

Les capteurs



Un **capteur** est un élément qui transforme l'état d'une grandeur physique en une grandeur exploitable.

C'est le premier élément d'une chaîne de mesurage

Mesurande = grandeur physique que l'on veut mesurer.

1-La mesure

La mesure est l'attribution d'une valeur numérique à une grandeur physique.

Grandeur physique

Propriété d'un phénomène ou d'un corps que l'on peut quantifier.

Mesurer une grandeur

c'est la comparer à une autre grandeur de même espèce choisie comme unité de mesure.

Unité de mesure

C'est une grandeur particulière choisie comme grandeur de référence.

Les grandeurs physiques de base.

Grandeur	Unité de base	Symbole de l'unité	Symbole de la dimension
Longueur	<u>mètre</u>	m	L
Masse	<u>kilogramme</u>	kg	M
Temps	<u>seconde</u>	s	T
Intensité électrique	<u>ampère</u>	A	I
Température	<u>kelvin</u>	K	Θ
Quantité de matière	<u>mole</u>	mol	N
Intensité lumineuse	<u>candela</u>	cd	J

Par le Système international d'unités (SI)
On distingue les unités de base et les unités dérivées.

20 mai 2019

Définition des étalons



Kilogramme	Le kilogramme est l'unité de masse ; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme.
Seconde	La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.
Mètre	Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde.
Kelvin	Le kelvin est la fraction $1/273,15$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau (<u>équilibre</u> de l'eau sous les trois phases)
Mole	La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kg de carbone 12.
Ampère	L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à 2×10^{-7} newton par mètre de longueur.
Candela	La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12}$ Hz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est $1/683$ W par stéradian.

20 mai 2019: nouveau système d'unités à partir de constantes universelles afin de rendre le système d'unités le plus invariable et le plus universel possible.

Notre SI compte sept unités de base ==> définir sept constantes:

- La fréquence de transition entre deux niveaux de l'état fondamental de l'atome de césium 133 (notée $\Delta\nu_{\text{Cs}}$)
- La vitesse de la lumière dans le vide (notée c)
- La constante de Planck (notée h) introduite par la mécanique quantique.
- La charge élémentaire (notée e) de l'électromagnétisme.
- La constante de Boltzmann (notée k) introduite en thermodynamique.
- La constante d'Avogadro (notée N_A) particulièrement utilisée en chimie.
- Le rendement lumineux (noté K_{cd}) utilisé en photométrie.

Constante	Symbole	Valeur numérique exacte	Définition de l'unité du SI
Fréquence de transition entre les deux niveaux de l'atome de césium	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770 Hz (avec $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$)	La seconde (s) est définie en fixant la valeur de $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ exprimée en s^{-1}
Vitesse de la lumière dans le vide	c	299 792 458 m/s	A partir de la seconde, le mètre (m) est défini en fixant la valeur de c exprimée en m s^{-1}
Constante de Planck	h	$6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J s}$ (avec $\text{J} = \text{m}^2 \text{ kg s}^{-2}$)	A partir de la seconde et du mètre, le kilogramme (kg) est défini en fixant la valeur de h exprimée en $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}$
Charge élémentaire	e	$1,602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$ (avec $\text{C} = \text{A s}$)	A partir de la seconde, l'ampère (A) est défini en fixant la valeur de e exprimée en A s
Constante de Boltzmann	k	$1,380\,649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ (avec $\text{J} = \text{m}^2 \text{ kg s}^{-2}$)	A partir de la seconde, du mètre et du kilogramme, le kelvin (K) est défini en fixant la valeur de k exprimée en $\text{K}^{-1} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
Constante d'Avogadro	N_{A}	$6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	La mole (mol) est définie en fixant la valeur de N_{A} exprimée en mol^{-1}
Rendement lumineux d'une radiation monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$	K_{cd}	683 lm/W (avec $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{ m}^{-2} = \text{cd sr}$ et $\text{W} = \text{m}^2 \text{ kg s}^{-3}$)	A partir de la seconde, du mètre et du kilogramme, la candela (Cd) est définie en fixant la valeur de K_{cd} exprimée en $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$

