

*February 23, 2020*

# Condensé de la terminale Physique

Ewen Le Bihan  
TS3

## Notations non vues en cours

$:=$	Égal par définition
$\lceil x \rceil$	Arrondir $x$ à l'entier supérieur. ( $\lceil 5.1 \rceil = 6$ )
1.5	Séparateur ,
$x \cdot y$	Multiplication $\times$
$a \propto b$	$a$ proportionnel à $b$
$a \stackrel{10}{=} b$	$a$ même ordre de grandeur que $b$

## Notations inventées

### Pyramides de formules

$$\begin{array}{c}
 A \\
 \wedge \\
 \text{---} \quad \text{---} \\
 B \swarrow \times \searrow C
 \end{array}
 \iff A = B \cdot C \quad B = A/C \quad C = A/B$$

$$\begin{array}{c}
 A \\
 \wedge \\
 \text{---} \quad \text{---} \\
 B \swarrow + \searrow C
 \end{array}
 \iff A = B + C \quad B = A - C \quad C = A - B$$

# Contents

<b>0</b>	<b>Outils</b>	<b>4</b>
0.1	La fonction log . . . . .	4
0.2	L'incertitude $a \pm b$ . . . . .	4
<b>1</b>	<b>Ondes</b>	<b>5</b>
1.1	Divers infos . . . . .	5
1.2	Définitions . . . . .	5
1.3	Les ondes sonores . . . . .	5
1.3.1	Unité de mesure: Le décibel dB . . . . .	5
1.4	Domaines d'ondes électromagnétique . . . . .	5
1.5	Propagation des ondes mécaniques . . . . .	5
1.6	Le retard $\tau$ . . . . .	6
1.7	Le son . . . . .	6
1.8	L'effet Doppler . . . . .	6
1.9	Dualité onde-particule . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Transferts d'énergie thermique &amp; mécanique</b>	<b>7</b>
2.1	Définitions . . . . .	7
2.2	Flux thermique $\Phi$ . . . . .	7
2.3	Résistance thermique $R_{th}$ . . . . .	7
2.4	Énergie interne $U$ . . . . .	7
2.5	Bilan énergétique . . . . .	8
2.5.1	Méthode . . . . .	8
2.5.2	Exemple . . . . .	8
2.6	Différentes énergies . . . . .	9
2.7	Lois des circuits en série & en dérivation . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Transferts d'énergie quantique</b>	<b>10</b>
3.1	Définitions . . . . .	10
3.2	Propriétés d'un laser . . . . .	10
3.3	Au niveau atomique . . . . .	10
3.3.1	Diagramme d'énergie . . . . .	10
3.3.2	Calcul de l'énergie d'un transfert . . . . .	11
3.3.3	Absorption . . . . .	11
3.3.4	Émission spontanée . . . . .	11
3.3.5	Émission stimulée . . . . .	11
3.4	Au niveau moléculaire . . . . .	11
3.5	Domaines spectraux des transitions . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Réaction acido-basiques</b>	<b>12</b>
4.1	Définitions . . . . .	12
4.2	Le potentiel hydrogène pH . . . . .	12
4.2.1	Contrôle du pH . . . . .	12
4.2.2	Papier pH . . . . .	12
4.2.3	pH-mètre . . . . .	12
4.2.4	Indicateur coloré . . . . .	12
4.2.5	Calcul . . . . .	12
4.3	Réactions acido-basique . . . . .	13
4.4	Réactions base forte ou acide fort . . . . .	13
4.5	Produit ionique de l'eau $K_e$ . . . . .	13
4.6	Constantes d'acidité $pK_a$ et $K_a$ . . . . .	13
4.7	Preuve de $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$ . . . . .	13
4.8	Loi de Kohlrausch: la conductivité $\sigma$ . . . . .	14
4.8.1	Pour un ion . . . . .	14
4.8.2	Pour une molécule . . . . .	14

4.8.3	Example: conductivité de $\text{HO}^-\text{Na}^+$	14
<b>5</b>	<b>Optique</b>	<b>15</b>
5.1	Diffraction	15
5.2	Interférences	15
<b>6</b>	<b>Signaux</b>	<b>16</b>
6.1	Types de signaux	16
6.2	Numérisation $A \rightarrow D$	16
6.3	Transmission	16
6.3.1	Débit binaire $D$	16
6.3.2	Atténuation	16
6.3.3	Types de câbles	16
<b>7</b>	<b>Stockage optique et d'images</b>	<b>17</b>
7.1	Stockage d'une image	17
7.2	Stockage optique	17
7.2.1	Stockage	17
7.2.2	Lecture	17
<b>8</b>	<b>Mécanique</b>	<b>18</b>
8.1	Vecteurs du mouvement	18
8.2	Principe d'inertie	18
8.3	Isolation d'un système	18
8.4	Principe fondamental de la dynamique	18
8.5	Application	19

