

Ordres de grandeurs

1 Constantes fondamentales

- Constante de gravitation $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- Célérité de la lumière dans le vide $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
- Permittivité diélectrique du vide $\epsilon_0 = 1/(c^2\mu_0) \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$
- Constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Nombre d'AVOGADRO $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Constante de BOLTZMANN $k_B = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
- Constante de PLANCK $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

2 Électricité

Composants usuels

- Résistances usuels $1\Omega \leq R \leq 1\text{M}\Omega$
- Câble coaxial $Z_C = 50\Omega$
- Inductances usuels $10\text{mH} \leq L \leq 10\text{H}$
- Résistance interne d'une bobine (négligeable au delà de 50 Hz) $r \approx \text{qqqs } \Omega$
- Capacités usuels $1\text{pF} \leq C \leq 1\text{mF}$

GBF

- Résistance de sortie d'un G.B.F. $R \approx 50\Omega$

Oscilloscope

- Résistance d'entrée d'un oscilloscope $R \approx 1\text{M}\Omega$
- Capacité d'entrée d'un oscilloscope $C \approx 10\text{pF}$
- Bande passante d'un oscilloscope en DC (AC) $[0; 50]\text{MHz}$ ($[10; 50]\text{MHz}$)

Multimètre

- Résistance d'entrée d'un voltmètre numérique $R \approx 10\text{M}\Omega$
- Bande passante d'un multimètre $0 \text{ à } 50\text{kHz}$

Conducteur usuel ($I = 1 \text{ A}$ et rayon $a = 1 \text{ mm}$)

- Densité volumique de courant $j = I/(\pi a^2) = 10^5 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$
- Densité volumique des électrons dans un métal $n^* \approx \mu N_A/M \approx 10^{29} \text{ m}^{-3}$
- Vitesse d'ensemble des électrons $v = j/(n^*e) \approx 0,1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$
- Résistance d'un conducteur cylindrique (pour $\ell = 1 \text{ m}$) $R_\ell = \ell/(\sigma S) \approx 10^{-3}\Omega$

3 Thermodynamique

L'eau

- Masse volumique de l'eau $\mu = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Masse molaire de l'eau $M = 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Densité moléculaire de l'eau $n^* = \mu N_A/M \approx 10^{28} \text{ m}^{-3}$
- Température de fusion sous 1 bar $T_f = 273,15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$
- Point triple $T_t = 273,16 \text{ K}$ et $P_t = 612 \text{ Pa}$
- Point critique $T_c = 647 \text{ K}$ et $P_c = 221\text{bar}$
- Capacité thermique massique de l'eau liquide $c_l = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} = 1\text{cal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$
- Capacité thermique massique de la glace $c_s = 2,1 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Enthalpie (chaleur latente) massique de fusion $L_{fus} = 330 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Enthalpie (chaleur latente) massique de vaporisation $L_{vap} = 2500 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Compressibilité (à 20°C) $\chi \approx 5 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$
- Libre parcours moyen $l^* \approx 0,1 \text{ nm}$

L'air

- Masse volumique de l'air $\mu = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Masse molaire de l'air $M = 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Densité moléculaire de l'air $n^* = \mu N_A/M \approx 10^{25} \text{ m}^{-3}$
- Compressibilité (à 20°C) $\chi_S = 1/\gamma P_0 \approx 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$

Les gaz parfaits

- Volume molaire d'un gaz parfait sous 1 bar $V_m = RT/P$ 22,4 L à 0°C et 24 L à 25°C
- Capacités thermiques molaires du GP monoatomique $C_{Vm} = 3R/2; C_{Pm} = 5R/2$
- Coefficient de compressibilité isentropique du GP monoatomique $\gamma = C_p/C_v = 5/3$
- Capacités thermiques molaires du GP diatomique $C_{Vm} = 5R/2; C_{Pm} = 7R/2$
et $\gamma = C_p/C_v = 7/5$
- Vitesse quadratique moyenne $v^* = \sqrt{3k_B T/m} = \sqrt{3RT/M}$
 $\Rightarrow v^* \approx 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Libre parcours moyen $l^* \approx 0,1 \mu\text{m}$
- Temps moyen entre deux collisions $\tau^* = l^*/v^* \approx 10^{-10} \text{ s}$

