



Des signaux périodiques produits par le corps humain

1 – Les phénomènes périodiques

1.1 - Identification

De nombreux phénomènes périodiques rythment notre quotidien : alternance des saisons, des jours et des nuits, tour du cadran par l'aiguille d'une horloge...

Un phénomène périodique est un phénomène qui se reproduit identique à lui-même au bout d'un même intervalle de temps. De nombreux phénomènes sont périodiques sur une durée donnée : votre emploi du temps est périodique sur l'année scolaire.

1.2 – Période d'un phénomène périodique

Un phénomène périodique est caractérisé par la durée au bout de laquelle il se répète.

La période, de symbole T , est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même. Son unité dans le S.I. est la seconde, de symbole s .

Exemple : la parution des journaux quotidiens se fait avec une période d'un jour, soit 86 400 s.

1.3 – Fréquence d'un phénomène périodique

En cardiologie, on caractérise habituellement le rythme cardiaque en nombre de battements par minute : c'est la fréquence cardiaque.

La fréquence, de symbole f , est le nombre de fois qu'un événement se reproduit à l'identique en une seconde. Son unité S.I. est le hertz, de symbole Hz.

Exemple : quelle est la fréquence du rythme cardiaque d'un adolescent au repos, à 72 battements par minute ?

Réponse : 1,2 Hz.

Par définition, la fréquence est le nombre de périodes par seconde : il s'agit donc mathématiquement de l'inverse de la période.

$$f = \frac{1}{T}$$

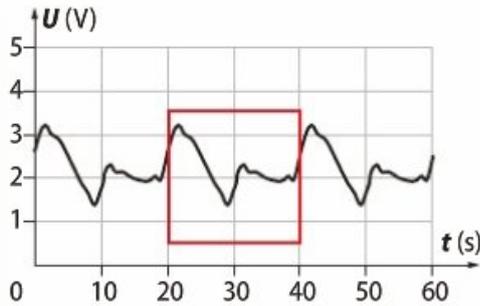
Exemple : au cinéma, on fait défiler 24 images par secondes. Quelle est la fréquence du défilement des images ? Sa période ?

Remarque : La légende raconte que Galilée (1564 – 1642) aurait commencé ses études sur le mouvement périodique d'un pendule en observant le mouvement d'un lustre dans la cathédrale de Pise, sa ville natale. N'ayant pas d'instrument de mesure du temps, il aurait utilisé son pouls pour déterminer la période des oscillations du lustre.

2 – Les signaux périodiques

2.1 – Visualisation d'un signal périodique

On peut faire l'acquisition d'un phénomène périodique par l'intermédiaire de capteurs : on obtient alors un signal périodique. Par exemple, à l'aide d'un oscilloscope, on peut visualiser l'évolution en fonction du temps d'une tension électrique, qui reflète le phénomène détecté par le capteur.

