



# COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

TERM G

## Sciences de l'Ingénieur

### Module 1 - Les systèmes numériques



- ✓ **Leçons détaillées**  
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**  
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**  
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**  
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**  
pour vérifier ses acquis



v 7.1



## SCIENCES DE L'INGÉNIEUR TERMINALE

### Module 1 – Les systèmes numériques

#### L'AUTEUR



#### Dorian JACQUOT

« C'est l'exigence et la bienveillance qui m'ont toujours animé pour concevoir ce manuel par lequel nous partons ensemble à la découverte de ce qui fait les sciences de l'ingénieur : la connaissance scientifique d'une part, mais aussi la démarche, la réflexion, la conception et la communication ». Ingénieur en systèmes mécaniques et professeur agrégé en sciences industrielles de l'ingénieur, Dorian enseigne cette discipline à la croisée des sciences et de l'innovation. Passionné par les langues, en plus de parler couramment Python, Java, HTML, CSS, PHP, C++... il maîtrise également l'anglais et l'espéranto.

#### PRESENTATION

A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **A vous de jouer** pour mettre en application
- **L'essentiel** et **Le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- **Pour aller plus loin** pour visionner des sites ou des documentaires ludiques de qualité
- Et enfin... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !



# LE SOMMAIRE

Sciences de l'Ingénieur - Module 1 - Les systèmes numériques

Introduction générale au module .....	1
Bienvenue dans le monde des métiers de l'ingénierie .....	2

## **CHAPITRE 1. La chaîne d'acquisition** .....

4

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Paramétrer une chaîne d'acquisition.
- Carte micro-contrôleur.
- Capteurs, composants d'une chaîne d'acquisition.

### Q PRÉREQUIS

- Module 1 de Première SI.
- Module 4 de première SI..

Première approche : la chaîne du son .....	5
1. Acquisition de l'information .....	6
2. Transduction de l'information .....	8
3. Conditionnement du signal .....	13
Devenir Ingénieur son .....	19
4. Numérisation du signal .....	23
5. TP : chaîne d'acquisition de la température .....	31
Le temps du bilan .....	35

## **CHAPITRE 2. Réseaux et internet des objets** .....

36

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Internet des objets.
- Notions de modulation-démodulation de signaux numériques en amplitude, en fréquence.
- Architecture Client/Serveur, cloud.
- Architecture des réseaux de communication.
- Débit/vitesse de transmission.

### Q PRÉREQUIS

- Notions du module 1 de Première.

Première approche : les objets connectés .....	37
1. Onde porteuse modulée .....	38
2. Architecture Client Serveur .....	45
3. Internet des objets .....	47
Le temps du bilan .....	55
Devenir Ingénieur son .....	19
Devenir Ingénieur IOT .....	19

## CHAPITRE 3. Programmation en Python .....58

### COMPÉTENCES VISÉES

- Analyser les principaux protocoles pour un réseau de communication et les supports matériels.
- Connaissance des notions de protocoles, trames, encapsulation.
- Connaissance des principaux supports de communication : filaire et sans fil.

### PRÉREQUIS

- Lecture de graphiques temporels.

Première approche : pseudo code Python .....	59
1. TP 1 : premières instructions et variables .....	62
2. TP 2 : structures conditionnelles.....	70
3. TP 3 : structures itératives .....	76
4. TP 4 : programmation procédurale.....	81
Le temps du bilan .....	88
Les Clés du Bac : l'évaluation au Bac .....	89

## CORRIGÉS .....90





# SUGGESTIONS CULTURELLES

## ESSAIS

- **Fabrique des objets connectés : 10 projets ludiques** *Morad Attik & Rabah Attik*
- **Apprendre à programmer avec Python 3** *Gérard Swinnen*
- **Au cœur de l'intelligence artificielle : des algorithmes à l'IA forte** *Axel Cypel*
- **Histoire de la révolution numérique** *Clive Gifford*
- **Le livre des techniques du son** *Collectif*
- **Les fous du son** *Laurent de Wilde*
- **Dictionnaire encyclopédique du son** *Collectif*

## BANDES DESSINÉES

- **Intelligences artificielles : miroirs de nos vies** *FibreTigre*
- **Les Rêveurs lunaires : 4 génies qui ont changé l'Histoire** *Edmond Baudoin & Cédric Villani*
- **La petite bédéthèque des savoirs : l'intelligence artificielle** *Marion Montaigne*

## TUTO

- **APPRENDRE PYTHON DE A à Z** *Chaîne YouTube Docstring*

## PODCASTS

- **Le code a changé** *France Inter*
- **Ex Machina** *Université Paris Dauphine*
- **Les technos** *www.lestechnos.be*
- **Informatique et sciences numériques** *Podcasts du Collège de France*

## CHAÎNES YOUTUBE

- **Science étonnante – playlist Informatique** *David Louapre*
- **Science4all – playlist Intelligence artificielle et machine learning** *Lê Nguyễn Hoang*



# INTRODUCTION

---



Un **système numérique** est un produit, ou un ensemble de produits, qui est capable d'adopter un comportement intelligent et de communiquer des données avec les autres produits ou avec des humains. En première, nous avons déjà travaillé sur les systèmes numériques en étudiant :

- **les produits intelligents**, en analysant leurs **chaînes d'information** et leurs composants numériques
- le fonctionnement des **réseaux** et d'**Internet**, avec sa **structure** et ses **protocoles de communication**
- **l'algorithmique**, en réalisant des algorithmes en **pseudo-code** et sous forme d'algorigrammes, puis en les implémentant grâce à un **langage de programmation** graphique

Cette année, nous sommes capables d'aller plus loin, et d'approfondir notre connaissance de ces trois aspects, chacun lié à l'une des fonctions de la chaîne d'information.

Nous allons, dans un premier chapitre, faire un focus sur la première partie de la chaîne d'information : la fonction « **Acquérir** ». C'est grâce à elle qu'un système numérique est capable de percevoir le monde qui l'entoure, et donc récupérer les données qui lui serviront à réfléchir.

Ensuite, nous explorerons de nouveau les réseaux et Internet, en apprenant comment des données peuvent être transmises **sans fil**. Nous verrons aussi comment les applications/logiciels se servent d'un réseau pour échanger des informations grâce à l'**architecture client-serveur**. Enfin, nous découvrirons le monde des **objets connectés**. Ce second chapitre nous aura donc permis d'approfondir la fonction « **Communiquer** » des systèmes numériques.

Pour terminer, nous nous attaquerons à la fonction « **Traiter** » de la chaîne d'information, en apprenant à coder avec le langage Python. **Python** est un **langage de programmation** en lignes de codes, très puissant, qui nous permettra d'écrire des programmes destinés à un ordinateur.



# BIENVENUE DANS LE MONDE DES MÉTIERS DE L'INGÉNIERIE !

Nous vivons actuellement dans un monde technologique et connecté qui a un impact majeur sur nos vies, que ce soit pour améliorer notre quotidien, le sécuriser ou tout simplement permettre l'établissement et le bon fonctionnement des infrastructures humaines que sont par exemple les usines, les réseaux de transport, les hôpitaux et l'ensemble des objets informatiques et connectés qui font notre quotidien. L'ingénierie est également au cœur de la réflexion globale pour la création du monde de demain, notamment en rapport avec les problématiques environnementales et économiques auxquelles font face les sociétés modernes.

Comme vous l'aurez compris, les **métiers de l'ingénierie** sont donc essentiels et omniprésents dans nos vies personnelles et professionnelles. Suivant les appétences de chacun, les domaines d'étude et d'application sont extrêmement variés comme les biotechnologies, la domotique, l'informatique, le génie civil, les systèmes et réseaux, le génie civil...etc.