Efficacité réelle de machines thermiques

- Moteur thermique $r = |W|/Q_C \approx 0,4$
- Réfrigérateur $e = Q_F/W \approx 2$
- Pompe à chaleur $e = |Q_C|/W \approx 4$

Diffusion de particules

- Diffusivité d'un gaz $D \approx 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Diffusivité d'un liquide $D \approx 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Diffusivité d'un solide $D < 10^{-15} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Diffusion thermique

- Conductivité thermique d'un gaz $\lambda \approx 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique eau/brique/béton $\lambda \approx 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique d'un métal $\lambda \approx 10^2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Diffusivité thermique $D_{th} = \lambda/\mu c \lambda \approx 10^{-4} \text{ à } 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Coefficient de conducto-convection de l'air $h \approx 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Coefficient de conducto-convection de l'eau $h \approx 10^2 \text{ à } 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Indices de réfraction

- Vide $n = 1$
- Air $n - 1 \approx 3 \cdot 10^{-4}$
- Eau $n \approx 4/3$
- Verre $1,4 \leq n \leq 1,8$

Œil

- Pouvoir séparateur $\epsilon \approx 1' \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$
- Distance minimale de vision distincte (punctum proximum) $d_m = 25 \text{ cm}$
- Distance maximale de vision distincte (punctum remotum) $D_M = +\infty$

Longueurs d'onde

- Domaine visible $400 \text{ nm (violet)} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm (rouge)}$
- Maximum d'émission solaire $\lambda \approx 550 \text{ nm}$
- Laser He-Ne $\lambda \approx 638 \text{ nm}$

Énergie des photons ($\mathcal{E} = h\nu = hc/\lambda$)

- Visible $\mathcal{E} \approx 1 \text{ eV}$
- X $\mathcal{E} \approx 1 \text{ keV}$
- γ $\mathcal{E} \approx 1 \text{ MeV}$
- Puissance d'un laser He-Ne de TP $P \approx 1 \text{ mW}$

Temps de réponse des détecteurs

- Photodiode 10^{-6} s
- Photorésistance 10^{-2} s
- Œil $0,1 \text{ s}$

La Terre

- Âge 4,5 milliards d'années
- Champ de pesanteur à la surface $g \approx 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Rayon $R_T \approx 6400 \text{ km}$
- Masse $M_T = gR_T^2/G \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
- Altitude d'un satellite géostationnaire $h \approx 36000 \text{ km}$
- Vitesse de satellisation $v_1 = \sqrt{GM_T/R_T} \approx 8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
- Vitesse de libération $v_2 = \sqrt{2GM_T/R_T} = \sqrt{2}v_1$
 $\Rightarrow v_2 \approx 11 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

La Lune

- Distance Terre-Lune $d_{T-L} \approx 60R_T \approx 3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$
- Champ de pesanteur à la surface $g \approx 1,62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Rayon $R_L \approx 1,7 \cdot 10^6 \text{ m}$
- Masse $M_L \approx 7,4 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
- Diamètre apparent depuis la Terre $\alpha_L = 2R_L/d_{T-L} \approx 0,5^\circ$

Le Soleil

- Distance Terre-Soleil $d_{T-S} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} = 1 \text{ u.a.}$
- Champ de pesanteur à la surface $g \approx 274 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Rayon $R_S \approx 7,0 \cdot 10^5 \text{ km}$
- Masse (d'après la 3ème loi de KÉPLER) $M_S = 4\pi^2 d_T^3 / (GT^2) \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
- Diamètre apparent depuis la Terre (éclipse totale possible) $\alpha_S = 2R_S/d_{T-S} \approx 0,5^\circ \approx \alpha_L$
- Température de surface $T_S = 6 \cdot 10^3 \text{ K}$

L'Univers

- Âge 14 milliards d'années
- Année lumière (a.l.) 10^{16} m
- Étoile la plus proche (Proxima du Centaure) 4 a.l.

