Table des matières

1 Mécanique

Δ un axe fixe, $\mathscr{D} \in \Delta$, O, O', M des points de l'espace, et $H \in \Delta$ le un projeté orthogonal de M sur Δ

Référenciels non Galiléens	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Formule de dérivation composée	$\left(\frac{d\vec{U}}{dt}\right)_{\mathscr{R}} = \left(\frac{d\vec{U}}{dt}\right)_{\mathscr{R}'} + \overrightarrow{\Omega}_{\mathscr{R}'/\mathscr{R}} \wedge \overrightarrow{U}$
Vitesse	$\vec{v}_{\mathscr{R}}(M) = \vec{v}_{\mathscr{R}'}(M) + \vec{v}_e(M)$
Vitesse d'entrainement	$\vec{v}_e(M) = \vec{v}_{\mathscr{R}}(O') + \vec{\Omega}_{\mathscr{R}'/\mathscr{R}} \wedge \overrightarrow{O'M}$
Vitesse ref en translation uniforme	$\vec{v}_{\mathscr{R}}(M) = \vec{v}_{\mathscr{R}'}(M) + \vec{v}_e(M) = \vec{v}_{\mathscr{R}}(O') + \vec{v}_{\mathscr{R}}(O')$
Vitesse ref en rotation uniforme d'axe fixe	$\vec{v}_{\mathscr{R}}(M) = \vec{v}_{\mathscr{R}'}(M) + \vec{\Omega}_{\mathscr{R}'/\mathscr{R}} \wedge \overrightarrow{HM}$
Accélération ref en translation uniforme	$\vec{a}_{\mathscr{R}}(M) = \vec{a}_{\mathscr{R}'}(M) + \vec{a}_{\mathscr{R}}(O')$
Accélération ref en rotation uniforme d'axe fixe	$\vec{a}_{\mathscr{R}}(M) = \vec{a}_{\mathscr{R}'}(M) + \vec{a}_c(M) + \vec{a}_e(M)$
Accélération de Coriolis	$\vec{a}_e(M) = 2\vec{\Omega}_{\mathscr{R}'/\mathscr{R}} \wedge \vec{v}_{\mathscr{R}'}(M)$
Accélération d'entrainement	$\vec{a}_c(M) = -\Omega^2_{\mathscr{R}'/\mathscr{R}}\overrightarrow{HM}$
Théorème de la résultante dynamique	$\vec{a}_{\mathscr{R}'} = \sum \vec{F}_{ext} - m\vec{a}_e - m\vec{a}_c = \sum \vec{F}_{ext} + \vec{F}_{ie} + \vec{F}_{ic}$
Théorème du moment cinétique	$\left(\frac{d\vec{\mathscr{L}}_{A/\mathscr{R}'}(M)}{dt}\right)_{\mathscr{R}} = \sum \vec{\mathscr{M}}_A\left(\vec{F}_{ext}\right) + \vec{\mathscr{M}}_A\left(\vec{F}_{ie}\right) + \vec{\mathscr{M}}_A\left(\vec{F}_{ic}\right)$
Energie d'entrainement, cas translation rectiligne	$E_{p,ie} = ma_e x + C^{ste}$
Energie d'entrainement, cas rotation uniforme d'axe fixe	$E_{p,ie} = -\frac{1}{2}m\Omega^2_{\mathscr{R}'/\mathscr{R}}r^2 + C^{ste}$

TABLE 1 – Formules relatives aux référentiels non inertiels.