Grandeurs dérivées

GRANDEUR	UNITE		
	NOM	SYMBOLE	Expression
fréquence	hertz	Hz	1 s^{-1}
force	newton	N	1 kg.m/s^2
pression	pascal	Pa	1 N/m^2
énergie, travail, quantité de chaleur	joule	J	1 N.m
puissance, flux énergétique	watt	W	1 J/s
charge électrique, quantité d'électricité	coulomb	C	1 A.s
potentiel électrique, différence de potentiel, tension, force électromotrice	volt	V	1 W/A
capacité électrique	farad	F	1 C/V
résistance électrique	ohm	Ω	1 V/A
conductance électrique	siemens	S	$1 \text{ } \Omega^{-1}$
flux d'induction magnétique	weber	Wb	1 V.s
induction magnétique	tesla	T	1 Wb/m^2
inductance	henry	H	1 Wb/A
température Celsius	degré Celsius	$^{\circ}\text{C}$	1 K
flux lumineux	lumen	lm	1 cd/sr
éclairement	lux	lx	1 lm/m^2

2-Dimension d'une grandeur dérivée

La dimension exprime la relation existant entre une grandeur dérivée et les grandeurs de base dont elle dépend

$$\dim G = [G] = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\varepsilon} N^{\mu} J^{\nu}$$

NB.

- Si $G = 1$, la grandeur est dite sans dimension mais elles peuvent avoir une unité: les angles (rapport de deux longueurs).
- Les dimensions des grandeurs sont indépendantes du système d'unité choisi.
- Pour vérifier des formules ou prédire le résultat d'une opération.

Equations aux dimensions

Les équations doivent toujours être homogènes c'est-à-dire que chaque membre d'une équation doit avoir la même dimension physique.

Exemples :

a. l'équation aux dimensions de la force $F = MLT^{-2}$

puisque $F = m.a$ et l'unité SI est le $kg.m/s^2$ ou Newton

b. pour l'énergie, l'équation aux dimensions $W = M.L^2T^{-2}$

puisque $W = 0.5.m.v^2$ et l'unité SI $kg.m^2/s^2$ ou Joule

Exercice : La formule $E = mc^2$ est-elle homogène ?

Exercice : Analyse dimensionnelle des grandeurs dérivées suivantes

- La résistance électrique
- La fréquence
- La vitesse
- La force
- La pression
- Le débit volumique
- La charge électrique
- L'énergie

Systeme SI

Préfixes	Symbole	Puissance de 10 de l'unité
éxa	E	10^{18}
péta	P	10^{15}
téra	T	10^{12}
giga	G	10^9
méga	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2
deca	da	10^1
		$10^0 = 1$
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Accueil

La Société

Nos Marques

- Produits

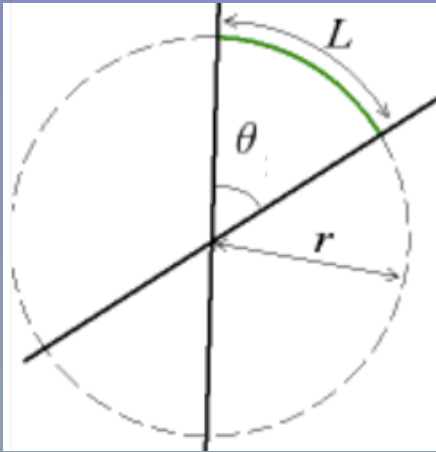
- Instrumentation
 - + Pression
 - + Débit
 - + Température
 - + Configurateurs
- [Electrochimie](#)
 - Foxboro
 - + [Analyseurs](#)
 - + [Sondes](#)
 - + Positionneurs
 - + Niveau-Densité-Interface
 - + Enregistreur/Régulateur
 - + Pneumatique
 - + Automatismes SNCC
- Catalogue
- + **Services**

[Analyseurs](#)

Radian et Stéradian

Le radian est l'unité qui mesure les angles plans.

Le stéradian est l'unité qui mesure les angles solides

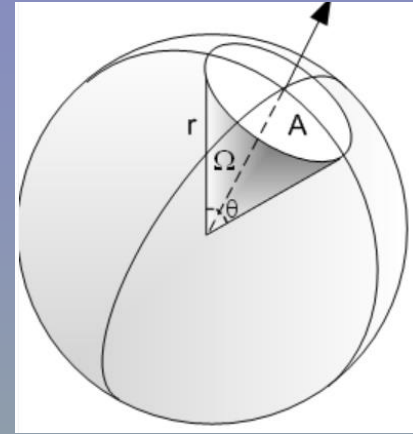


$$\theta = \frac{L}{R}$$

θ : angle exprimé en radian [rad]

L : longueur de la section du cercle [m]

R : rayon du cercle [m]



$$\Omega = \frac{A}{R^2}$$

Ω : angle solide en stéradian [sr]

A : surface de la section de sphère [m²]

R : rayon de la sphère au carré [m]

Le Kelvin

L'échelle des températures Celsius est, par définition, la température absolue décalée en origine de 273,15 K :

$$T_K = T_C + 273,15$$

On en déduit que :

- Le zéro absolu est situé à $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Les températures en kelvins ne sont jamais négatives.
- Les intervalles de l'échelle du degré Celsius sont identiques à ceux du Kelvin.