## 0 Outils

### 0.1 La fonction $\log$

$$\log(10^x) = x \quad (\text{réciproque de } \log)$$

$$\log(a \cdot b) = \log(a) + \log(b)$$

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$$

$$\log(a^b) = b \cdot \log(a)$$

### 0.2 L'incertitude $a \pm b$

On prend la même unité de précision pour  $b$  que pour  $a$ :

$$\cancel{89,79 \pm 4,5 \mu\text{m}} \rightarrow 90 \pm 5 \mu\text{m}$$

# 1 Ondes

## 1.1 Divers infos

- Sur Terre, l'atmosphère *absorbe* certains rayons et il faut utiliser des satellites pour pouvoir les capter (qui sont en dehors de l'atmosphère)

## 1.2 Définitions

<b>Onde</b>	Phénomène de propagation d'une perturbation sans transport de matière
<b>Onde mécanique</b>	Onde qui se propage dans un milieu physique
<b>Onde électromagnétique</b>	Onde du spectre électromagnétique pouvant se propager dans le vide
<b>Spectre d'émission</b>	Spectre représentant des ondes électromagnétiques émises
<b>Spectre continu</b>	Spectre composé de plages de fréquences
<b>Spectre à raies</b>	Spectre composé de une ou plusieurs fréquences discrètes
<b>Onde transversale</b>	Propagation $\rightarrow$ & $\perp$ déformation
<b>Onde longitudinale</b>	Propagation $\rightarrow$
<b>Front d'onde</b>	Point "devant" la déformation
<b>Onde progressive</b>	Onde qui avance

## 1.3 Les ondes sonores

<b>Nature</b>	mécanique
<b>Propagation</b>	horizontale

### 1.3.1 Unité de mesure: Le décibel dB

$$L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

$$I = I_0 \cdot 10^{L/10}$$

$$2I = L + 3$$

$I_0$	$[1 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}]$ Seuil d'audibilité moyen des humains à 1 kHz
$L$	[dB] Niveau d'intensité sonore
$I$	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$ Intensité sonore

## 1.4 Domaines d'ondes électromagnétique

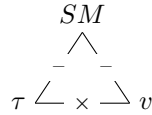
Domaine	$\gamma$	X	UV	Visible	IR	$\mu$ -ondes	Radio
$\lambda <$	$10^{-11}$	$10^{-8}$	$600 \cdot 10^{-6}$	$800 \cdot 10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-1}$	$+\infty$
Ex. émetteur		Radios médicales	Soleil		Télécommandes		

## 1.5 Propagation des ondes mécaniques

**Trajectoire** toutes les directions qui sont offertes

**Vitesse de propagation**  $\propto$  densité du milieu

## 1.6 Le retard $\tau$



$SM$	m	Distance source (S)-point étudié (M)
$v$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Célérité
$\tau$	s	Retard de l'onde

## 1.7 Le son

**Type d'onde** Mécanique

**Hauteur** Dépend de la fréquence fondamentale. Caractère grave ( $f$  faible) / aigu ( $f$  élevé)

**Timbre** Dépend de la forme du signal (amplitude, nombre et positions des fréquences harmoniques)

**Analyse de Fourier** Représentation de l'amplitude de chaque fréquence du signal

**Domaine audible** 20 – 20 000 Hz

## 1.8 L'effet Doppler

$$f_r = f_e \frac{v_r}{v_r \pm v_e}$$

$f_r$	Hz	Fréquence à la réception
$f_e$	Hz	Fréquence à l'émission
$v_e$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Vitesse de l'émetteur par rapport au récepteur
$v_r$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Vitesse de l'onde dans le milieu
$\pm$	<i>opérateur</i>	+ quand l'émetteur s'éloigne, – quand il se rapproche

## 1.9 Dualité onde-particule

Chaque objet dans l'univers est à la fois corpusculaire (particule) et une longueur d'onde.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

$\lambda$	m	Longueur d'onde
$h$	$6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$	Constance de Planck
$p$	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Quantité de mouvement
$m$	kg	Masse
$v$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Vitesse

## 2 Transferts d'énergie thermique & mécanique

Fil 1 › Séq 3 › Part. A

### 2.1 Définitions

<b>Convection</b>	Transfert thermique entre fluides
<b>Conduction</b>	Transfert thermique par contact physique
<b>Rayonnement</b>	Transfert thermique par émission d'ondes électromagnétiques
<b>Conducteur</b>	Matériau favorisant les transferts par conduction
<b>Isolant</b>	Matériau limitant les transferts par conduction