Deux grands types de profils se trouvent impliqués dans ces grands défis. D'un côté les **techniciens**, qui seront au cœur des réalisations avec des tâches précises qui pourront prendre par exemple la forme d'application de protocoles, de la gestion et la maintenance des appareils ou bien de la réalisation de test et d'essais. A leurs côtés, les **ingénieurs** auront eux un rôle plus large et décisionnel, que ce soit pour créer, piloter ou bien assurer la gestion humaine des différents projets. Les ingénieurs pourront également évoluer au cours de leur carrière vers des fonctions de direction et de développement.

## COMMENT ACCÉDER À CES MÉTIERS ?

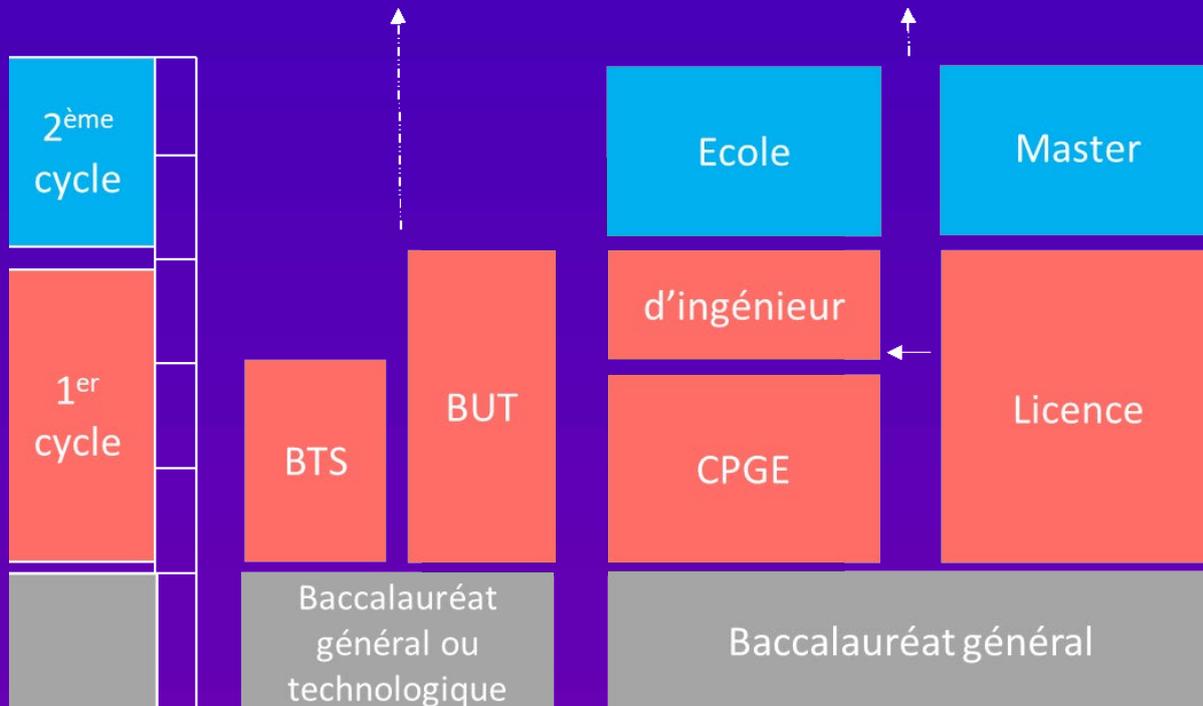
Pour devenir **technicien**, il vous faudra tout d'abord obtenir un baccalauréat général à tonalité scientifique (enseignements de spécialité à choisir suivant les domaines d'études visés) ou bien un baccalauréat technologique. Une fois le diplôme obtenu, différentes formations préparent au métier de technicien. Le Brevet de Technicien Supérieur (BTS) mène à un diplôme de niveau Bac +2 et il vous faudra choisir votre formation en fonction du domaine d'étude visé. Vous pourrez également accéder au titre de technicien par un Bachelor Universitaire de Technologie (BUT, de niveau Bac +3) en choisissant tout comme pour le BTS une formation correspondant au domaine d'activité qui vous passionne.

Pour devenir **ingénieur**, nous vous conseillons un baccalauréat à tonalité scientifique en privilégiant, au choix et suivant votre projet professionnel, les enseignements de spécialités en science fondamentale que sont la Physique-Chimie et les Mathématiques, et bien sur les Sciences de l'Ingénieur. Les enseignements de Mathématiques Experte et d'Informatique seront également importants pour posséder les connaissances et compétences transverses nécessaires à la bonne réalisation de ce métier. Suite à l'obtention de votre diplôme, la voie royale pour devenir ingénieur passera par les Ecoles d'ingénieurs généralistes ou spécialisés dans le domaine souhaité. Ces formations sont accessibles par concours après deux années de classe préparatoire aux grandes écoles (CPGE, formation sélective à privilégier pour accéder aux meilleurs établissements). De plus en plus d'écoles proposent également des classes préparatoires intégrées pour une admission postbac, souvent moins sélectives que la CPGE mais il est à noter que ces formations sont de plus en plus reconnues professionnellement et constitue une voie d'avenir pour accéder aux métiers de l'ingénierie. Il est également possible d'accéder à ce métier par la filière universitaire, en suivant un Master en ingénierie. Ces deux formations vous amèneront à des diplômes de niveau Bac + 5.

## Technicien



## Ingénieur



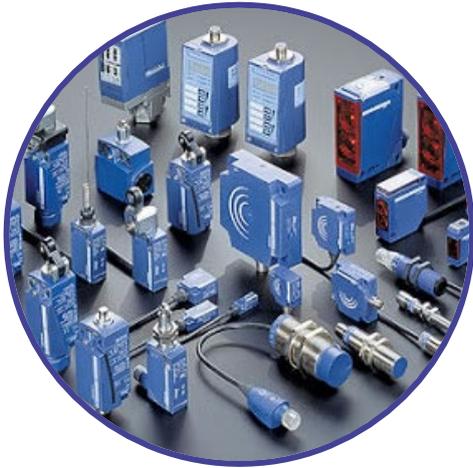
Dans chacun des modules de notre discipline, nous vous présenterons différentes spécialités d'ingénierie, en lien avec le domaine étudié, au travers de la présentation de différents métiers d'ingénieur. Nous vous donnerons des pistes pour vous y plonger au travers de recommandations de visites, de vidéos, d'interviews, voire même de MOOC accessibles et gratuits.

Ainsi dans ce module vous découvrirez les métiers suivants

- Ingénieur IoT
- Ingénieur IA
- Ingénieur satellite
- Ingénieur réseau

# CHAPITRE 1

## LA CHAÎNE D'ACQUISITION



Dans le premier module de première, nous avons étudié la **chaîne d'information** des produits : la chaîne d'information permet de décrire, schématiquement, la manière dont un produit intelligent manipule et utilise l'information. Dans ce premier chapitre de terminale, nous allons approfondir l'analyse de la chaîne d'information, en nous focalisant sur sa partie la plus complexe : la fonction **acquérir**.

La fonction acquérir est généralement réalisée par un composant qu'on appelle un capteur, de manière générale.

Pour être plus précis, ce capteur peut être :

- un **détecteur** s'il est capable de **détecter** une information de nature binaire (ouverture/fermeture de porte, appui/relâchement d'un bouton).
- un **capteur analogique** s'il est capable de **mesurer** une grandeur de nature analogique (température, distance, vitesse, etc.) ;
- Un **capteur numérique**, ou codeur, s'il est capable de **mesurer** une grandeur de nature analogique et qu'en plus il la transforme en **données binaires**.

Nous allons voir, qu'en réalité, d'autres composants interviennent souvent dans l'acquisition de l'information, en s'associant avec les capteurs, pour **mettre en forme** et/ou **numériser** (c'est-à-dire mettre sous forme binaire) l'information. C'est notamment le cas lorsque le capteur utilisé est un capteur analogique. Une fois l'information mise en forme et numérisée, elle sera transmise au composant chargé de la traiter.

L'ensemble des composants intervenant dans l'acquisition de l'information forme ce qu'on appelle la **chaîne d'acquisition** du produit.