Exercice : $20^{\circ}\text{C} = ?\text{ K}$

Transmetteur de Température RTT15

Généralité

Spécifications

Documentation



Foxboro
by **Schneider Electric**

Le transmetteur de température Foxboro RTT15 offre des mesures de température hautement fiables, stable et précise.

Ce transmetteur est entièrement configurable par l'utilisateur et est disponible avec un choix de protocole de communication 4-20mA/HART, Foundation Fieldbus ou Profibus.

Il reçoit les signaux d'entrée des thermocouples, RTD ou sources ohm ou millivolt. Il est disponible sous forme de module de base ou dans diverses configurations de boîtier.

L'électronique à microprocesseur réduit les effets de la température ambiante et procure haute précision, répétabilité et linéarisation du signal de sonde. Grâce à leur facilité de montage et

La pression

$$P = \frac{F}{S}$$

Où P : pression en Pascal, [Pa]

F : force en Newton sur S [N]

S : surface [m²]



On a 1 bar = 10⁵ Pa

1 atm = 1,013 bar

= la pression atmosphérique au niveau la mer ~

Eau de ville: 2 à 5 bar; pneus voiture : 1,5 à 2,5 bar

Exercice : 1 mb = ? kPa = ? hPa

Version standard



Diamètre : 40, 50, 63, 80, 100, 160 mm
Echelle de mesure : 0 ... 0,6 à 0 ... 400 bar
(max. 40 bar avec 160 mm)
Classe de précision : 2,5

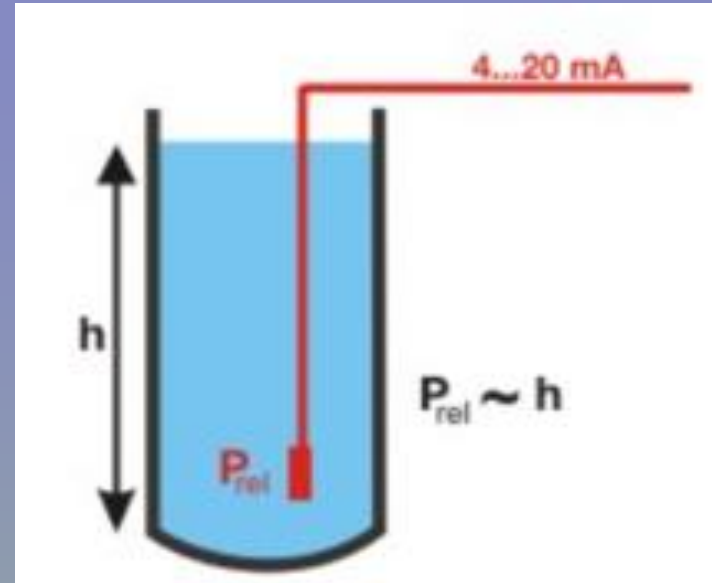
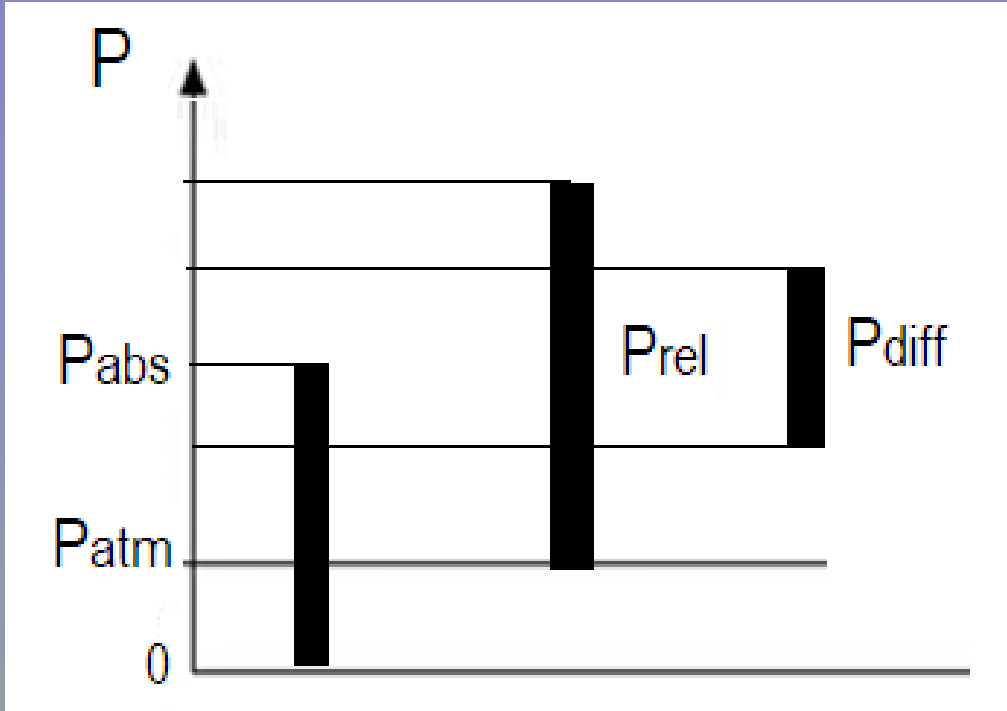