### 2.2 Flux thermique $\Phi$

$$\begin{array}{c} Q \\ \wedge \\ \text{---} \quad \text{---} \\ \swarrow \times \searrow \\ \Phi \quad t \end{array}$$

$\Phi$	W	Flux
$Q$	J	Transfert thermique
$t$	s	Durée du transfert

### 2.3 Résistance thermique $R_{th}$

$$\begin{array}{c} \Delta T \\ \wedge \\ \text{---} \quad \text{---} \\ \swarrow \times \searrow \\ R_{th} \quad \Phi \end{array} \quad \begin{array}{c} e \\ \wedge \\ \text{---} \quad \text{---} \\ \swarrow \times \searrow \\ R_{th} \quad \lambda s \end{array}$$

$R_{th}$	$K \cdot W^{-1}$	Résistance thermique
$\Delta T$	K <i>ou</i> °C	Écart de temp. entre les deux matériaux
$\Phi$	W	Flux thermique
$e$	m	Épaisseur
$s$	m <sup>2</sup>	Surface
$\lambda$	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Conductivité thermique

### 2.4 Énergie interne $U$

Somme des énergies microscopiques de toutes les particules

$$\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$\Delta U$	J	Variation d'énergie interne
$m$	kg	Masse
$c$	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	Capacité thermique massique du solide
$\Delta T$	K <i>ou</i> °C	Écart de temp. entre les deux matériaux



## 2.5 Bilan énergétique

### 2.5.1 Méthode

1. *Définir le système macroscopique étudié*  
Des fois mis entre {} dans l'énoncé
2. *Repérer les modes de transfert*

**Thermique**                      chaleur  $Q$

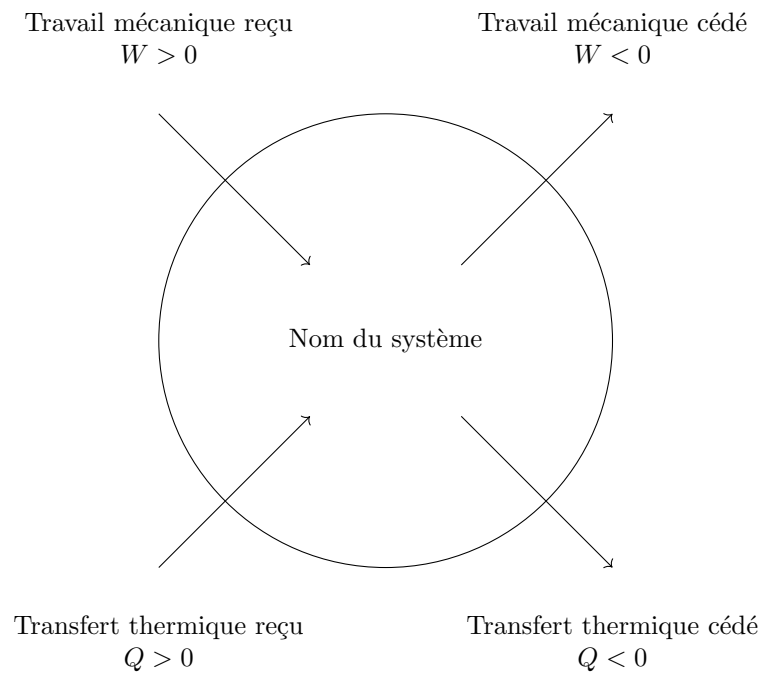
**Mécanique**                    travail  $W$