Énergétique	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Puissance d'une force	$\mathscr{P}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{v}$
Travail élémentaire	$\delta \mathrm{W}(\vec{f}) = \mathscr{P}(\vec{f})\mathrm{d}t = \vec{f} \cdot \mathrm{d}\vec{\mathrm{OM}}$
Force conservative	$\exists \mathrm{E}_p \mid \delta \mathrm{W}(\vec{f}) = -\mathrm{dE}_p$
Travail d'une force	$\mathrm{W}(\vec{f}) = \int_{\mathrm{M} \in \overset{\frown}{\mathrm{AB}}} \delta \mathrm{W}(\vec{f})$
Condition pour qu'une force dérive d'une E_p	$\vec{\mathrm{rot}}\vec{\mathrm{F}} = \vec{0}$
Théorème de l'énergie cinétique	$\Delta \mathrm{E}_c = \sum_i \mathrm{W}(\vec{f}_i)$
Energie potentielle	$\mathrm{E}_p = -\int_\Gamma \mathrm{dE}_p$
Energie mécanique	$\mathrm{E}_m = \mathrm{E}_p + \mathrm{E}_c$
Théorème de l'énergie mécanique	$\Delta \mathrm{E}_m = \sum_i \mathrm{W}(\vec{\mathrm{F}}_{i,\,\text{non conservative}})$
Lien énergie potentielle / force	$\vec{\mathrm{F}} = -\vec{\nabla}\mathrm{E}_p = -\vec{\mathrm{grad}}(\mathrm{E}_p)$
Lien puissance / Energie	$\mathscr{P} = \dfrac{\mathrm{dE}}{\mathrm{d}t}$
Théorème de la puissance cinétique	$\dfrac{\mathrm{dE}_c}{\mathrm{d}t} = \sum_i \mathscr{P}(\vec{f}_i)$

TABLE 2 – Formules énergiétiques.

2 Ondes

Avec u une coordonnée de l'espace ($u = ax + by + cz$), et $\vec{r} = \vec{e_x} + \vec{e_y} + \vec{e_z}$

Formules : Les ondes

Nom de la formule	**Expression mathématique**
D'Alembertien	$\square\Psi = \Delta\Psi - \dfrac{1}{v^2}\dfrac{\partial^2\Psi}{\partial t^2}$
Équation de D'Alembert	$\square\Psi = 0$
Cas 1D	$\square\Psi = \dfrac{\partial^2\Psi}{\partial u^2} - \dfrac{1}{v^2}\dfrac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = 0$, avec $u = \alpha x + \beta y + \gamma z$
Surface d'onde	Points M à t fixé tel que $\Psi(\mathrm{M}, t) = \mathrm{C}^{\mathrm{ste}}$
Solutions de l'EDA 1D	$\Psi(u,t) = f(u - tv) + g(u + vt)$ ou $f(t - \frac{u}{v}) + g(t + \frac{u}{v})$
Pour Ψ solution de l'EDA 1D	Avec $a(u) = \Psi(u,0)$ et $b(u) = \dfrac{\partial\Psi}{\partial t}(u,0) = b(u)$
On a	$\Psi(u,t) = \dfrac{1}{2}\left(a(u - vt) + a(u + vt) + \dfrac{1}{v}\displaystyle\int_{u-vt}^{u+vt} b(s)\mathrm{d}s\right)$
Onde progressive monochromatique	$\Psi(u,t) = \Psi_0\cos\left(\omega t \pm ku + \phi\right) = \Psi_0\cos\left(\omega\left(t \pm \frac{u}{v}\right) + \phi\right)$
Vecteur d'onde	$\vec{k} = k\vec{e_u}$
Norme du vecteur d'onde	$\lVert\vec{k}\rVert = k(\omega) = \dfrac{\omega}{v} = \vec{r}\cdot\vec{k}$
Longueur d'onde	$\lambda = \mathrm{T}^{-1} = \dfrac{2\pi}{k}$ (car $k(u + \lambda) = ku + 2\pi$)
Célérité d'une onde dans la matière	$v_{\mathrm{mat}} = \sqrt{\dfrac{\mathrm{K}a^2}{m}} = \sqrt{\dfrac{\mathrm{E}}{\rho}}$ Avec $\mathrm{E} = \dfrac{\mathrm{K}}{a}$ le module de Young et ρ sa masse volumique.
Célérité d'une onde dans une corde	$v_{\mathrm{corde}} = \sqrt{\dfrac{\mathrm{T}}{\mu_0}}$ Avec T la tension et μ_0 la masse linéique
Ondes stationnaires	$\Psi(u,t) = \gamma(t)\phi(u)$
Sur une corde de longueur L,	$y_n(x,t) = \left[a_n\cos\left(\dfrac{n\pi v}{\mathrm{L}}t\right) + b_n\sin\left(\dfrac{n\pi v}{\mathrm{L}}t\right)\right]\sin\left(\dfrac{n\pi v}{\mathrm{L}}\right)$