Part of your business

Caractéristiques possibles

- Etendues de pression allant de 0 ... 0,5 mbar à 0 ... 7.000 bar
- Disponibles pour pression relative:
 - avec résistance renforcée à la corrosion
 - à membrane pour surpression admissible élevée
 - à capsule pour les très basses pressions
- Disponibles pour pression différentielle
- Disponibles pour pression absolue

Les pressions



La pression absolue (P_{abs}) est la pression mesurée en référence à une pression nulle (vide absolu).

La pression manométrique ou relative (Pressure Gauge) donne la différence entre la pression d'un fluide et la pression atmosphérique (P_{atm}).

$$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm}$$



Pression hydrostatique

L'hydrostatique est l'étude des fluides immobiles

Théorème

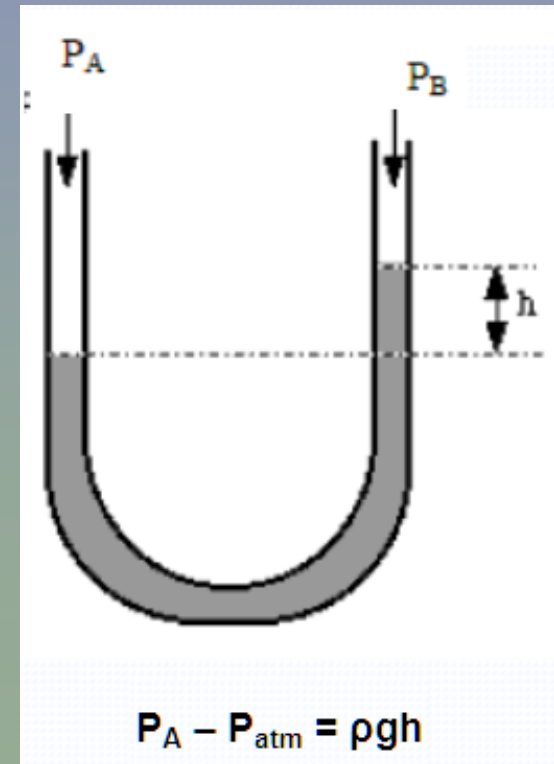
Dans un liquide en équilibre de masse volumique uniforme, la différence de pression entre deux points 1 et 2, situés respectivement à une profondeur h_1 et h_2 est donnée par :

$$P_2 - P_1 = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

où ρ : masse volumique du liquide (kg/m^3)

g : accélération de la pesanteur (m/s^2)

Δh : $h_2 - h_1$ (m) et P : pression [Pa]



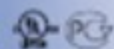
Instruments de mesure de pression électronique

Généralité

Spécifications

Documentation

Pour besoins courants



Non-linéarité (\pm % de l'échelle) : $\leq 0,25$ ou $\leq 0,5$ BFSL

Etendue de mesure : ■ 0 ... 1 à 0 ... 600 bar relatif

■ 0 ... 1 à 0 ... 25 bar absolu

■ -1 ... 0 à -1 ... +24 bar

Particularité : ■ Exécution compacte

WIKAI[®]

Part of your business

WIKA offre une gamme complète d'instruments de mesure de pression électronique : capteurs de pression, pressostats, transmetteurs de pression et transmetteurs de process pour la mesure de pression relative, absolue et différentielle. Ces instruments sont disponibles avec des étendues de mesure de 0 ... 0.6 mbar à 0 ... 15.000 bar. Ils sont fournis avec des signaux de sortie standardisés en courant ou en tension (également en sécurité intrinsèque ou antidéflagrants selon ATEX) ou encore avec des interfaces et protocoles pour différents bus de terrain. Qu'il s'agisse de capteurs