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Paramétrer une chaîne d'acquisition.
- Carte micro-contrôleur.
- Capteurs, composants d'une chaîne d'acquisition.

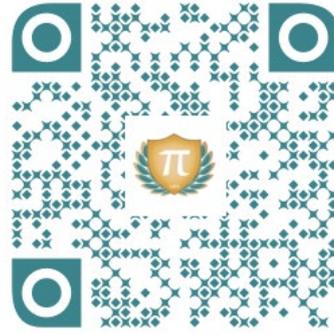
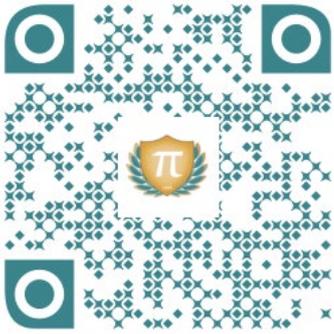
### Q PRÉREQUIS

- Module 1 de Première SI.
- Module 4 de Première SI.



# Première approche

## La chaîne du son



### Vidéo 1. Comment fonctionne le système auditif

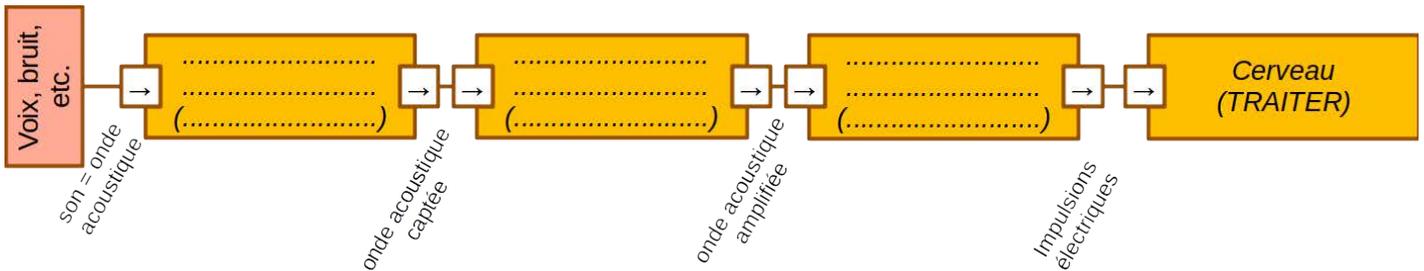
Signia Solutions auditives  
<https://youtu.be/8Pa8zwFR-P8>

### Vidéo 2. Comment fonctionne un micro ?

C'est pas sorcier  
<https://youtu.be/LNBo4ANgaxs>

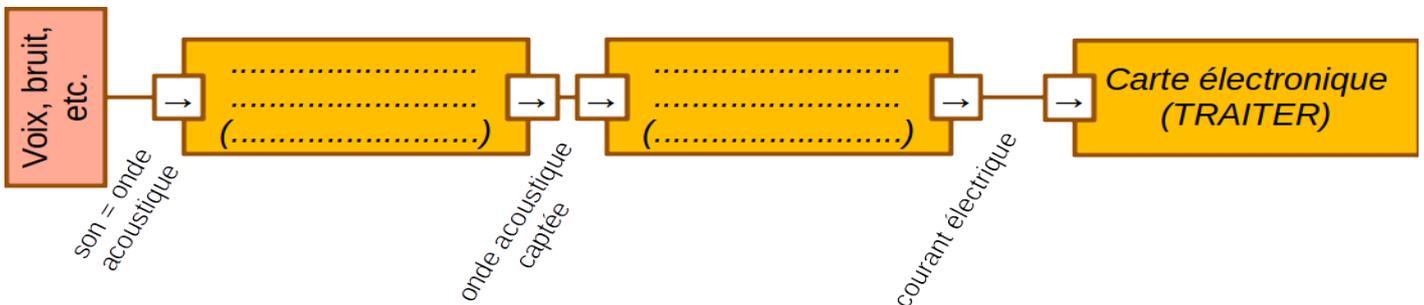
1. A partir de la Vidéo 1, complétez le diagramme SysML de blocs internes de l'oreille humaine ci-dessous, en utilisant :

- les termes suivants comme nom de « composants » : **cochlée ; marteau + enclume + étrier ; canal auditif + tympan**
- les termes suivants pour indiquer le nom des fonctions réalisées par chaque « composant » : **CAPTER ; TRANSDUIRE** (transduire signifie transformer un phénomène physique, comme des vibrations, en signal électrique) ; **AMPLIFIER**



2. A partir de la Vidéo 2, complétez le diagramme SysML de blocs internes du microphone ci-dessous, en utilisant :

- les termes suivants comme nom de « composants » : **membrane ; aimant + bobine**
- les termes suivants pour indiquer le nom des fonctions correspondantes : **TRANSDUIRE ; CAPTER + AMPLIFIER**



3. Que diriez-vous pour comparer une oreille et un microphone ?

.....

.....

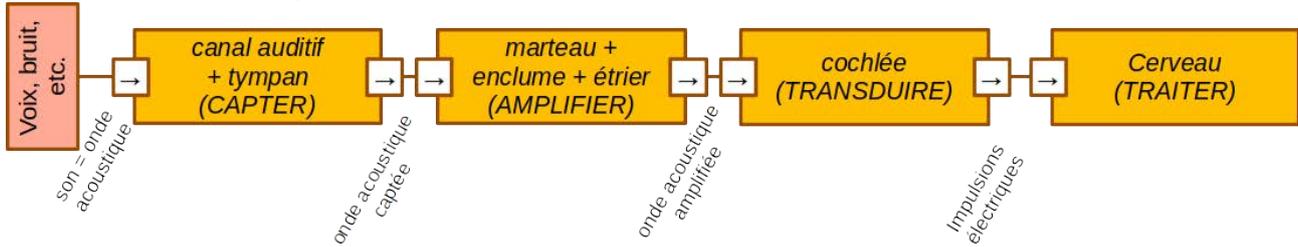
.....

Les deux schémas que vous avez complétés représentent, respectivement :

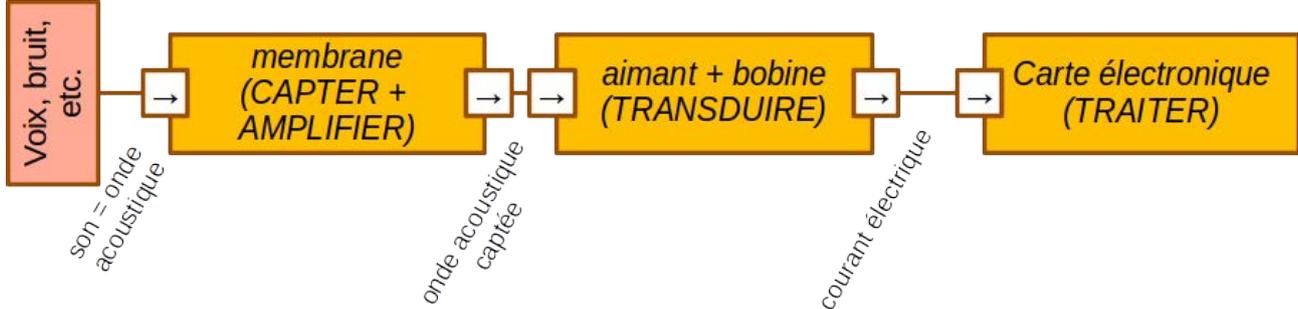
- la chaîne humaine d'acquisition du son
- la chaîne matérielle d'acquisition du son

## CORRIGÉ

### 1. Chaîne humaine d'acquisition du son



### 2. Chaîne matérielle d'acquisition du son



3. On peut dire que les deux dispositifs présentent plusieurs similitudes : au départ, le son doit être capté et amplifié, puis il est transduit en phénomène électrique avant d'être traité par le cerveau ou la carte électronique.