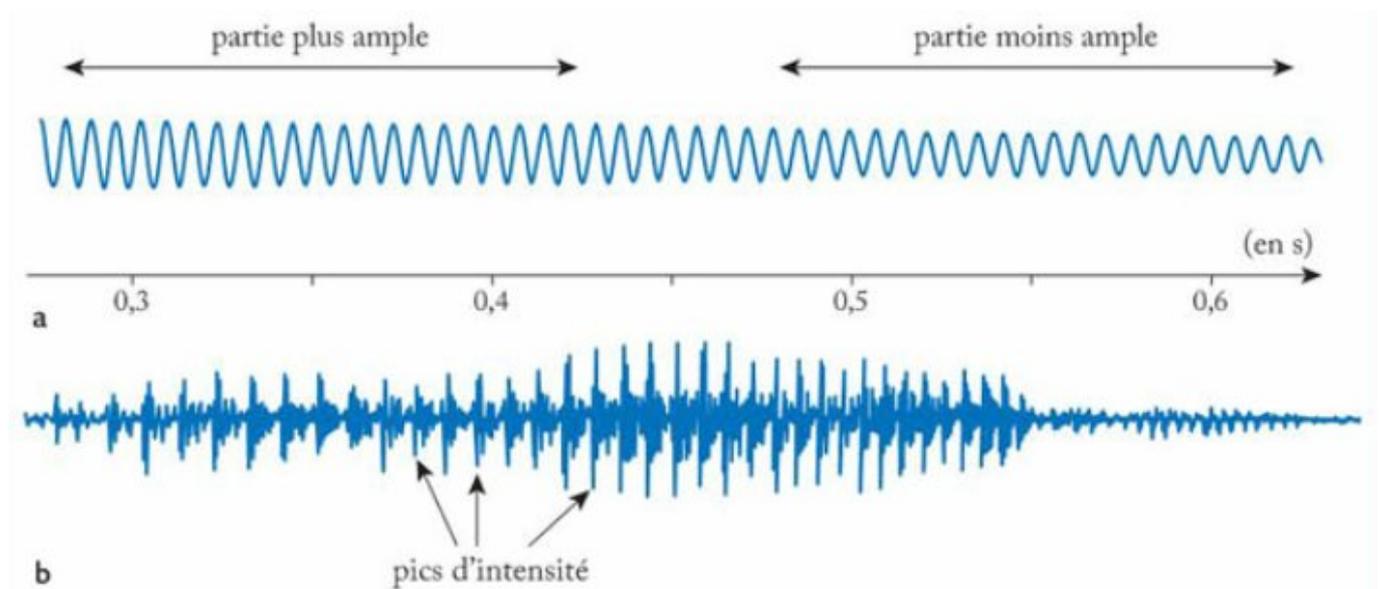


Quelle est la période de ce signal ?

On ne peut conclure sur la périodicité du signal que sur la durée de l'enregistrement.

De nombreux signaux sont presque périodiques : c'est le cas d'un son sifflé (fig. a), où la périodicité n'est pas exacte car le signal est plus ample à certains moments.

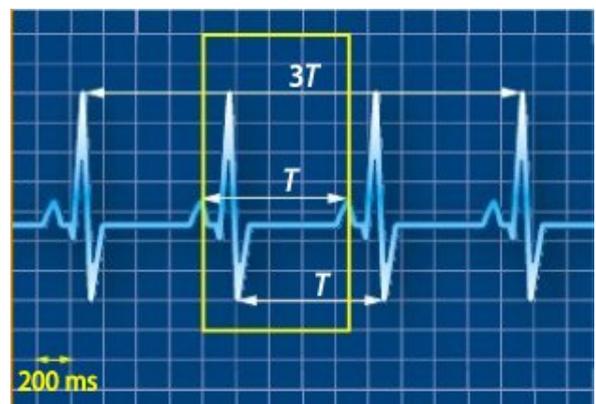
Pour d'autres signaux, seules certaines caractéristiques sont périodiques : c'est le cas d'une voix parlée (fig. b), où des pics d'intensité reviennent à intervalles de temps réguliers.



2.2 – Période et fréquence

Comme tous les phénomènes périodiques, les signaux périodiques sont caractérisés par leur période et leur fréquence. Pour être exploitable, l'enregistrement du signal doit contenir une échelle de temps.

Exemple : lecture d'un électrocardiogramme

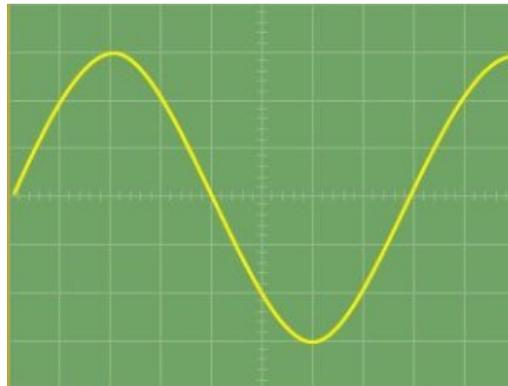


$$3 T = 2,60 \text{ s} \text{ dont } T = 0,867 \text{ s et } f = 1/T = 1,15 \text{ Hz.}$$