Débit volumique

C'est la grandeur physique qui caractérise le volume d'un fluide qui traverse une surface donnée par unité de temps.

$$Q_v = \frac{V}{t} = u \cdot S$$

Q: débit en mètre cube par seconde (m³/s)

C'est aussi le produit de la vitesse du fluide u par sa section S de passage.(écoulement uniforme)

Masse volumique d'une substance

C'est une grandeur physique qui caractérise la masse d'une substance par unité de volume.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Où ρ : *masse volumique* [m^3/kg]

m est la masse de la substance homogène [kg]

V : volume occupé. [m^3]

La masse volumique est l'inverse du volume massique.

Débitmètres Vortex Intelligent Série 84

Généralité

Spécifications

Documentation



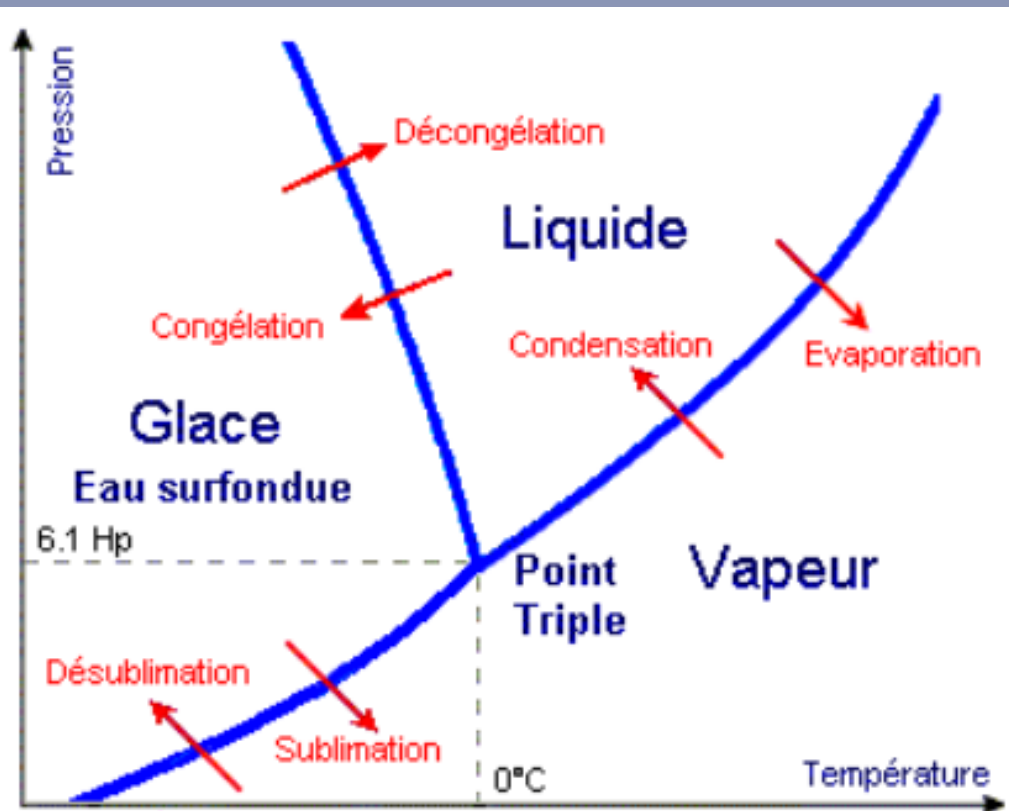
Foxboro.
by **Schneider Electric**

Les modèles 84F et 84W Foxboro font partie d'une famille de débitmètres intelligents à effet de vortex, haute performance, fileté, à bride et à entre bride. Ils transmettent un signal de sortie à impulsions 4 à 20 mA ou numérique, selon le cas, à l'aide du protocole de communication HART pour configuration, étalonnage et régulation à distance. Un indicateur ACL intégré à boutons poussoirs est également disponible pour la configuration locale.

Diagramme de phase

Ce diagramme permet de représenter les changements d'état d'un système en fonction de variables : température, pression, volume.