3. *Affecter un signe aux transferts*

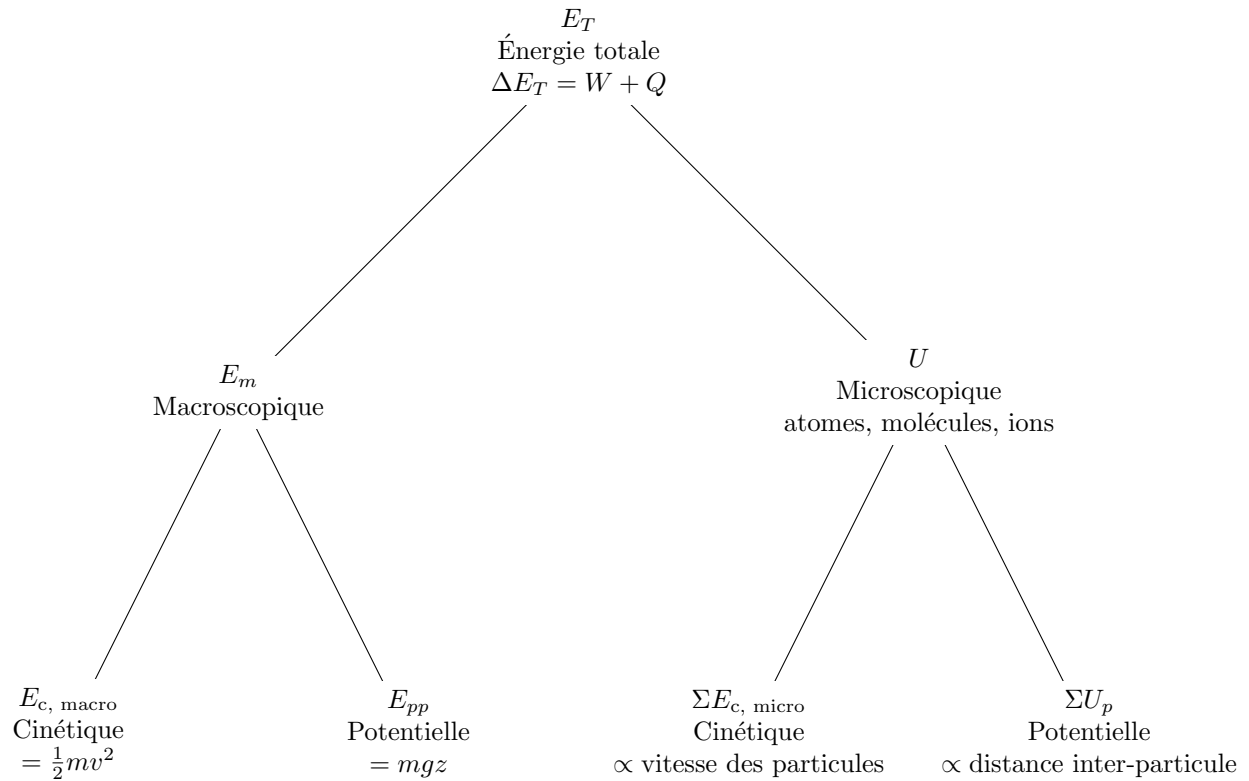
**E reçue**                        +

**E cédée**                        -

### 2.5.2 Exemple



## 2.6 Différentes énergies



## 2.7 Lois des circuits en série & en dérivation

### 3 Transferts d'énergie quantique

Fil 1 › Séq 3 › Part. B

#### 3.1 Définitions

**Quantifié** ne peut prendre que des valeurs discrètes déterminées

**État fondamental** Niveau d'énergie le plus bas ( $E_0$ )

**Atome excité** dans un niveau d'énergie autre que l'état fondamental

**Atome stable** dans l'état fondamental

**Transition quantique** Passage d'un état à un autre

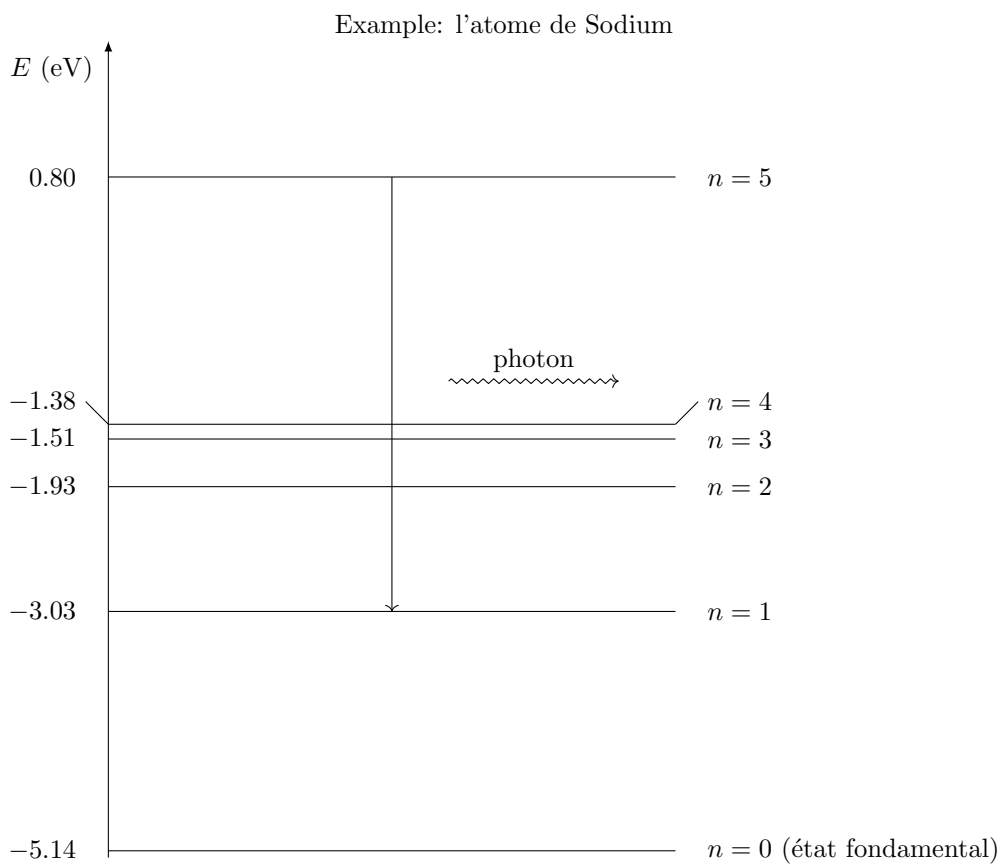
#### 3.2 Propriétés d'un laser

**Monochromatique** Une seule couleur

**Faisceau lumineux directif** Faisceau dans une seule direction

#### 3.3 Au niveau atomique

##### 3.3.1 Diagramme d'énergie



### 3.3.2 Calcul de l'énergie d'un transfert

$$h \angle \times \searrow \nu = \frac{E}{\lambda}$$

<b>h</b>	$[\approx 6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}]$ Constante de planck
<b>c</b>	$[\approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}]$ Célérité de la lumière dans le vide
<b><math>\lambda</math></b>	[m] Longueur d'onde

### 3.3.3 Absorption

<b>Devient</b>	excité
<b>Photon</b>	1 (avant) $\longrightarrow$ 0 (après)
<b>Moment</b>	quand le photon touche l'atome

### 3.3.4 Émission spontanée

<b>Devient</b>	stable
<b>Photon</b>	0 $\longrightarrow$ 1
<b>Moment</b>	aléatoire
<b>Trajectoire</b>	aléatoire

### 3.3.5 Émission stimulée

<b>Devient</b>	stable
<b>Photon</b>	1 $\longrightarrow$ 2