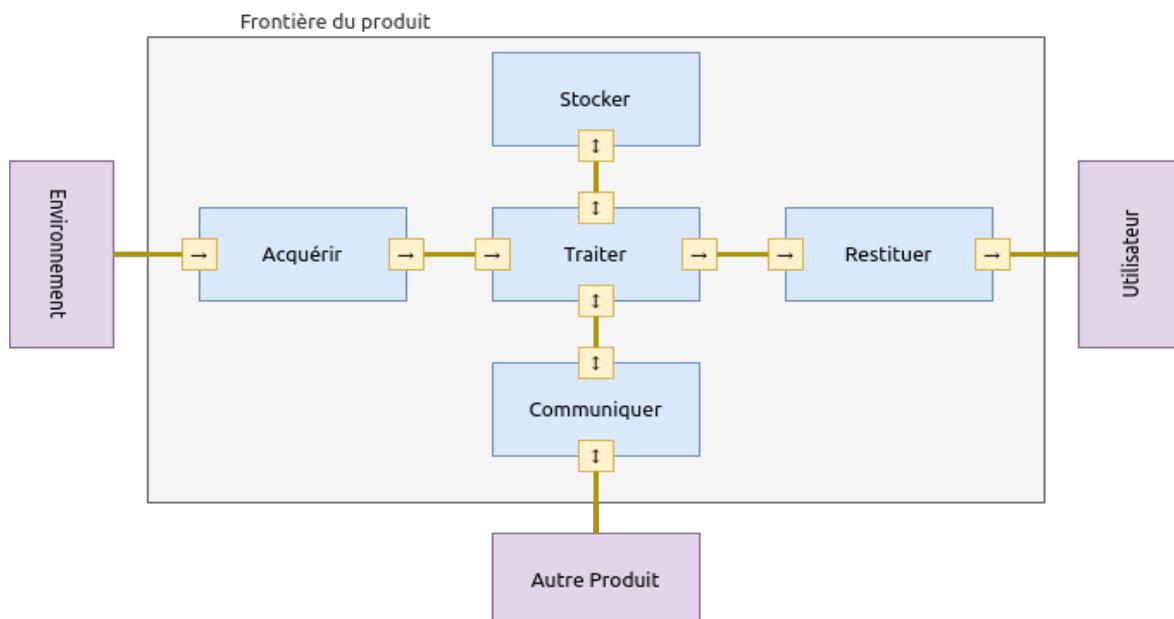


## LA CHAÎNE D'ACQUISITION

### Acquisition de l'information

### RAPPEL : LA CHAÎNE D'INFORMATION

Un produit intelligent possède ce qu'on appelle des **fonctions** intelligentes. Chaque fonction représente une capacité particulière du produit, qui lui permet de manipuler l'information, de réfléchir, d'avoir un comportement intelligent. On distingue **cinq fonctions intelligentes** différentes. Généralement, un produit intelligent utilise ces cinq fonctions pour manipuler et modifier l'information à sa disposition. Ces cinq fonctions, reliées dans un certain ordre, forment ce qu'on appelle la **chaîne d'information** du produit.



## RAPPEL : LES CAPTEURS

Un capteur est un composant électronique capable de récupérer des informations, en provenance du milieu dans lequel le produit évolue. Il permet au produit d'acquérir l'information. Les capteurs permettent de réaliser la fonction acquérir d'un produit intelligent.

Il existe trois grandes familles de capteurs :

- les **détecteurs**, qu'on appelle aussi capteurs tout-ou-rien
- les **capteurs analogiques**
- les **codeurs**, qu'on appelle aussi capteurs numériques

### Détecteurs

Un détecteur, aussi appelé **capteur « tout-ou-rien »**, est adapté pour effectuer de la **détection d'objet ou d'événement** de nature binaire (détection de mouvement, détection de métaux, détection de pluie, etc.). Un détecteur produit un **signal logique**.



#### EXEMPLES

- Un détecteur de métaux, qui détecte la proximité d'objets métalliques, est un détecteur.
- Un bouton-poussoir, qui détecte une pression de l'utilisateur, est un détecteur.
- Un détecteur de mouvement infrarouge, qui détecte la présence de mouvement dans une pièce, est un détecteur.

### Capteur analogique

Un capteur analogique est adapté pour effectuer des mesures de grandeur physique (température, luminosité, vitesse, etc.). Un capteur analogique produit un **signal analogique**.



#### EXEMPLES

- Une sonde analogique d'humidité utilisée dans une station météorologique, qui mesure l'humidité, est un capteur analogique.
- Une jauge de force utilisée dans un pèse-personne, qui mesure le poids, est un capteur analogique.
- Un joystick, sur une manette de jeux-vidéo, est un capteur analogique.

### Codeur

Un codeur est adapté, comme les capteurs analogiques, pour effectuer des mesures de grandeur physique (température, luminosité, vitesse, etc.). Un codeur produit un **signal logique codé**. Ce signal est codé en suivant les règles d'un **protocole de communication**.

### Signal produit et microcontrôleur

Un **microcontrôleur** est un composant capable de traiter des données sous forme binaire uniquement. C'est généralement lui qui réalise la fonction « traiter » dans un produit intelligent. Pour que le microcontrôleur puisse traiter l'information, il doit la recevoir sous forme de signal logique :

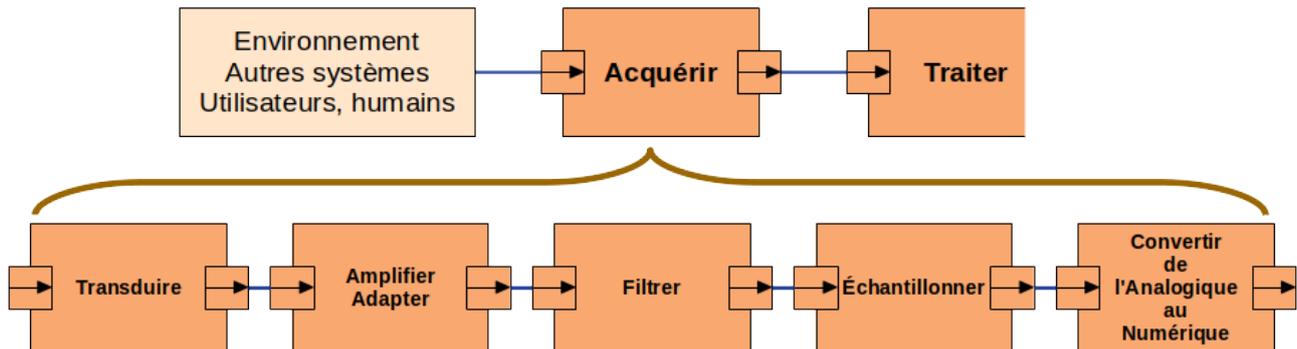
- le signal produit par un détecteur ou un codeur, qui est un signal logique, conviendra au microcontrôleur. Ce type de signal ne nécessitera, au plus, qu'une légère mise en forme
- le signal produit par un capteur analogique n'est pas de nature binaire. Ce type de signal devra donc, en plus, être numérisé avant d'être transmis au microcontrôleur

## LA CHAÎNE D'ACQUISITION

Au sein de la chaîne d'information d'un produit, on peut isoler la fonction **acquérir**. Le rôle de cette fonction est double :

- **recupérer l'information** en provenance de l'environnement du produit ;
- **mettre en forme**, préparer, cette information, pour qu'elle soit utilisable/compréhensible par le composant chargé de **traiter** l'information. La plupart du temps, ce composant est un **microcontrôleur**.

Si on zoome sur la fonction acquérir, on se rend compte qu'elle n'est pas forcément réalisée par un unique composant. Elle est souvent, au contraire, réalisée par un ensemble de composants, qui ont chacun un rôle précis. Certains sont plus axés sur la récupération d'information, d'autres sur la mise en forme de l'information. Ces composants, dans leur ensemble, forment ce qu'on appelle la **chaîne d'acquisition** d'un produit :



### L'ESSENTIEL

La chaîne d'acquisition d'un produit rassemble tous les composants qui permettent au produit de récupérer une information depuis son environnement, puis de la mettre en forme.