Exemple cas de l'eau



Point triple eau

(611 Pa ; 0°C) ou
ou (6,11 mbar; 273,2 K)

Enregistreur 6100A, 6180A

Généralité

Spécifications

Documentation



Eurotherm.
by **Schneider Electric**

La série 6000 offre une précision d'entrée inégalée avec une fréquence d'échantillonnage de 125 msec et une capacité allant jusqu'à 48 voies d'entrées. Chaque voie d'entrée est entièrement configurable pour répondre aux caractéristiques du process. Ces modèles ont une interface tactile et intuitive qui permet à l'opérateur de visualiser les données dans différents formats. Tous sont équipés de mémoire Flash interne, de communication Ethernet et disposent d'un choix de lecteurs amovibles tels que les cartes SD ou 'Compact Flash'. Les données sont stockées dans un format binaire et inviolable pour produire des fichiers d'enregistrement à long terme et sécurisés. La série 6000 satisfait pleinement aux exigences des réseaux mondiaux d'aujourd'hui et communique via les réseaux locaux, les modems, l'Intranet ou Internet...

Les ondes

Une onde est une vibration qui se propage sans transport de matière.

Les vitesses de propagation (on parle de célérité de l'onde) d'une onde dépendent du milieu matériel de propagation et du type de l'onde.

Une onde peut être absorbée, réfractée et/ou réfléchie.

La distance d parcourue par une onde est $d = v \cdot t$

La longueur d'onde λ est la distance parcourue pendant une période T

$$\lambda = v \cdot T \text{ ou } \lambda = \frac{v}{f}$$

Exercice : Quelle est la fréquence en kHz correspondant à une longueur d'onde de 2000 m ? (rép. 150kHz)

On distingue

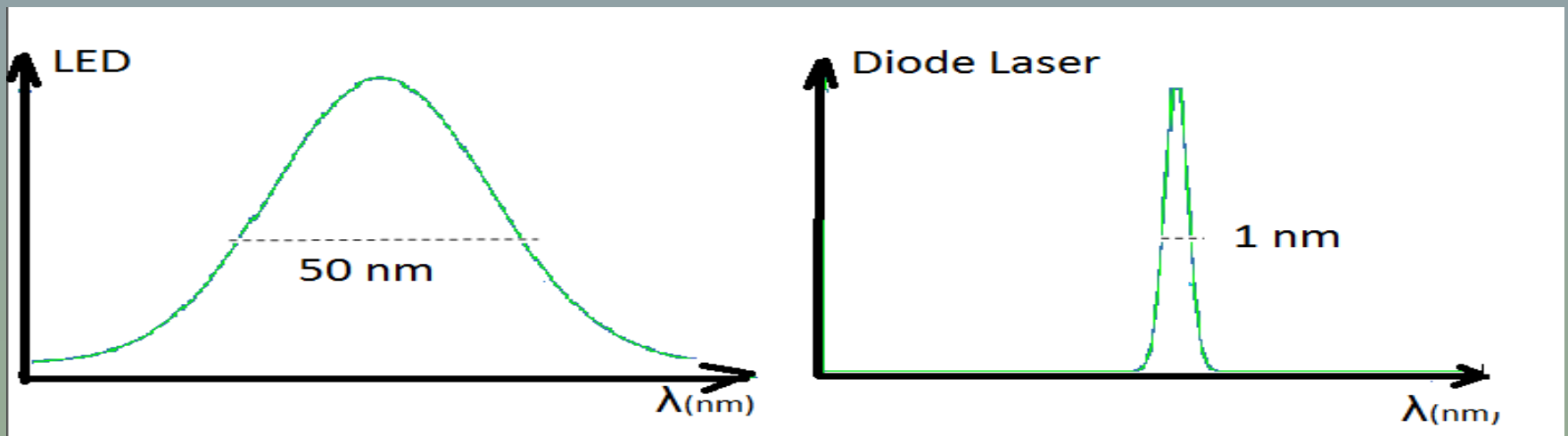
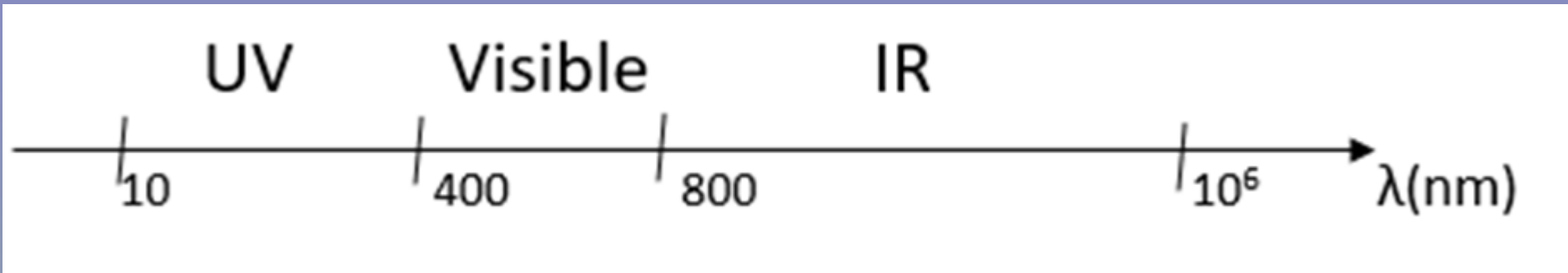
Les ondes mécaniques se propagent à travers une matière physique dont la substance se déforme. ..Cas des ondes sonores.

