ?
4. Choisir celui qu'il faudra arriver à éliminer pour faire une lecture correcte de la masse. De quoi dépend ce signal ?

### Représentation fréquentielle d'un signal sinusoïdal

Dans cette partie, nous simulerons les signaux électriques que nous avons observés précédemment sur l'oscilloscope à l'aide d'un programme informatique.

5. Quelles sont les informations qu'il faut connaître pour représenter correctement un signal sinusoïdal ?
6. Exécuter le programme **graphe une tension.xlsxm**.
7. Observer l'allure du signal. De quel type de signal s'agit-il ?
8. Agir sur la glissière «  $U_{\max}$  », que se passe-t-il ?
9. Agir sur l'autre glissière pour régler la fréquence à environ 200 Hz. A partir de la représentation temporelle, retrouver la période du signal.



La fenêtre située à droite de la représentation temporelle est la représentation fréquentielle du signal.



10. Donner les informations que vous pouvez obtenir à partir de cette représentation.
11. Vérifier ce que vous avez compris en faisant varier l'amplitude et la fréquence du signal.
12. Grâce à quelques phrases courtes, décrire la représentation fréquentielle et les informations que l'on peut y trouver.
13. Tracer à la main, la représentation fréquentielle des signaux suivants. Vérifier vos résultats avec le programme **graphe une tension.xlsxm**

	Fréquence	Amplitude
Signal 1	500 Hz	6V
Signal 2	800 Hz	2V
Signal 3	0 Hz	5V

14. Copier les représentations fréquentielles données par le logiciel et les incorporer à votre compte rendu.
15. Parmi les trois signaux précédents, quel est celui qui représente le mieux le signal à la sortie du conditionneur de la balance lorsque le train est à l'arrêt ?

### Somme de deux signaux sinusoïdaux

Lancer le programme **graphe deux tensions.xlsxm**. Ce programme permet de fixer les paramètres de deux signaux et de les visualiser en même temps.

#### 16. Cas n°1 :

1. Fixer la fréquence du signal 1 à 0 avec une amplitude de 4V. Quel type de signal observez-vous ?
2. Fixer la fréquence du signal 2 à 400 Hz avec une amplitude de 1V. Vérifier que la représentation fréquentielle correspond à ce qui est attendu.
3. Observer la représentation temporelle et la représentation fréquentielle de la fenêtre «  $u_1+u_2$  ». Décrire en quelques mots le signal «  $u_1+u_2$  ».

#### 17. Cas n°2 :

4. Fixer une fréquence d'environ 200 Hz pour le signal 1. Conserver le signal 2 précédent. La somme des deux signaux est-elle sinusoïdale ? La somme est-elle périodique ?
5. Parmi les deux représentations proposées, quelle est celle qui permet de reconnaître facilement que «  $u_1 + u_2$  » est constitué de deux signaux sinusoïdaux ?
18. Parmi les deux cas vus précédemment, dire pour lequel «  $u_1 + u_2$  » ressemble au signal observé sur l'oscilloscope lorsque le train est en marche.

### Filtrage

L'objectif de la partie suivante est de réaliser un traitement particulier sur le signal électrique issu du conditionneur afin de conserver le signal utile et éliminer l'autre. Une opération de filtrage permet de conserver la partie du signal utile pour l'utilisateur et d'éliminer l'autre partie.

Pour mettre en évidence la fonction filtrage, nous utiliserons un programme permettant de simuler le fonctionnement de différents filtres.

#### 19. Exécuter le programme **filtrage.xlsxm**.

#### 20. Adopter une démarche méthodique et structurée pour répondre aux questions suivantes :

6. Qu'est-ce qu'un filtre passe-bas ?
7. Qu'est-ce qu'un filtre passe-haut ?
8. Que représente la fréquence de coupure ?
21. Présenter vos conclusions sous forme de phrases courtes et claires.
22. Quel type de filtre utiliseriez-vous dans le cas de notre balance de train postal ? Préciser sa fréquence de coupure.
23. Mettre en œuvre le filtre sur la chaîne de mesure. Vérifier que l'objectif fixé a bien été atteint.



24. Préparer un document de synthèse (type diaporama) que vous devrez présenter à Christian Bodiguel pour lui expliquer le problème rencontré et la solution que vous avez adoptée pour y remédier.

page