TABLE 3 – Formules : Les Ondes

Paquets d'ondes	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
EDA :	$\frac{\partial^2\theta}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2\theta}{\partial x^2} - \frac{1}{\tau}\frac{\partial\theta}{\partial t} - \omega_0^2\theta$
Forme recherchée :	$\underline{\theta}(x,t) = \underline{\theta}_0 e^{i(\omega t - kx)}$
Reformulation de l'EDA :	$-\omega^2\theta = v^2k^2\theta - \frac{1}{\tau}i\omega\theta - \omega_0\theta$
Relation de dispertion : ($\theta \neq 0$)	$\frac{\omega_0^2 - \omega^2}{v^2} + \frac{1}{v^2\tau}i\omega = k^2$
Vecteur d'onde complexe :	$\underline{k} = k' - ik''$
Forme de l'onde :	$\underline{\theta}(x,t) = \underline{\theta}_0 e^{-k''x} e^{i(\omega t - kx)}$
Vitesse de phase :	$v_\varphi = \frac{\omega}{k}$
Distance caracteristique d'atténuation	$\frac{1}{\lvert k''(\omega)\rvert}$
Klein Gordon (Limite $\omega_0 \ll 1$)	$\underline{k}^2 = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{v^2}$
Vitesse de groupe	$v_g = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k} = \frac{1}{\frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}\omega}}$