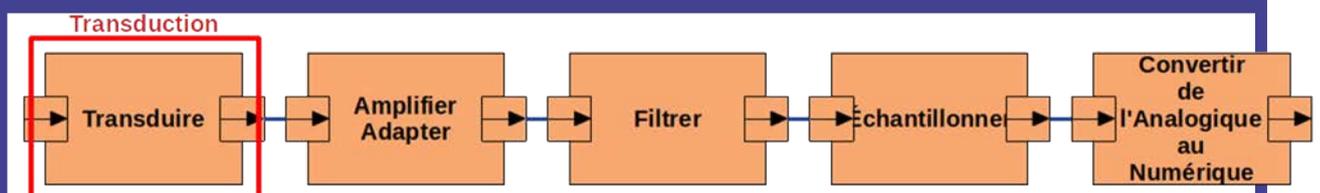
02

## LA CHAÎNE D'ACQUISITION Transduction de l'information



### L'ESSENTIEL

La transduction est la première étape de la chaîne d'acquisition d'un produit.



La transduction permet au produit de capturer un phénomène physique, puis de le transformer en signal électrique. Le signal issu de la transduction peut être :

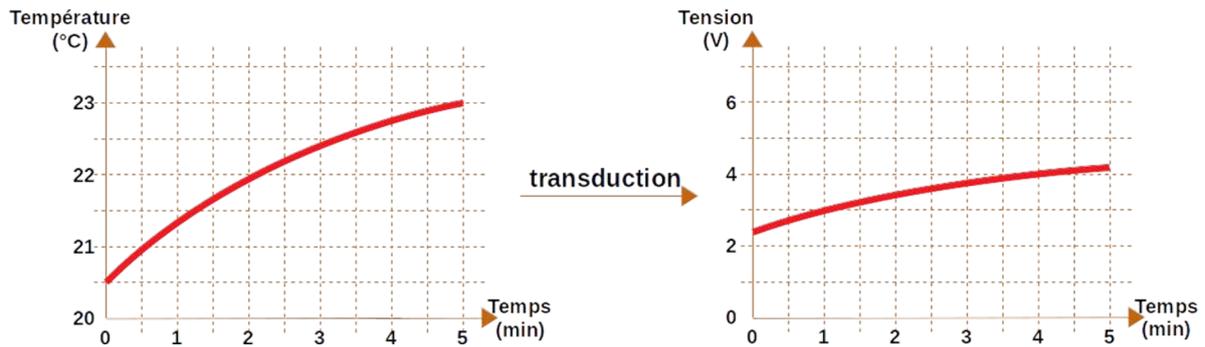
Le signal issu de la transduction peut être :

- un **signal logique**
- un **signal analogique**



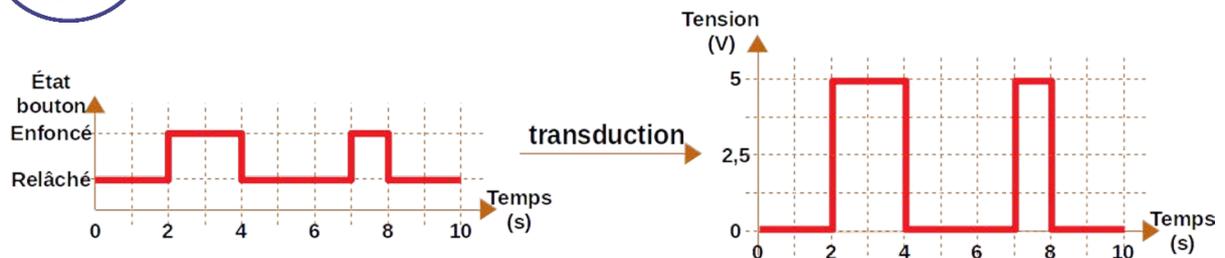
## EXEMPLES

Voici par exemple la transduction de la variation de la température d'une pièce (phénomène physique) en signal électrique analogique :



## EXEMPLES

Voici la transduction du changement de l'état d'un bouton-poussoir (phénomène physique) en signal électrique logique :



## ANALYSE DE LA TRANSDUCTION D'UN PHÉNOMÈNE ANALOGIQUE

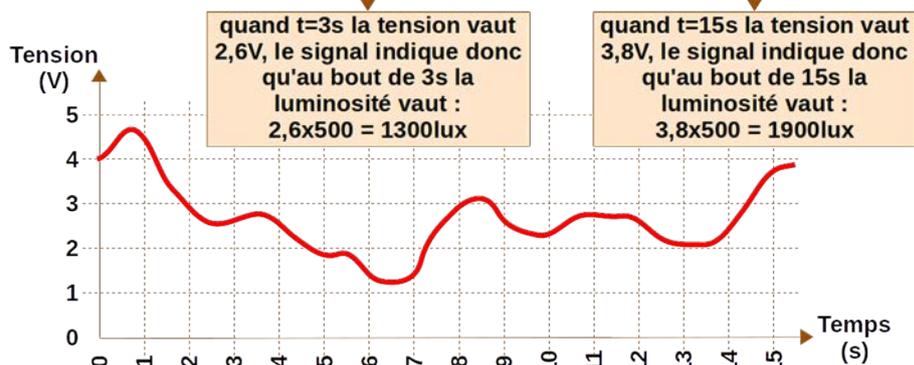
La transduction d'un phénomène de **nature analogique** donne un **signal analogique**. L'information contenue par un signal analogique est inscrite dans la **valeur de la tension du signal** : c'est donc la valeur de la tension du signal qu'il faut lire pour analyser ce type de signal.



## EXEMPLES

Voici l'analyse d'un signal analogique produit après transduction de la luminosité dans une pièce. Le capteur responsable de la transduction produit une tension de 0V quand la luminosité vaut 0 lux, puis la tension augmente de 1V tous les 500 lux

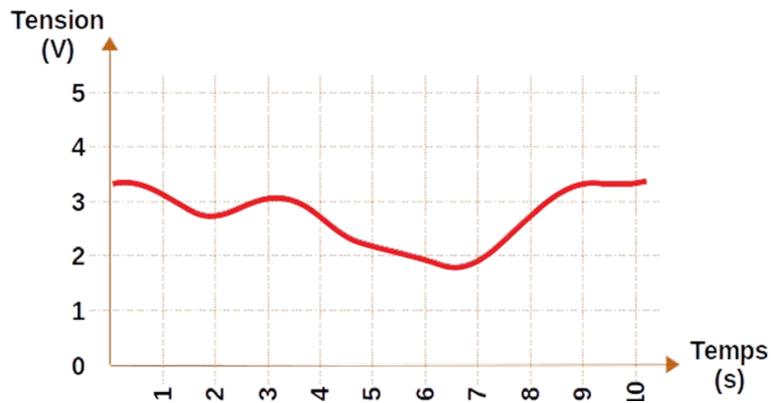
Ce capteur de luminosité génère 1V pour 500lux





## À VOUS DE JOUER 1

Soit un capteur de distance. On sait que pour une distance nulle, entre la tête du capteur et un objet/obstacle, le capteur produit une tension de 0V. On sait aussi que la tension va augmenter de 10mV pour chaque cm ajouté entre la tête du capteur et l'objet/obstacle. Après transduction de la distance entre le capteur et l'objet durant plusieurs secondes, voici le signal que l'on obtient



1. Quelle est la tension de ce signal au bout de 3s ?  
.....
2. Quelle est la tension de ce signal au bout de 7s ?  
.....
3. Au bout de combien de temps le signal vaut-t-il 2 V ?  
.....
4. À combien de cm se trouve l'objet mesuré, au bout de 3s ?  
.....
5. À combien de cm se trouve l'objet mesuré, au bout de 7s ?  
.....