<b>Moment</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'atome est déjà stimulé avant la collision</li><li>• Un photon touche l'atome</li></ul>
<b>Trajectoire</b>	celle du photon incident

## 3.4 Au niveau moléculaire

Au niveau moléculaire il y a des **sous-niveaux vibratoires**, car les atomes vibrent les uns par rapport aux autres.

## 3.5 Domaines spectraux des transitions

Nature de l'énergie	Énergie absorbée [eV]	Domaine spectral associé
Électronique	$\in [1.5; 10]$	Visible, ultraviolet
Vibratoire	$\in [0.003; 1.5]$	Infrarouge

## 4 Réaction acido-basiques

### 4.1 Définitions

**Acide** Espèce chimique capable de **céder** au moins un proton  $H^+$  au cours d'une réaction.

**Base** Espèce chimique capable de **capter** au moins un proton  $H^+$  au cours d'une réaction.

**Acide ou base fort(e)** Acide/base qui réagit totalement avec l'eau

**Solution tampon** Solution qui compense les changements de pH, son pH ne peut varier que très peu.

**Exothermique** Qui dégage de la chaleur

**Endothermique** Qui absorbe de la chaleur (Endotre thermes (haha), qui "dégage du froid")

### 4.2 Le potentiel hydrogène pH

#### 4.2.1 Contrôle du pH

Important pour le sang

#### 4.2.2 Papier pH

Déposer une goutte du produit sur la papier pH (ne pas tremper le papier dans la solution)

**Précision**  $\pm 1$

#### 4.2.3 pH-mètre

Étalonner avec des solutions tampons

**Précision**  $\pm 0,1$

#### 4.2.4 Indicateur coloré

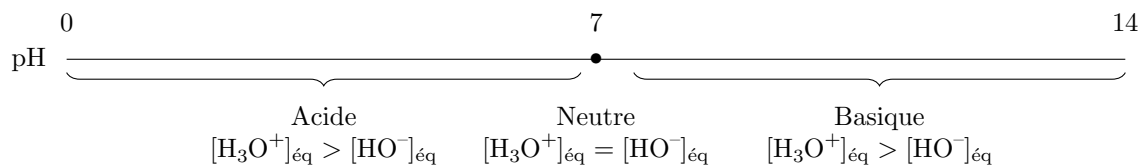
Solutions avec zones de pH associées à couleurs. Ne marche que si la solution à mesurer est incolore ou blanche