TABLE 4 – Paquets d'onde

3 Éléctromagnétique

Électromagnétique	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Vecteur densité de courant volumique	$\vec{\mathrm{j}} = qn^* \vec{v} = \rho \vec{v}$
Lien densité de courant volumique / Charge	$\mathrm{dQ} = \vec{j} \cdot \mathrm{d}\vec{\mathrm{S}}\mathrm{d}t$
Maxwell Gauss	$\mathrm{div}(\vec{\mathrm{E}}) = \dfrac{\rho}{\varepsilon_0}$
Maxwell Thomson / Flux	$\mathrm{div}(\vec{\mathrm{B}}) = 0$
Maxwell Faraday	$\vec{\mathrm{rot}}(\vec{\mathrm{E}}) = -\dfrac{\partial \vec{\mathrm{B}}}{\partial t}$
Maxwell Ampère	$\vec{\mathrm{rot}}(\vec{\mathrm{B}}) = \mu_0 \vec{\mathrm{j}} + \mu_0 \varepsilon_0 \dfrac{\partial \vec{\mathrm{E}}}{\partial t}$
Ostrogradski	$\displaystyle\iiint_{\mathscr{V}_\mathrm{S}} \mathrm{div}(\vec{\mathrm{F}}) \mathrm{d}\tau = \oiint_{\mathrm{S}} \vec{\mathrm{F}} \cdot \mathrm{d}\vec{\mathrm{S}}$
Stokes	$\displaystyle\iint_{\mathrm{S}} \vec{\mathrm{rot}}(\vec{\mathrm{F}}) \cdot \mathrm{d}\vec{\mathrm{S}} = \oint_{\Gamma} \vec{\mathrm{F}} \cdot \mathrm{d}\vec{\ell}$
Théorème de Gauss	$\displaystyle\oiint_{\mathscr{S}} \vec{\mathrm{E}} \cdot \mathrm{d}\vec{\mathrm{S}} = \frac{\mathrm{Q_{int}}}{\varepsilon_0}$
Théorème d'Ampère	$\displaystyle\oint_{\Gamma} \vec{\mathrm{B}} \cdot \mathrm{d}\vec{\ell} = \mu_0 \mathrm{I_{enl}}$
Conservation de la charge (local)	$\dfrac{\partial \rho}{\partial t} + \mathrm{div}(\vec{\mathrm{j}}) = 0$
Conservation de la chage (Global)	$\displaystyle\frac{\mathrm{dQ}}{\mathrm{d}t} + \oiint_{\mathrm{S}} \vec{\mathrm{j}} \cdot \mathrm{d}\vec{\mathrm{S}} = 0$
Lien champ éléctrique potentiels	$\vec{\mathrm{E}} = -\vec{\mathrm{grad}}(\mathrm{V})$
Lien champ éléctrique potentiels	$\mathrm{dV} = -\vec{\mathrm{E}} \cdot \mathrm{d}\vec{\ell}$
Pour une variable d'état $\mathscr{E}$	$\Delta \mathscr{E} = \sum_i \mathscr{E}_{i,\text{échangé}} + \mathscr{E}_{\text{crée}}$
Pour une variable d'état (infinitésimal) $\mathscr{E}$	$\mathrm{d}\mathscr{E} = \sum_i \delta\mathscr{E}_{i,\text{échangé}} + \delta\mathscr{E}_{\text{crée}}$
Potentiel Dipôle	$\mathrm{V} = \dfrac{\vec{p} \cdot \vec{u}_r}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \dfrac{p\cos(\theta)}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
Champ éléctrique, dipôle non rayonnant	$\vec{\mathrm{E}} = \dfrac{p}{4\pi\varepsilon_0 r^3}(2\cos(\theta)\vec{u}_r + \sin(\theta)\vec{u}_r)$
Champ éléctrique dipôle non rayonnant, Forme intrinseque	$\vec{\mathrm{E}} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^5}(3(\vec{p} \cdot \vec{r})\vec{r} - r^2 \vec{p})$
Moment dûe à un champ éléctrostatique sur un dipôle *rigide* non rayonnant	$\mathscr{M}_\mathrm{O} = \vec{p} \wedge \vec{\mathrm{E}}_{\mathrm{ext}}$
Énergie potentielle dûe à l'action éléstrostatique d'un champ uniforme sur un dipôle *rigide* non rayonnant	$\mathscr{E}_\mathrm{p} = -\vec{p} \cdot \vec{\mathrm{E}}_{\mathrm{ext}}$
Force exercée par un champ electrostatique sur un dipôle non rayonnant au point O	$\vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{E_{ext}} \longrightarrow \mathrm{dip}} = \left(\vec{p} \cdot \vec{\mathrm{grad}}\right) \vec{\mathrm{E}}_{\mathrm{ext}}(\mathrm{O})$
Analogie champ éléctrique / magnétique	$\dfrac{1}{\varepsilon_0} \longleftrightarrow \mu_0$ et $\vec{p} \longleftrightarrow \vec{\mathrm{M}}$
Relations de passage à l'interface conducteur-vide	$\begin{cases} \vec{\mathrm{E}}_{\mathrm{vide}}(\mathrm{M},t) = \dfrac{\sigma(\mathrm{M},t)}{\varepsilon_0} \vec{n}_{\text{conducteur}\rightarrow\text{vide}} \\ \vec{\mathrm{B}}_{\mathrm{vide}} = \mu_0 \vec{\mathrm{j}}_s(\mathrm{M},t) \wedge \vec{n}_{\text{conducteur}\rightarrow\text{vide}} \end{cases}$

TABLE 5 – Formules électromagnétique.

Formule d'énergétique électromagnétique	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Force de Lorentz	$\vec{F}_{\text{Lorentz}} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{E}\right)$
Force de Lorentz volumique	$\vec{f}_{\text{Lorentz}} = \rho\vec{E} + \vec{j} \wedge \vec{B}$
Force de Laplace	$\vec{F_{\mathscr{L}}} = i\vec{L} \wedge \vec{B}$
Force de Drude	$\vec{F}_{\text{Drude}} = -\frac{m_i}{\tau_i}\vec{v}_i$
Loi d'Ohm locale	$\vec{j} = \gamma\vec{E},\ \gamma = \sum_i \frac{n_i^* \tau_i q_i^2}{m_i}$
Lien puissance (Volumique) Lorentz / Drude	$p_{\text{lorentz}} = \vec{j} \cdot \vec{E} = -p_{\text{Drude}}$
Densité volumique énergétique éléctromagnétique	e_{em} tel que $\mathscr{E}_{\text{em}} = \iiint_{M \in V} e_{\text{em}} \mathrm{d}\mathscr{V}$
Conservation de l'énergie éléctromagnétique (Globale)	$\frac{\mathrm{d}\mathscr{E}_{\text{em}}}{\mathrm{d}t} + \oiint_{S_{\mathscr{V}}} \vec{\Pi} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = -\mathscr{P}_{\text{Lorentz}}$
Conservation de l'énergie éléctromagnétique (Local)	$\frac{\partial e_{\text{em}}}{\partial d t} + \operatorname{div}(\vec{\Pi}) = -\vec{p}_{\text{Lorentz}}$
Formule pour e_{em}	$e_{\text{em}} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}$
Vecteur de Poynting	$\vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0}$