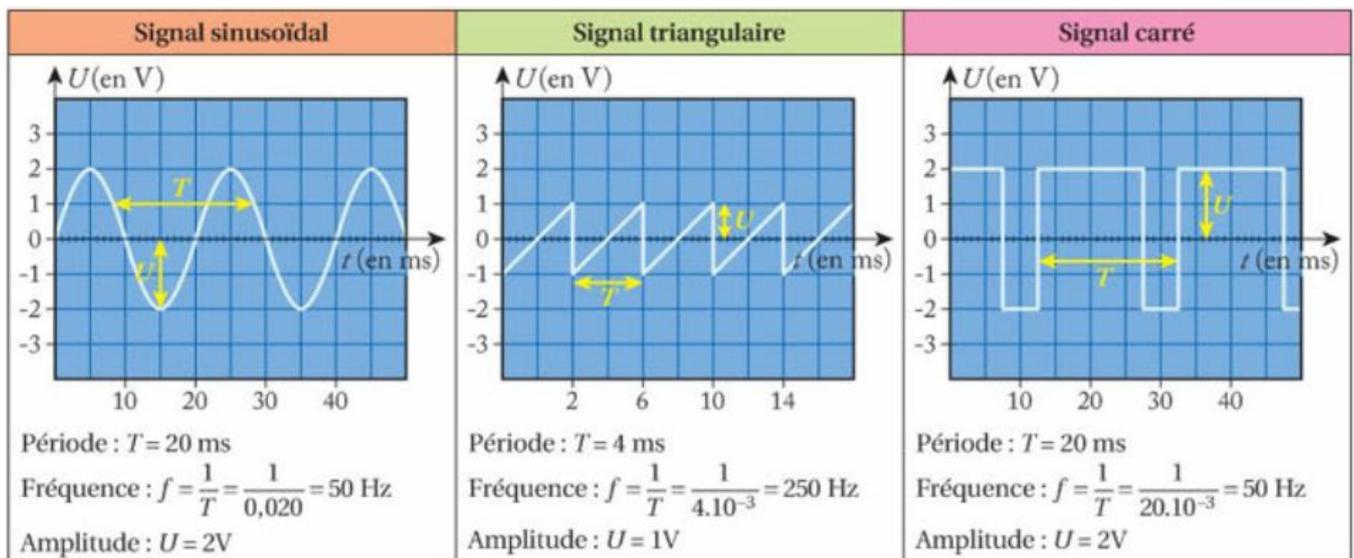
2.3 – Tensions maximale et tension minimale

Deux signaux périodiques de même période (donc de même fréquence) ne sont pas nécessairement identiques : il faut également tenir compte de l'amplitude du signal. Une tension électrique périodique se caractérise ainsi par ses valeurs maximale U_{\max} et minimale U_{\min} . L'amplitude correspond à U_{\max} et non à la tension crête-à-crête ($U_{\max} - U_{\min}$).



sensibilité verticale : $0,5 \text{ V}\cdot\text{div}^{-1}$

Des signaux classiques



2.4 – Application au diagnostic médical

Le fonctionnement du corps humain est rythmé par des phénomènes périodiques, comme les battements du cœur, des paupières, ou encore la respiration.

L'étude des signaux périodiques peut permettre l'établissement d'un diagnostic médical.

- L'étude des signaux électriques du cœur lors d'une électrocardiographie (ECG) permet de déceler des troubles du rythme cardiaque, comme la tachycardie (accélération du rythme cardiaque), la bradycardie (ralentissement du rythme cardiaque) ou la fibrillation (désorganisation du rythme cardiaque).
- L'étude des signaux électriques du cerveau lors d'une électroencéphalographie (EEG) permet de localiser des zones du cerveau à l'origine de certains dysfonctionnements du système nerveux, comme l'épilepsie.



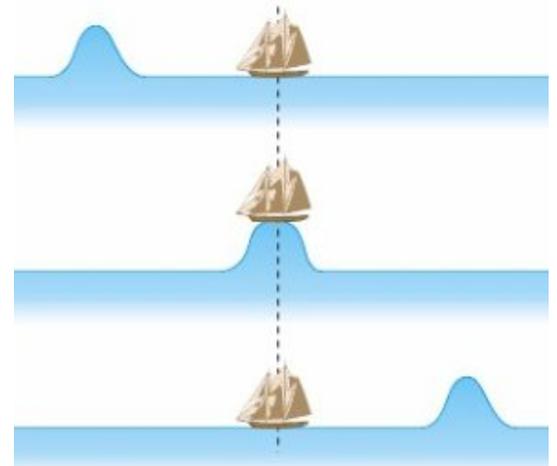
3 – Ondes sonores, ondes électromagnétiques

Les ondes radio, la lumière et les sons sont des phénomènes périodiques de nature ondulatoire.

3.1 – Qu'est-ce qu'une onde ?

Dans une ola de supporters, on observe une perturbation qui se déplace de proche en proche dans le stade, mais les supporters restent à leur place : il n'y a pas transport de matière.