1. Verser indicateur dans solution
2. Couleur de solution inconnue  $\implies$  encadrement de la valeur

**Précision** Dépend de la solution. Pas de valeurs exactes.

#### 4.2.5 Calcul

Quand on fait un calcul avec cette grandeur, la précision maximale est de **un seul chiffre après la virgule**

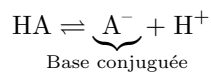


$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[H_3O^+] \\ &= -\log C && \text{(pour les acides forts)} \\ &= 14 + \log C && \text{(pour les bases fortes)} \\ &= pK_a + \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} && \text{(preuve: voir 4.6)} \end{aligned}$$

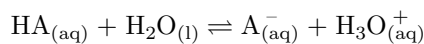
[X] désigne la concentration molaire de l'ion X en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

### 4.3 Réactions acido-basique

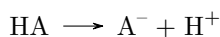
Sauf en présence d'acide/base fort(e)s, la réaction n'est pas totale, c'est un équilibre.  
Soit HA un acide quelconque.



Mélange avec de l'eau:



Avec un acide fort, la réaction est complète:



### 4.4 Réactions base forte ou acide fort

- Besoin de hotte aspirante
- Exothermique

### 4.5 Produit ionique de l'eau $K_e$

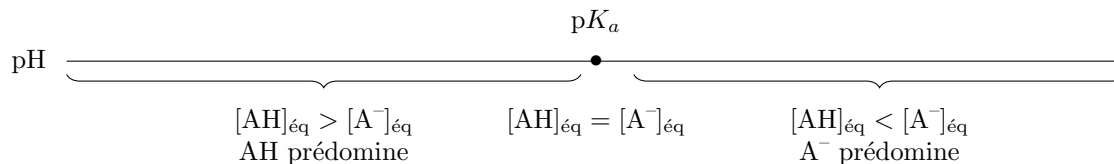
Pour toutes les solutions:

$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} \cdot [\text{HO}^-]_{\text{éq}} = 10^{14} \quad (\text{à } 25^\circ\text{C})$$

### 4.6 Constantes d'acidité $pK_a$ et $K_a$

$$K_a = \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{AH}]_{\text{éq}}}$$
$$pK_a = -\log K_a$$

$$pK_a \in [0; 14] \quad \text{pour les couples acide faible/base faible}$$



### 4.7 Preuve de $\text{pH} = pK_a + \log \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HA}]_{\text{éq}}}$

$$-\log pK_a = -\log \left( \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{HA}]_{\text{éq}}} \right)$$
$$\log \left( \frac{a}{b} \right) = \log(a) - \log(b)$$
$$pK_a = -\log \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HA}]_{\text{éq}}} - \log[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$$
$$= -\log \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HA}]_{\text{éq}}} + \text{pH}$$
$$\text{pH} = pK_a + \log \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HA}]_{\text{éq}}}$$

## 4.8 Loi de Kohlrausch: la conductivité $\sigma$

### 4.8.1 Pour un ion

$$\begin{array}{c} \sigma \\ \wedge \\ - \quad - \\ \swarrow \quad \searrow \\ c \quad \times \quad \lambda \end{array}$$

$\sigma$	$\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$	Conductivité
$c$	$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$	Concentration molaire
$\lambda$	$\text{S} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$	Conductivité électrique molaire

### 4.8.2 Pour une molécule

Calcul pour une molécule composés des ions  $X$

$$\sigma_{X_1 X_2 X_3 \dots X_j} = \sum_{i=1}^j [X_i] \lambda_{X_i}$$

### 4.8.3 Example: conductivité de $\text{HO}^- \text{Na}^+$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{HO}^- \text{Na}^+} &= [\text{HO}^-] \lambda_{\text{HO}^-} + [\text{Na}^+] \lambda_{\text{Na}^+} \\ &= 2 \cdot 19.8 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 5.0 \cdot 10^{-3} \\ &= 5.0 \cdot 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1} \end{aligned}$$

## 5 Optique

### 5.1 Diffraction

TODO: Schéma w/ TikZ

$$\begin{array}{c} \text{Si } \lambda \stackrel{10}{=} a \\ \lambda \\ \wedge \\ \theta \swarrow \times \searrow a \end{array}$$

$\lambda$	m	Longueur d'onde
$\theta$	rad	Demi-angle de diffraction
$a$	m	Largeur de la fente

### 5.2 Interférences

TODO: Schéma w/ TikZ

$$\begin{array}{c} \lambda D \\ \wedge \\ i \swarrow \times \searrow l \end{array}$$