TABLE 6 – Energie éléctromagnétique

On se limite à des signaux lentements variables (En basse fréquence)

<table>
<tr><th colspan="2">Ondes éléctromagnétiques dans les conducteurs Ohmiques</th></tr>
<tr><th>Nom de la formule</th><th>Expression mathématique</th></tr>
<tr><td>TRD appliqué au porteur mobile moyen e^- libre :</td><td>$m\frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = -e\vec{\mathrm{E}} - \frac{m}{\tau}\vec{v}$</td></tr>
<tr><td>Relation “ohmique”</td><td>$\underline{\vec{\jmath}} = \frac{\gamma_0}{1+i\tau\omega}\underline{\vec{\mathrm{E}}} = \frac{\frac{ne^2\tau}{m}}{1+i\tau\omega}\underline{\vec{\mathrm{E}}}$</td></tr>
<tr><td>Approximation basse fréquence</td><td>$\tau\omega \ll 1,\ \frac{\omega\varepsilon_0}{\gamma_0} \ll 1$</td></tr>
<tr><td>Ordre de grandeur de ω pour le cuivre à 100K</td><td>$1\times10^{14}\mathrm{rad/s}$</td></tr>
<tr><td>Cette approximation est vérifiée lorsque (Radiofréquences)</td><td>$\omega \ll 1\times10^{14}\mathrm{rad/s}$</td></tr>
<tr><td>Radiofréquences :</td><td>$f \lesssim 1\times10^{9}\mathrm{Hz}$</td></tr>
<tr><td>Équations de Maxwell dans l’ARQS</td><td>(MG) : $\mathrm{div}\vec{\mathrm{E}} = 0$ (MF) : $\vec{\mathrm{rot}}\vec{\mathrm{E}} = -\frac{\partial\vec{\mathrm{B}}}{\partial t}$
(MT) : $\mathrm{div}\vec{\mathrm{B}} = 0$ (MA) : $\vec{\mathrm{rot}}\vec{\mathrm{B}} = \mu_0\gamma_0\vec{\mathrm{E}}$</td></tr>
<tr><td>Relation de dispertion (Obtenue en injectant (MF) dans (MA))</td><td>$\underline{k}^2 = -i\mu_0\gamma_0\omega$(On a posé$\underline{k} = k' - ik''$)</td></tr>
<tr><td>Expression du champ éléctrique</td><td>$\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M},t) = \vec{\mathrm{E}}_0 e^{-\frac{u}{\delta}}\cos\left(\omega t - \frac{u}{\delta} + \Phi\right)$</td></tr>
<tr><td>Rappel : Distance caractéristique d’atténuation :</td><td>$\delta = \frac{1}{\lvert k''(\omega)\rvert}$</td></tr>
<tr><td>Ordres de grandeur de δ</td><td><table><tr><th>mat / freq</th><th>1kHz</th><th>1GHz</th></tr><tr><td>cuivre</td><td>$\delta = 2\mathrm{mm}$</td><td>$\delta = 2\mu\mathrm{m}$</td></tr><tr><td>fonte</td><td>$\delta = 2\mathrm{cm}$</td><td>$\delta = 20\mu\mathrm{m}$</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Conducteur parfait :</td><td>$\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M},t) = 0$ au sein du conducteur</td></tr>
<tr><td>Une OemPPM en incidence normale réféchie vérifie</td><td>— même amplitude
— même pulsation
— même polarisation
— vecteurs d’ondes de même direction mais opposés
— La réfléction s’accompagne d’un déphasage de π</td></tr>
<tr><td>Coefficient de réfléction en amplitude</td><td>$\underline{\Omega} = \frac{\text{Amplitude complexe de } \underline{\mathrm{E}}_r \text{ à l'interface}}{\text{Amplitude complexe de } \underline{\mathrm{E}}_i \text{ à l'interface}}$</td></tr>
<tr><td>Transition</td><td>$\underline{t} = \frac{\underline{\mathrm{E}}_r(\text{interface})}{\underline{\mathrm{E}}_i(\text{interface})}$</td></tr>
<tr><td>Dans le modèle du conducteur parfait</td><td>$\delta = 0,\ \gamma \to +\infty,\ \underline{\Omega} = -1,\ \underline{t} = 0$</td></tr>
<tr><td>Stationairité des ondes du coté du vide</td><td>$\begin{cases} \vec{\mathrm{B}}_{\text{vide}} = \frac{2\mathrm{E}_0}{c}\cos(\omega t + \varphi)\cos(ku)(\vec{e}_u \wedge \vec{e}_p) \\ \vec{\mathrm{E}}_{\text{vide}} = 2\mathrm{E}_0\sin(\omega t + \varphi)\sin(ku)\vec{e}_p \end{cases}$</td></tr>
<tr><td>Densité d’énergie éléctromagnétique moyenne</td><td>$\langle e_{em}(\mathrm{M},t)\rangle_t = \varepsilon_0\mathrm{E}_0^2$</td></tr>
<tr><td>Vecteur de Poynting moyen</td><td>$\left\langle\vec{\Pi}(\mathrm{M},t)\right\rangle_t = \vec{0}$</td></tr>
</table>