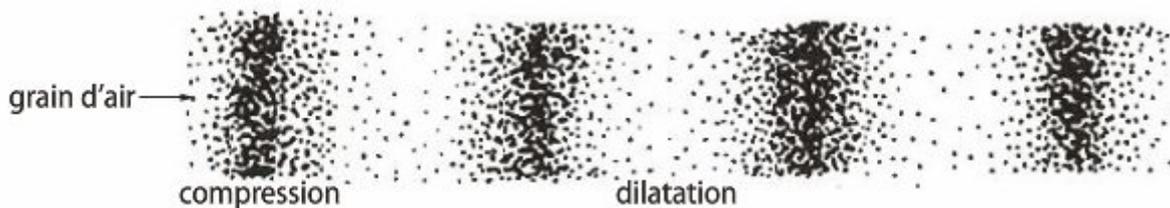
Au passage d'une vague (propagation horizontale), le bateau monte puis revient à sa position initiale.



Une onde est la propagation d'une perturbation dans transport de matière.

3.2 – L'onde sonore

La vibration d'un haut-parleur engendre une suite de compressions et de dilatations (resp. diminution et augmentation de volume sans variation de la quantité de matière) des couches d'air qui se propage jusqu'à faire vibrer le tympan de l'oreille, ce que le cerveau interprètera comme un son.



Une onde sonore est un phénomène périodique qui se propage par une suite de compressions et de dilatations du milieu de propagation. Elle nécessite un support matériel et ne se propage donc pas dans le vide.

3.3 – L'onde électromagnétique

Une onde électromagnétique est un signal périodique qui, suivant sa fréquence, peut être une onde radio, de la lumière, des rayons X, etc. Elle peut se propager sans support matériel, donc dans le vide.

Par exemple, la transmission des émissions de radio, de télévision et des communications par téléphonie mobile se fait par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques périodiques de fréquences déterminées et propres à chaque type de transmission.

La question de la nature de la lumière a longtemps passionné les physiciens. Certains, comme Isaac Newton (1643 – 1727), la considéraient comme un transport de particules (vision corpusculaire) ; d'autres, comme Christiaan Huygens (1629 – 1695), la considéraient comme une onde (vision ondulatoire). De nombreuses expériences ont permis d'aboutir à la conclusion suivante : la lumière est à la fois onde et corpuscule ! On parle de *dualité onde-corpuscule*.



En lien avec la musique...

En musique, les tempi (pluriel de tempo) donnent la fréquence des temps. Ils sont généralement exprimés entre 40 et 148 pulsations par minute. Ils sont donnés par le métronome, dispositif inventé en 1812 par l'horloger D. N. Winkel, à Amsterdam. La *Symphonie fantastique*, d'Hector Berlioz, composée en 1830, fut la première grande œuvre composée en France à porter une indication métronomique ; inutile de les chercher sur les partitions de Mozart, où le tempo était simplement décrit par adjectif (comme *Largo*, ici)...

La fréquence d'un son traduit sa hauteur

Notre oreille est sensible au son ; elle est naturellement capable de distinguer les sons différents : par exemple, un la (fréquence 440 Hz) d'un si bémol (fréquence 466 Hz). Afin que la musique d'ensemble sonne juste, il est donc essentiel que les instrumentistes produisent, pour une note donnée, des sons ayant une même fréquence : ils doivent accorder leur instrument. Suivant les époques et suivant les lieux, les musiciens n'ont pas adopté la même fréquence pour leur la.

année	fréquence (en Hz)	lieu
1511	377	Heidelberg
1543	481	Hambourg
1751	423	Londres (diapason Haendel)
1780	422	Vienne (diapason Mozart)
1810	432	Paris
1939	440	Diapason international
1953	440	Conférence de Londres
2000	442	Diapason symphonique

A ces époques, les mesures « scientifiques » de la fréquence des instruments n'existaient pas. Les informations du tableau ci-dessus ont été déduites de l'analyse du son produit par des orgues d'époque toujours en service (d'ailleurs, pourquoi choisir cet instrument ??).

Actuellement, pour déterminer la fréquence d'un son, une technique simple consiste à le capter avec un micro branché sur un oscilloscope. Sur les oscillogrammes obtenus, l'accès à la période se fait sur l'axe des abscisses. Ci-dessous, un violon (a), une flûte (b) et une trompette (c)