Les ondes électromagnétiques ne nécessitent pas de support physique: oscillations périodiques de champs électriques et magnétiques générés à l'origine par des particules chargées.

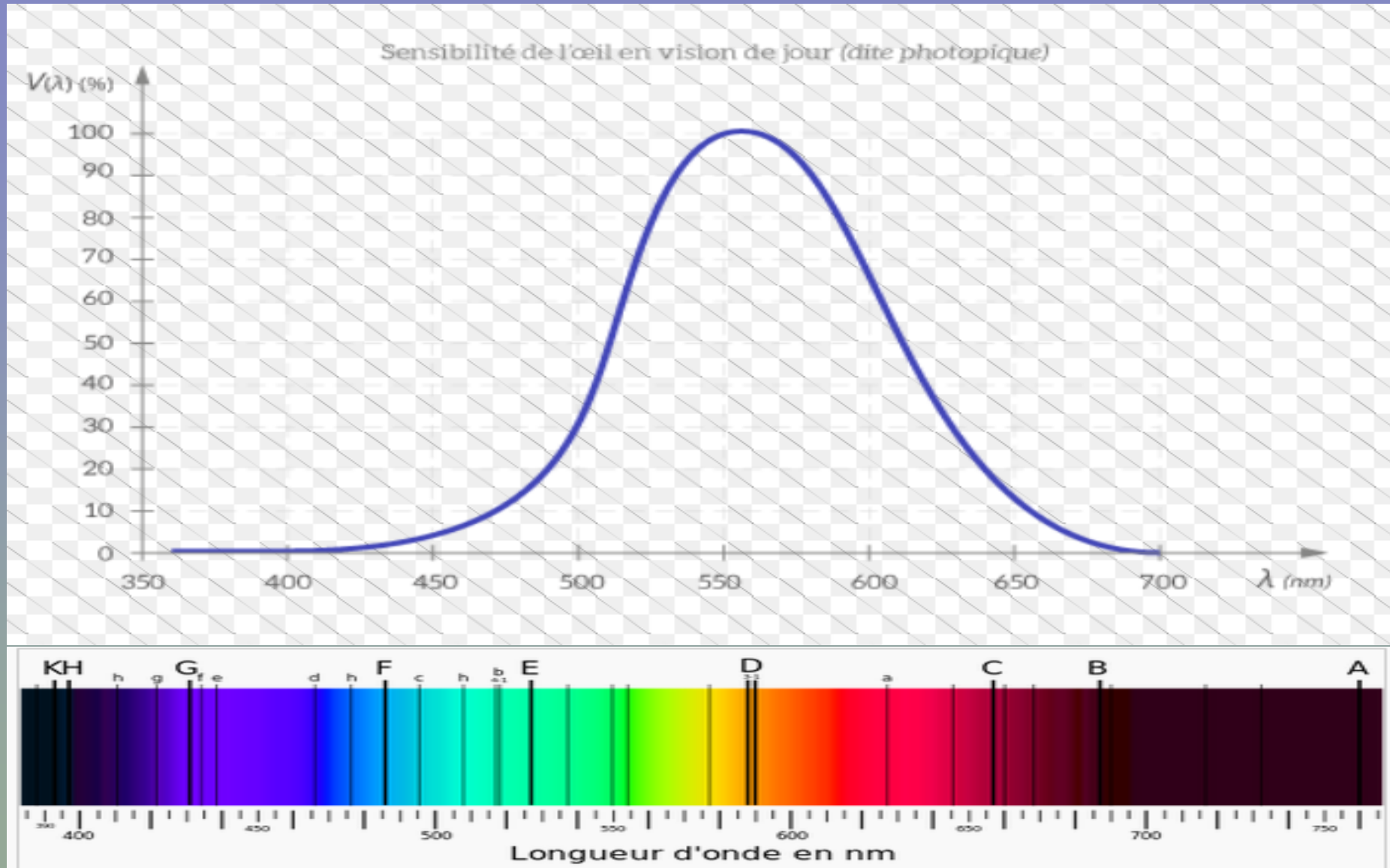
Classification des ondes électromagnétiques