TABLE 7 – Ondes éléctromagnétiques dans les conducteurs Ohmiques

Avec j l'unité complexe de partie imaginaire positive. $\left(j^2=-1, \Im(j)=1\right)$. On pose $x=\dfrac{\omega}{\omega_0}$

Filtrage	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Fonction de transfert complexe	$\underline{H}=\dfrac{\underline{s}}{\underline{e}}$
FC[1] : Passe bas du premier ordre	$\underline{H}=\dfrac{H_0}{1+jx}$
FC : Passe haut du premier ordre	$\underline{H}=\dfrac{H_0 jx}{1+jx}$
FC : Passe bas du second ordre	$\underline{H}=\dfrac{H_0}{1-(x)^2+j\frac{x}{Q}}$
FC : Passe haut du second ordre	$\underline{H}=\dfrac{H_0\,(x)^2}{1-(x)^2+j\frac{x}{Q}}$
FC : Passe bande	$\underline{H}=\dfrac{H_0}{1+jQ\left(x-\frac{1}{x}\right)}$
Remarque	*Pour passer d'un filtre passe haut à un filtre passe bas, il suffit de multiplier le numérateur par le terme prédominant en x au denominateur!*
Bande passante	$\Delta\omega=\frac{\omega_0}{Q}$ et $\Delta f=\frac{f_0}{Q}$

TABLE 8 – Filtrage d'un signal periodique en RSF

4 Optique

Optique Ondulatoire	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Longueur d'onde dans le vide (Resp. vecteur d'onde)	λ_0 (resp k_0)
Rappel : Relation de Plank Einstein :	$\mathscr{E}=\hbar\nu=\hbar\omega=\dfrac{2\pi\hbar}{\lambda_0}$
Onde lumineuse monochromatique :	$\underline{\psi}(M,t)=\Psi(M)e^{i(\omega t-\varphi(M))}$
Retard de phase :	$\varphi(M)=\tau_{SM}+\varphi(S)$
Retard de phase (2) :	$\tau_{SM}=\displaystyle\int_{\Gamma_{SM}}\frac{d\ell}{v_\varphi}=\int_{\Gamma_{SM}}\frac{n d\ell}{c}=\frac{1}{c}\int_{\Gamma_{SM}}n d\ell=\frac{1}{c}(SM)$
Intensité lumineuse :	$I(M)=k\cdot\langle\psi^2(M,t)\rangle_{\tau_r}=\dfrac{k}{\tau_r}\displaystyle\int_t^{t+\tau_r}\psi^2(M,u)du,\ k=c\varepsilon_0$ Note : à l'usage, on ne prends pas en compte le k. τ_r le temps de réponse du capteur.
Ordre de grandeur de τ_r :	$\tau_{r,\text{oeuil humain}}=1\times10^{-1}=0{,}1\text{s}\ \ \tau_{r,\text{capteur CCD}}=1\times10^{-6}\text{s}$
Pour une onde monochromatique :	$I(M)=\dfrac{\psi^2(M)}{2}$
Durée de cohérence	$\tau_c=\dfrac{1}{\Delta\nu}=\pi\tau$