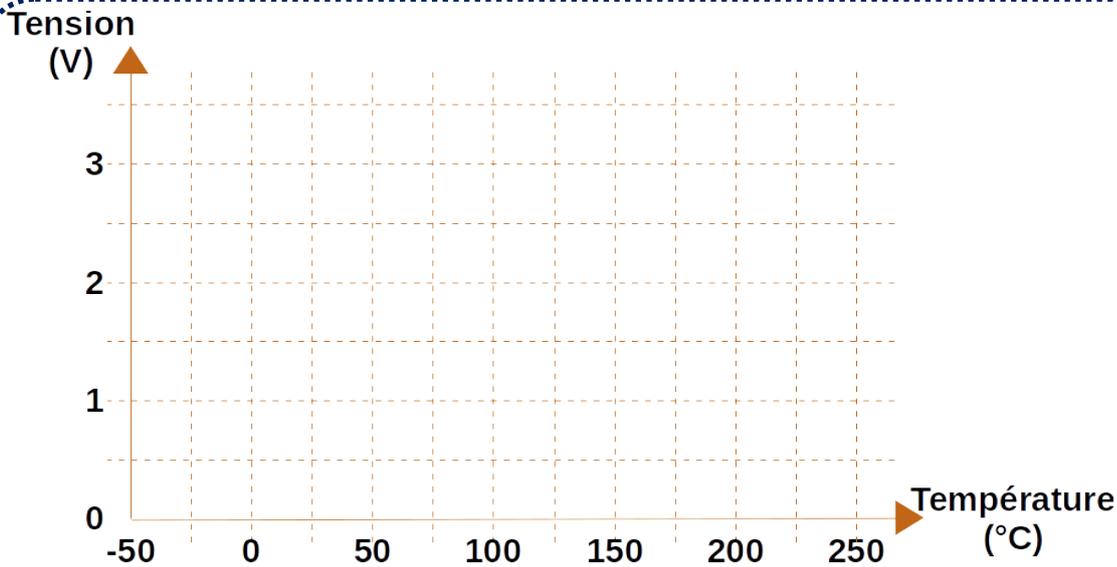


## À VOUS DE JOUER 2

Soit une sonde de température, mesurant des températures allant de  $-50^{\circ}\text{C}$  à  $250^{\circ}\text{C}$ . Sa relation de transduction est :  $U = \frac{(T-25)}{100} + 0,75$ , avec U la tension produite par le capteur et T la température mesurée.

1. Quelle tension sera produite par la sonde si la température mesurée vaut  $172^{\circ}\text{C}$  ?  
.....
2. Quelle tension sera produite par la sonde si la température mesurée vaut  $-17^{\circ}\text{C}$  ?  
.....



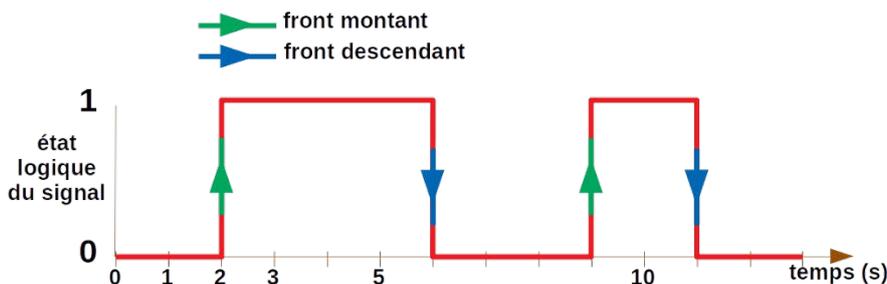


- À l'aide de la courbe caractéristique, déterminez graphiquement la tension produite par la sonde si la température mesurée vaut 172°C. Contrôlez ensuite votre résultat avec la valeur trouvée en utilisant la relation de transduction de la sonde.
- À l'aide de la courbe caractéristique, déterminez graphiquement la température mesurée par la sonde si sa tension de sortie vaut 1 V. Contrôlez ensuite votre résultat avec la valeur trouvée en utilisant la relation de transduction de la sonde.

## ANALYSE DE LA TRANSDUCTION D'UN PHÉNOMÈNE BINAIRE

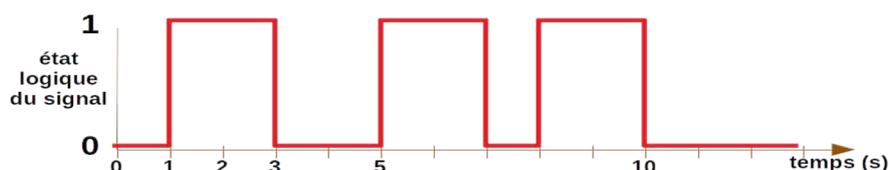
La transduction d'un phénomène de **nature binaire** donne un **signal logique**. L'information contenue par un signal logique est inscrite dans :

- l'état que prend le signal à chaque instant : **état-haut** et **état-bas**
- les transitions du signal entre les deux états, qu'on appelle **fronts**
  - fronts-montants** quand le signal passe de l'état bas à l'état haut
  - fronts-descendants** quand le signal passe de l'état haut à l'état bas



### À VOUS DE JOUER 4

Soit un signal logique, produit par la transduction de l'état d'un bouton-poussoir. Le signal est à l'état-bas quand le bouton est relâché.



- Combien de fronts comporte ce signal en tout ?

2. Par quel type de front est représenté le moment où l'utilisateur relâche le bouton-poussoir ?

3. Combien de fois l'utilisateur appuie-t-il sur le bouton-poussoir ?

4. Combien de temps dure chaque appui sur le bouton-poussoir ?.....

5. En tout, durant combien de secondes le bouton-poussoir est-il enfoncé ?

## 03 LA CHAÎNE D'ACQUISITION

### Conditionnement du signal

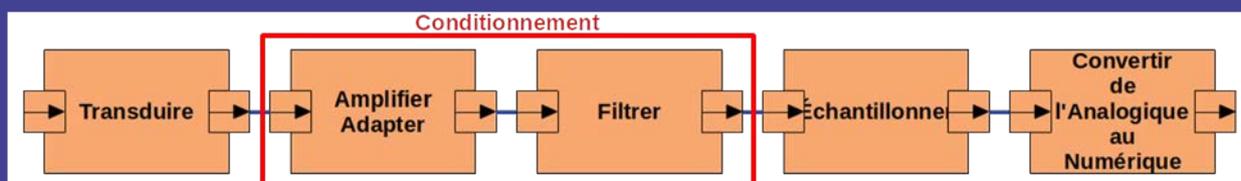
Il est fréquent qu'un signal, une fois transduit, ne convienne pas vraiment au microcontrôleur qui devra traiter l'information contenue dans celui-ci. Les deux défauts les plus courants d'un signal transduit sont :

- ses valeurs de tensions, qui peuvent être trop faibles, trop élevées ou ne pas correspondre à celles que le microcontrôleur peut analyser
- le « bruit électronique » qui parasite le signal et peut le rendre difficile à traiter



### L'ESSENTIEL

Le conditionnement représente la partie intermédiaire de la chaîne d'acquisition d'un produit.



Le conditionnement d'un signal est composé de toutes les étapes nécessaires pour adapter et/ou amplifier les tensions du signal, puis pour nettoyer le signal en supprimant le bruit.

Le conditionnement n'est pas toujours nécessaire.

Il est courant qu'un produit ne réalise qu'une partie des étapes du conditionnement. Par exemple, certains produits n'auront besoin que d'amplifier puis filtrer le signal. D'autres se contenteront d'une adaptation sans filtrage.

### ADAPTATION



### L'ESSENTIEL

Quand les tensions minimales et/ou maximales d'un signal ne correspondent pas à celles des composants devant le numériser ou le traiter, il est nécessaire d'adapter le signal.