Longueur d'onde (dans le vide)	Domaine	Fréquence
supérieure à 30 cm	radio	inférieure à 1 GHz
de 30 cm à 3 mm	micro-onde (Wi-Fi, téléphones portables, radar, etc.)	de 1 GHz à 100 GHz
de 3 mm à 700 nm	infrarouge	de 100 GHz à 430 THz
de 700 nm à 400 nm	lumière visible	de 430 THz à 750 THz
de 400 nm à 10 nm	ultraviolet	de 750 THz à 30 PHz
de 10 nm à 10 pm	rayon X	de 30 PHz à 30 EHz
inférieure à 10 pm	rayon γ	supérieure à 30 EHz

Optoelectronic



La lumière



La lumière est l'ensemble des ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain.

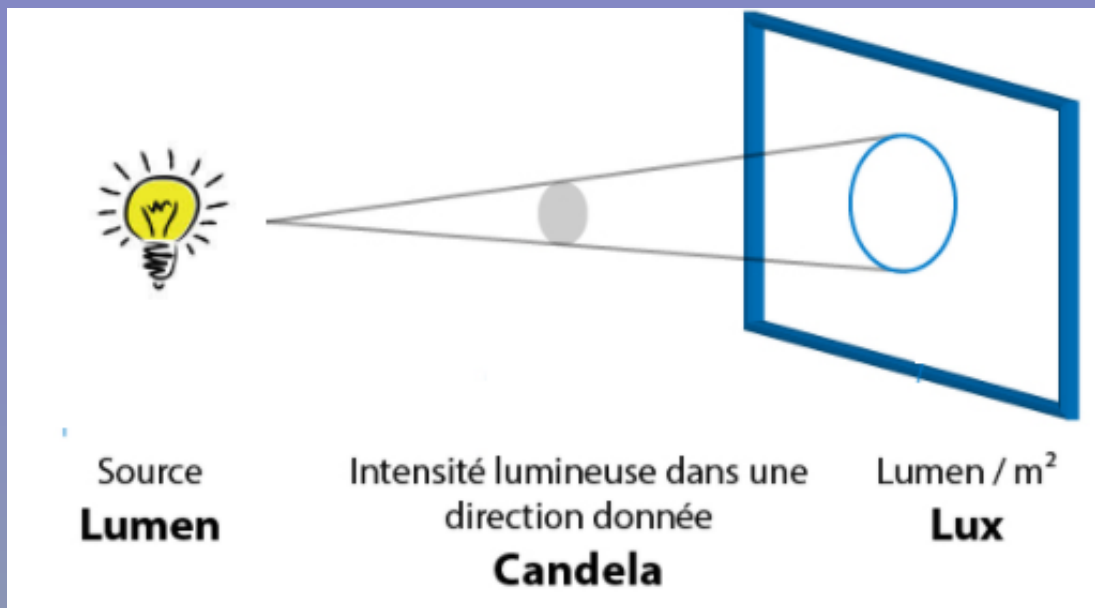
Le lumen

Lumen (lm): unité du flux lumineux

Il indique la quantité totale de lumière émise par seconde.

Type de lampe	200-300 Lumen	300-500 Lumen	500-700 Lumen
Ampoules à incandescence	25-30 Watt	40 Watt	60 Watt
Ampoules Halogènes	18-25 Watt	35 Watt	50 Watt
Ampoules CFL	5-6 Watt	8 Watt	11 Watt
Ampoules LED	2-4 Watt	3-5 Watt	5-7 Watt

C'est une unité de puissance comme le Watt



Lumen (lm): unité du flux lumineux

Il indique la quantité totale de lumière émise par seconde.

Candela (cd): unité d'intensité lumineuse(

(1 candela=1 lumen/stéradian)

1 candela = luminosité d'une bougie.

Lux (lx): unité d'éclairement (1 lux = 1 lumen / m²)

La quantité de lumière qui est présente sur un mètre carré.

Les ondes sonores



L'onde sonore est une variation de la pression de l'air.

La propagation des ondes sonores nécessite un support matériel. C'est une onde mécanique.

Vitesse de propagation d'une onde sonore

$v \approx 340 \text{ m/s}$ dans l'air ; $v = 1500 \text{ m/s}$ dans l'eau ;
 $v = 5000 \text{ m/s}$ dans l'acier