TABLE 9 – Optique ondulatoire

Dispositif interferenciels des trous d'Young || Dispositif interferenciels à élargissement des fronts d'onde	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Interférences à grande distance : Dans l'hyposthèse où M *est à grande distance* des points S_1 et S_2	$a \ll D$ et $\lvert x\rvert, \lvert y\rvert \ll D$
Difference de marche à grande distance dans le dispositif des trous d'Young :	$\delta_{1/2}(M) = n\dfrac{ax}{D}$
Difference de marche à grande distance dans le montage de Frauhofer :	$\delta_{1/2}(M) = n\dfrac{ax}{f'_2}$
Critère de brouillage par extension spatiale d'une fente source primaire, et critère de brouillage par extension spectrale de la source :	$\lvert\Delta p\rvert \gtrsim 1$
Perte de contraste par élargissement angulaire de la source	$\theta_{\text{source}} \simeq \dfrac{\lambda}{a}$

TABLE 10 – Dispositif interferenciels des trous d'Young

Interferomètre à division d'amplitude || Dispositif interferenciels de Michelson	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Difference de marche au point M par l'interferomètre :	$\delta_{1/2}(M) = 2ne\cos(i)$
Intensité en un point M de l'écran (Fresnel) :	$\mathscr{I}(M) = \frac{I_0}{2}\left(1+\cos(\frac{2\pi}{\lambda_0}\cdot 2en\cos i)\right)$
Rappel : Dans les conditions de gauss, DL_2 :	$\cos(i) = 1 - \frac{i^2}{2} + \underset{i\to 0}{o}(i^2) \quad \sin(i) = i + \underset{i\to 0}{o}(i^2) = \tan(i)$
Reformulation de l'intensité en un point M de l'écran dans les conditions de gauss :	$\mathscr{I}(M) = \dfrac{I_0}{2}\left[1+\cos\left(\dfrac{4\pi en}{\lambda_0}\left(1-\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{r}{f'}\right)^2\right)\right)\right]$
Rayon des anneaux :	$r = f'\sqrt{2\left(1-\frac{p}{p(O')}\right)}$