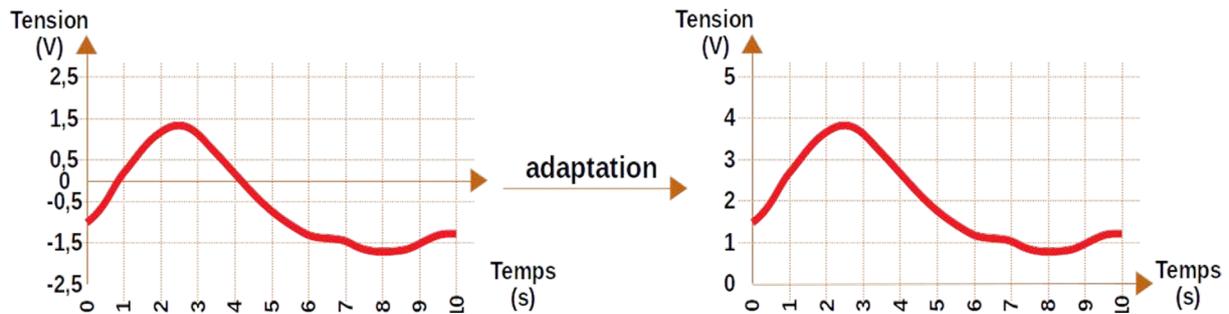
L'adaptation consiste à « déplacer » le signal en augmentant ou diminuant sa tension, sans changer sa forme. La valeur de ce décalage s'appelle le **décalage**, ou **offset** en anglais.

On a donc :  $U_{\text{adaptée}} = U_{\text{brute}} + \text{décalage}$



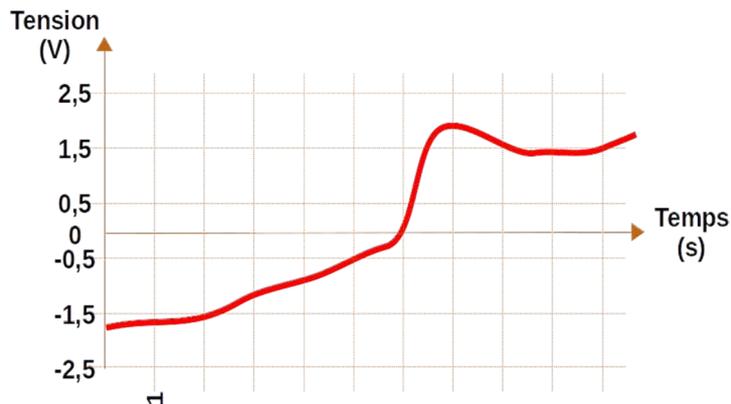
## EXEMPLES

Le signal analogique produit par un capteur de luminosité (à gauche) varie entre -2,5V et 2,5V. Si on veut le faire traiter par un microcontrôleur, comme celui d'une carte Arduino, capable d'analyser des tensions entre 0V et 5V : on va devoir utiliser un adaptateur. On choisit un adaptateur avec un décalage de +2,5 V. L'adaptateur va ainsi ajouter 2,5V au signal de départ, pour qu'il varie entre 0V et 5V (à droite).



## À VOUS DE JOUER 5

Soit le signal suivant produit par un capteur de température analogique :



1. Est-ce que ce signal doit être conditionné, avant d'être utilisable par un microcontrôleur analysant des tensions allant de 0V à 5V ? Justifiez.

---

2. Quelle étape/fonction de conditionnement devra être utilisée pour cela ?

---

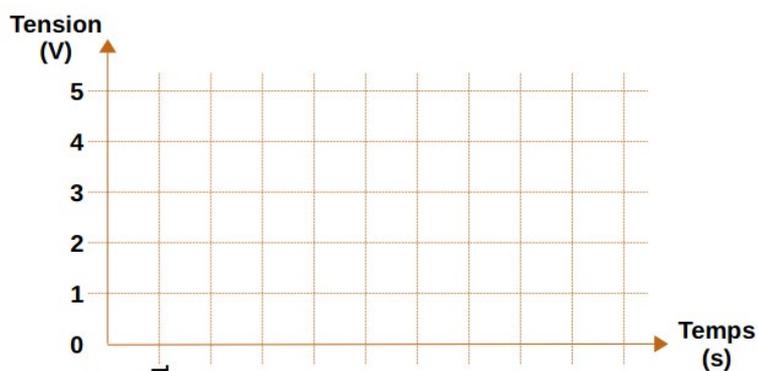
3. Avec un décalage de +2,5V, quelle sera la tension du signal conditionné au bout de 2s ?

---

4. Avec un décalage de +2,5V, quelle sera la tension du signal conditionné au bout de 6s ?

---

5. Avec un décalage de +2,5V. Dessinez dans ce graphe vide, l'allure du signal conditionné :



6. En se basant uniquement sur le fragment du signal ci-dessus, proposez une autre valeur de décalage, qui conviendrait. Vous expliquerez votre démarche pour la déterminer.

.....

.....

.....

## AMPLIFICATION



### L'ESSENTIEL

Quand les tensions d'un signal sont trop faibles pour que le signal puisse être correctement numérisé ou traité, il est nécessaire d'amplifier le signal.

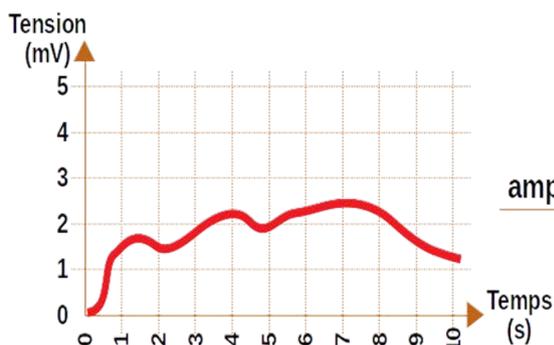
L'amplification consiste à multiplier les tensions du signal, de manière proportionnelle. Le coefficient de multiplication s'appelle le **gain**.

On a donc :  $U_{\text{amplifiée}} = U_{\text{brute}} \times \text{gain}$

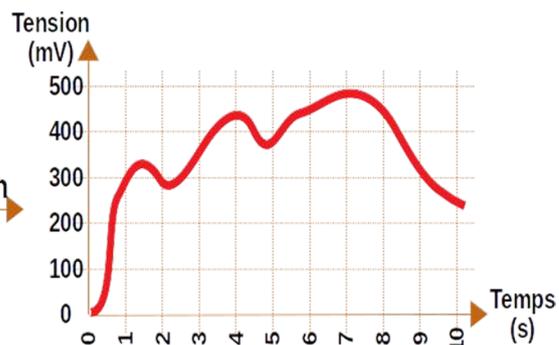


### EXEMPLES

Le signal analogique produit par une jauge de force (à gauche) est très faible : il ne varie que de quelques mV. Si on veut le faire traiter par un microcontrôleur, comme celui d'une carte Arduino, capable d'analyser des tensions entre 0V et 5V : on va devoir utiliser un amplificateur. Pour cette amplification, on choisit un amplificateur avec un gain de 200. L'amplification va donc multiplier par 200 la tension du signal de départ, pour donner un signal amplifié (à droite).