$\lambda$	m	Longueur d'onde
$D$	m	Distance fente-écran
$i$	m	Distance interfrange
$l$	m	Distance inter-fentes

$$\delta = d_1 - d_2$$

$\delta$	m	Différence de marche
$d_1$	m	Distance parcourue par le rayon 1
$d_2$	m	Distance parcourue par le rayon 2

**Constructive**  $\exists k \in \mathbb{Z} \quad \delta = k\lambda$

**Destructives**  $\exists k \in \mathbb{Z} \quad \delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda$



## 6 Signaux

### 6.1 Types de signaux

**Analogique**                    Précision infinie. Issues de mesures de phénomènes

**Numérique**                    Précision limitée par le nombre de bits utilisés pour coder l'information.

### 6.2 Numérisation $A \rightarrow D$

**Échantillonnage**            Prélèvement de valeurs à intervalles de temps régulières.

**Quantification**            Approximation de chaque valeur à sa valeur binaire la plus proche.

$f_e$	Hz	Fréquence d'échantillonnage
$n$	bit	Bits de quantification

### 6.3 Transmission

#### 6.3.1 Débit binaire $D$

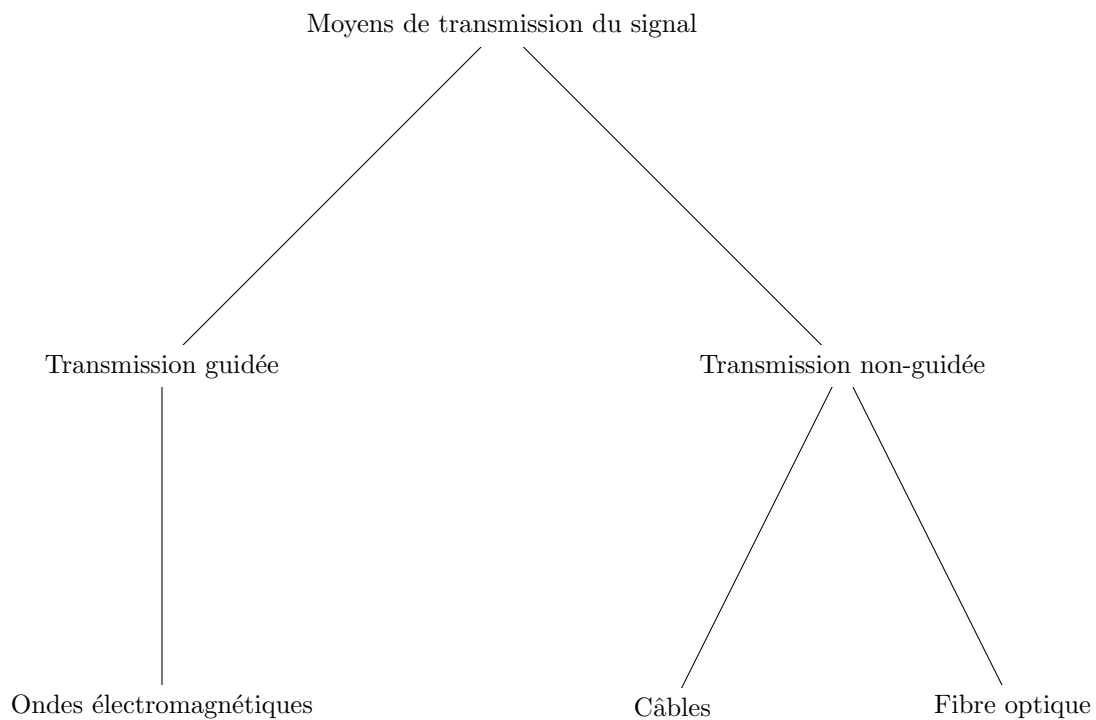
$$D = \frac{1}{T_B}$$

$D$	bit/s	Débit binaire
$T_B$	s	Durée d'un bit

#### 6.3.2 Atténuation

Affaiblissement du signal proportionnellement à la distance

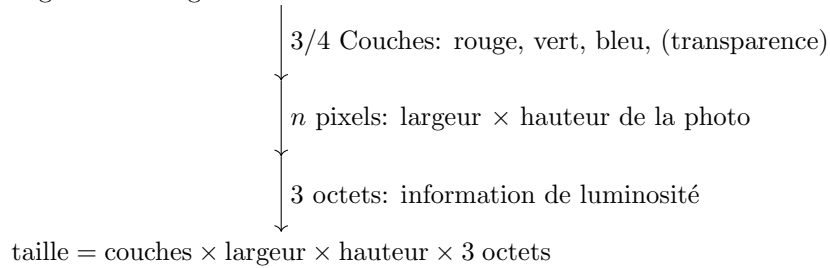
#### 6.3.3 Types de câbles



## 7 Stockage optique et d'images

### 7.1 Stockage d'une image

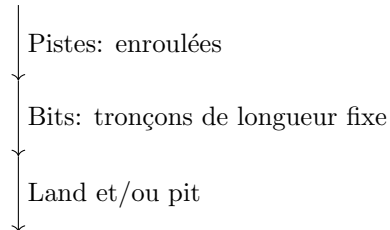
Stockage d'une image en couleur:



### 7.2 Stockage optique

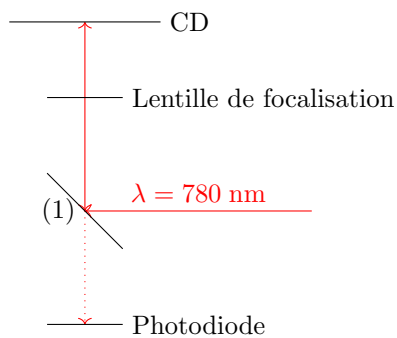
#### 7.2.1 Stockage

CD



largeur de piste  $\propto$  nombre de pistes que l'on peut mettre  
 $\propto$  capacité de stockage  
 $\propto \lambda$  du laser lecteur  
 $\propto$  NA du laser lecteur

#### 7.2.2 Lecture



(1) Mirror semi-transparent

Pour un bit 1

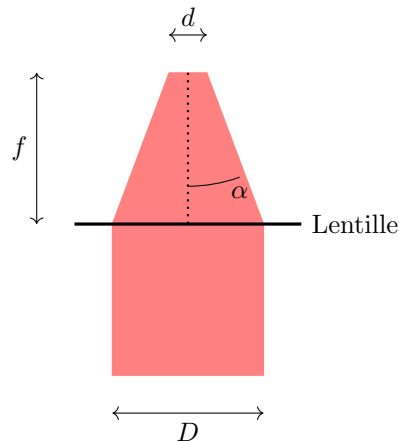
1. Profondeur d'un pit:  $\frac{\lambda}{4}$
2. Décalage land/pit:  $\frac{\lambda}{2}$  (aller+retour)
3.  $\frac{\lambda}{2} \implies$  Interférence destructive

4. Pour la photodiode: Signal  $\approx 0$
5. Transition land/pit  $\Rightarrow 1$

#### Pour un bit 0

1. Signaux initial/après rebond indentiques  $\Rightarrow$  Interférence constructive
2. Pour la photodiode: Signal fort
3. Pas de transition  $\Rightarrow 0$

**Ouverture numérique**  $NA$  .



$$\begin{aligned}
 NA &= \sin \alpha \\
 &= \frac{0.5D}{\sqrt{(0.5D)^2 + f^2}} \\
 d &= 1.22 \frac{\lambda}{NA}
 \end{aligned}$$

## 8 Mécanique

### 8.1 Vecteurs du mouvement

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\frac{d\vec{OM}}{dt}}{dt}$$

### 8.2 Principe d'inertie

$$\vec{v} = \overrightarrow{\text{cte}} \iff \Sigma \overrightarrow{F_{\text{ext}}} = \vec{0}$$

### 8.3 Isolation d'un système

Isolé  $\vec{p} = m\vec{v}$

Pseudo-isolé Les forces se compensent

### 8.4 Principe fondamental de la dynamique

$$\begin{aligned}
 \Sigma \overrightarrow{F_{\text{ext}}} &= \frac{d\vec{p}}{dt} \\
 &= m\vec{a} \quad (\text{si la masse est constante})
 \end{aligned}$$

## 8.5 Application

On utilise les conditions initiales: On nous donne  $\alpha$  l'angle de lancement initial. Pour avoir  $v_{0x}$  et  $v_{0y}$  on calcule les sinus et cosinus de  $\alpha$ .

Quand la seule force s'appliquant à l'objet en chute est le poids  $\vec{P}$ , on a:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{\Sigma F_{\text{ext}}} &= m\vec{a} \\ \Longleftrightarrow \vec{P} &= m\vec{a} \\ \Longleftrightarrow m\vec{g} &= m\vec{a} \\ \Longleftrightarrow \vec{g} &= \vec{a}\end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$$

On primitive pour trouver la vitesse puis la position:

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x &= C_1 \\ v_y &= -gt + C_2 \end{cases}$$

On détermine  $C_1$  et  $C_2$  avec les conditions initiales:

à  $t = 0$ :

$$\begin{cases} v_x = C_1 &= v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y = -gt + C_2 &= 0 + v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Donc:

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x &= v_0 \cos \alpha \\ v_y &= -gt + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

et:

$$||\vec{v}|| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$