TABLE 11 – Dispositif interferenciels de Michelson

5 Quantique

Introduction aux equations de la physique quantique	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Energie du photon	$\mathscr{E}_{\text{photon}} = \hbar\omega$
Amplitude de protobabilité de présence	$\psi(\mathrm{M}, t), \mathrm{Im}(\psi) \subset \mathbb{C}$
Amplitude de protobabilité de présence	$\mathrm{dP}(u,t) = \psi^*(u,t)\psi(u,t)\mathrm{d}u = \lvert\psi(u,t)\rvert^2\mathrm{d}u$ (La dernière égalité dans le cas u coordonée cartésienne)
En cartésien 1D, on écrit la densité de probabilité de présence	$\rho(u,t) = \lvert\psi(u,t)\rvert^2$
La probabilité de trouver la particule dans $[a,b]$ s'écrit	$\mathrm{P}(a \leq u \leq b, t) = \int_a^b \rho(u,t)\mathrm{d}u$
Extension spatiale typique de la fonction d'onde	Δu
Longueur d'onde de Broglie (à prononcer *Breuil*)	λ_0 ou λ_{DB}
Pour u une variable aléatoire :	
Moyenne de u (*Esperance*)	$\langle u(t)\rangle_\psi = \int_{\mathbb{R}} u\rho(u,t)\mathrm{d}u$
Moments de u (*Théorème de transfert*)	$\langle u^n(t)\rangle_\psi = \int_{\mathbb{R}} u^n\rho(u,t)\mathrm{d}u,\ n \in \mathbb{N}^*$
Si u est en cartésien :	
Extension spatiale typique de la fonction d'onde (*Écart type*) :	$\Delta u = \sigma(u) = \sqrt{\mathbb{V}(u)} \underset{\text{K.H.}}{=} \sqrt{\mathbb{E}(u^2) - \mathbb{E}(u)^2} = \sqrt{\langle u^2(t)\rangle_\psi - \langle u(t)\rangle_\psi^2}$
Condition aux limites de Born	$\int_{\mathbb{R}} \rho(u,t)\mathrm{d}u = 1$
Équation de Schrödinger	$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = \frac{-\hbar^2}{2m}\Delta\psi + \mathrm{V}\psi$
Terme d'énergie cinétique de la particule	$\frac{-\hbar}{2m}\delta\psi$
Terme lié à l'énergie potentielle	$\mathrm{V}\psi$
Vitesse de la particule (def)	$\langle v_x(t)\rangle_\psi = \lim_{\mathrm{d}t\to 0} \frac{\langle x(t+\mathrm{d}t)\rangle_\psi - \langle x(t)\rangle_\psi}{\mathrm{d}t}$
Vitesse de la particule	$\langle v_x(t)\rangle_\psi = \frac{\hbar}{im}\int_{\mathbb{R}} \psi^* \frac{\partial\psi}{\partial x}\mathrm{d}x$
Quantité de mouvement	$\left\langle p_x\right\rangle_\psi = m\langle v_x\rangle_\psi = \int_{\mathbb{R}} \psi^*\left(\frac{\hbar}{i}\right)\frac{\partial\psi}{\partial x}\mathrm{d}x$
Quantité de mouvement (Moment d'ordre 2)	$\left\langle p_x^2\right\rangle_\psi = \int_{\mathbb{R}} \psi^*\left(\frac{\hbar}{i}\right)^2\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}\mathrm{d}x$
Théorène d'Ehrenfest	$\frac{\mathrm{d}\left\langle p_x\right\rangle_\psi}{\mathrm{d}t} = -\left\langle\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial x}\right\rangle_\psi$
Dans la limite classique $\Delta x \ll \Lambda$ (Λ l'echelle de longueur typique sur laquelle x varie, i.e. $\mathrm{V}(x)$ peut être approché par sa tangente)	$\frac{\mathrm{d}\left\langle p_x\right\rangle_\psi}{\mathrm{d}t} = -\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial x}\left(\langle x\rangle_{\psi,t}\right)$ C'est le TRD !
Énergie cinétique	$\langle\mathrm{E}_c\rangle_\psi = \int_{\mathbb{R}} \psi^*\left(\frac{-\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}\right)\mathrm{d}x$
Dans l'état stationnaire	φ

TABLE 12 – Introduction aux equations de la physique quantique

6 Annexes

Quelques constantes	
Nom de la formule	**Expression mathématique**
Constante de gravitation	$\mathcal{G} = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N\,m^2/kg^2}$
Vitesse de la lumière	$c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}$
Constante de Planck	$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\,s}$
Charge élémentaire	$e = 1{,}60 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$
Constante de Boltzmann	$k_\mathrm{B} = 1{,}38 \times 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$
Masse du proton	$m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}\,\mathrm{kg}$
Masse de l'électron	$m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$
Constante de permittivité du vide	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\,\mathrm{F/m}$
Constante de perméabilité du vide	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{H/m}$
Champ de claquage de l'air sec	$\mathrm{E}_{\text{claquage, air sec}} = 10 \times 10^{5}\,\mathrm{V/m}$
Masse de la Terre	$\mathrm{M}_\mathrm{Terre} = 5{,}97 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$
Rayon moyen de la Terre	$\mathrm{R}_\mathrm{Terre} = 6{,}37 \times 10^{6}\,\mathrm{m}$
Constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/m^2/K^4}$
Constante d'Avogadro	$\mathrm{N_A} = 6{,}022 \times 10^{23}\,\mathrm{1/mol}$
Constante des gaz parfaits	$\mathrm{R} = 8{,}31\,\mathrm{J/(mol\,K)}$
Masse du Soleil	$\mathrm{M}_\odot = 1{,}989 \times 10^{30}\,\mathrm{kg}$
Rayon moyen du Soleil	$\mathrm{R}_\odot = 6{,}96 \times 10^{8}\,\mathrm{m}$
K standard de la réaction d'autoprotolise de l'eau	$\mathrm{K}_e = 10 \times 10^{-14}$

TABLE 13 – Quelques constantes physiques