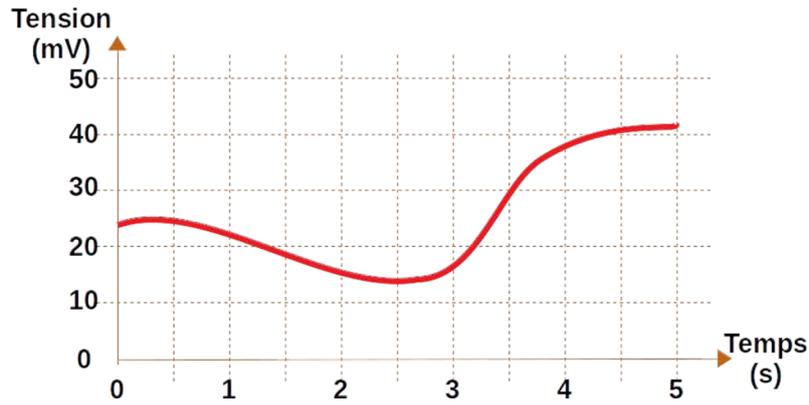
amplification →



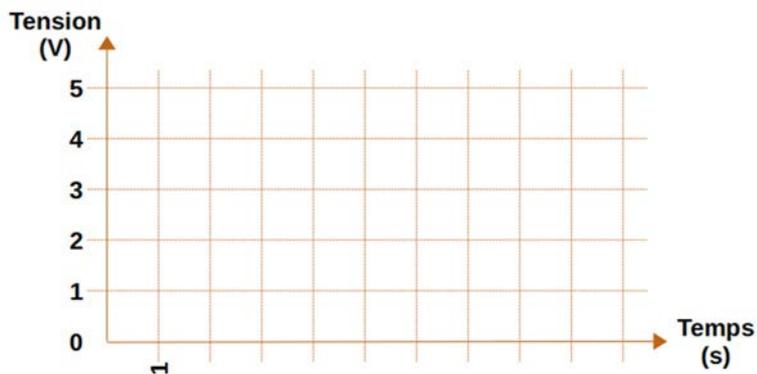


## À VOUS DE JOUER 6

Soit le signal suivant produit par un capteur d'humidité analogique :



- Est-ce que ce signal doit être conditionné, avant d'être utilisable par un microcontrôleur travaillant avec des tensions de 0V à 5V ? Justifiez
- Quelle étape/fonction de conditionnement devra être utilisée pour cela ?
- Avec un gain de 100, quelle sera la tension du signal conditionné au bout de 3,5s ?
- Avec un gain de 100, quelle sera la tension du signal conditionné au bout de 1,25s ?
- Avec un décalage de +2,5V. Dessinez dans ce graphe vide, l'allure du signal conditionné :



- En se basant uniquement sur le fragment du signal ci-dessus, proposez une autre valeur de décalage, qui conviendrait. Vous expliquerez votre démarche pour la déterminer.

## RAPPEL : SIGNAUX SINUSOÏDAUX

Avant d'aborder la dernière étape du conditionnement, qui est le filtrage, voici un rappel nécessaire sur les **signaux sinusoïdaux**.

Un signal sinusoïdal possède un motif qui se répète. Ce motif possède, notamment, comme caractéristiques :

- une **amplitude A crête-à-crête** en volts  $A_{CaC} = U_{max} - U_{min}$
- une **période T** en seconde
- une **fréquence f** en Hertz  $f = \frac{1}{T}$  et  $T = \frac{1}{f}$



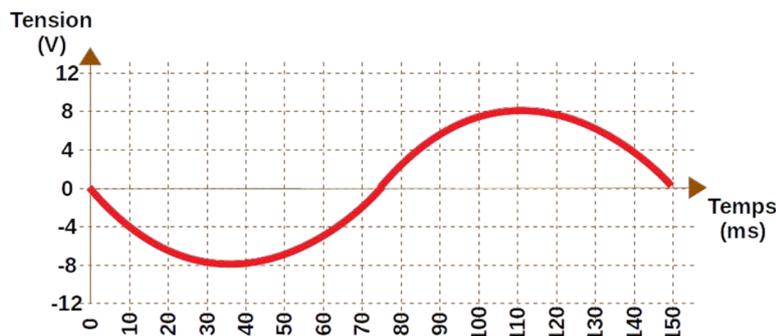
### EXEMPLES

- Un Signal 1 :



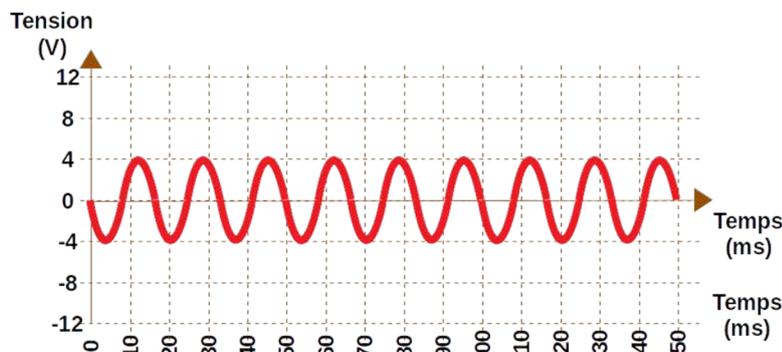
amplitude crête-à-crête de 24V  
période  $T \approx 43\text{ms} = 0,043\text{s}$   
fréquence  $f = 1 / T \approx 1 / 0,043 \approx 23,2\text{Hz}$

- Un Signal 2 :



amplitude crête-à-crête de 16V  
période  $T \approx 150\text{ms} = 0,15\text{s}$   
fréquence  $f = 1 / T \approx 1 / 0,15 \approx 6,67\text{Hz}$

- Un Signal 3 :



amplitude crête-à-crête de 24V,  
période  $T \approx 17\text{ms} = 0,017\text{s}$   
une fréquence  $f = 1 / T \approx 1 / 0,017 \approx 58,8\text{Hz}$

Sur une même échelle, plus une sinusoïde semble « écrasée » en largeur, plus sa période est petite, mais plus sa fréquence est élevée. Au contraire, plus une sinusoïde semble « étalée » en largeur, plus sa période est grande, mais plus sa fréquence est petite.

## FILTRAGE : PRINCIPE ET BRUIT



### L'ESSENTIEL

Quand un signal contient trop de bruit pour être correctement numérisé ou traité, il est nécessaire de le filtrer.

Un signal est habituellement composé de l'assemblage de plusieurs signaux. L'un de ces signaux est le signal que l'on souhaite produire/utiliser. Les autres sont des signaux **parasites**, c'est ce qu'on appelle le **bruit**. Les signaux parasites ont généralement :

- une amplitude crête-à-crête plus faible que le signal porteur de l'information ;
- une fréquence différente : soit beaucoup plus basse, soit beaucoup plus haute.

### Types de bruit/parasites

Il existe deux types de signaux parasites :

- les signaux sinusoïdaux **parasites hautes-fréquences**
- les signaux sinusoïdaux **parasites basses-fréquences**

Le bruit produit par des signaux parasites hautes-fréquences crée des variations perturbant localement le signal.

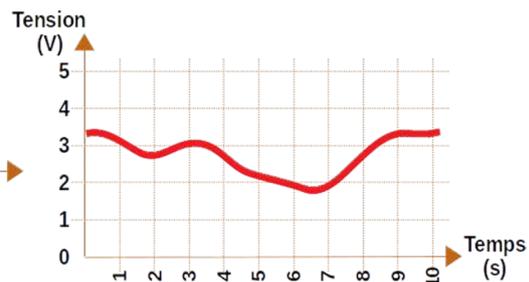


### EXEMPLES

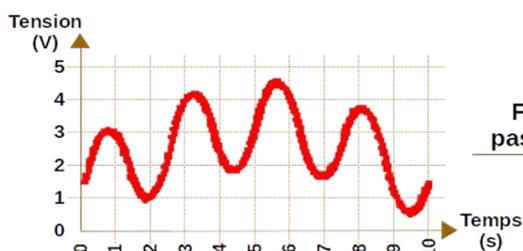
- Le signal analogique (ci-dessous) produit par une jauge de force, puis amplifié (à gauche), est fortement bruité par des signaux parasites hautes-fréquences, ce qui gêne son analyse. On va donc utiliser un filtre passe-bas pour retirer le bruit et obtenir un signal lissé (à droite).



Filtrage  
passe-bas



- Le signal analogique (ci-dessous) produit par un microphone (à gauche) est fortement bruité par des signaux parasites basses-fréquences, ce qui gêne son analyse. On va donc utiliser un filtre passe-haut pour retirer le bruit et obtenir un signal redressé (à droite).



Filtrage  
passe-haut