Grandeurs usuelles

- Coefficient de frottement $f_{\text{acier-acier}} \approx 0,2$
- Période d'un pendule simple de longueur $\ell = 1 \text{ m}$ $T = 2\pi\sqrt{\ell/g} \approx 1 \text{ s}$
- Raideur d'un ressort $k \approx 100 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

Puissances

- Marcheur 100 W
- Cheval vapeur 736 W
- Résistance chauffante (four, fer à repasser etc.) 1 kW
- Automobile 100 kW
- TGV 10 MW
- Centrale nucléaire 1 GW

Statique des fluides

- Pression atmosphérique au sol $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$
 $p_0 = 1,013 \text{ bar}$
- Hauteur équivalente à la pression atmosphérique $h = p_0/\mu g \approx 10 \text{ m (eau) ou } 76 \text{ cm(Hg)}$
- Augmentation de pression dans l'eau 1 bar tous les 10 m
- Distance caractéristique variation pression (atm. isotherme T_0) $\alpha_L = 2R_L/d_{T-L}$
 $\Rightarrow \alpha_L \approx 0,5^\circ \delta = RT_0/Mg \approx 10 \text{ km}$

Viscosité

- Viscosité dynamique de l'air $\eta \approx 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- Viscosité dynamique de l'eau $\eta \approx 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- Viscosité dynamique de l'huile $\eta \approx 1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- Viscosité cinématique (coeff. de diffusion) $\nu = \eta/\mu \approx 10^{-6} \text{ à } 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Ondes sonores

- Fréquences sonores infrasons $< 20 \text{ Hz}$
audible $\leq 20 \text{ kHz} < \text{ultrasons}$
- Célérité du son dans un gaz (air) $c = \sqrt{\gamma RT/M} \approx 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Célérité du son dans un liquide (eau) $c = 1/\sqrt{\mu_0 \chi_S} \approx 1,4 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Célérité du son dans un solide (module d'YOUNG $E \approx 10^{11} \text{ Pa}$) $c = \sqrt{E/\mu_0} \approx 5,0 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Seuil d'audibilité (0 dB, surpression $p_1 \approx 3 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$) $I_0 \approx 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- Pièce au calme 30 dB
- Conversation calme à 1 m 60 dB
- Marteau piqueur à 1 m 100 dB
- Seuil de douleur (surpression $p_1 \approx 100 \text{ Pa}$) 130 dB

Grandeurs usuelles

- Charge du proton et de l'électron $q = \pm e = \pm 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Masse de l'électron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- Masse d'un nucléon $m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 2000 m_e$
- Rayon d'un atome $a \approx 1 \text{ \AA} \dots 10^{-10} \text{ m}$
- Rayon du noyau $a \approx 1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$

Électrostatique

- Permittivité relative de l'eau $\epsilon_r = 80$
- Champ d'ionisation de l'air $E \approx 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$
- Champ électrique d'un atome $E = e/4\pi\epsilon_0 a^2 \approx 10^{11} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$
- Moment dipolaire d'une molécule $p \approx 10^{-29} \text{ C} \cdot \text{m} \approx 33 \text{ Debye}$
- Polarisabilité atome $\alpha \approx a^3 \approx 10^{-30} \text{ m}^3$
- Capacité d'un condensateur plan $C = \epsilon_0 S/e$

Magnétostatique

- Champ magnétique terrestre $B_T \approx 10^{-4} \text{ T} = 1 \text{ Gauss}$
- Champ au centre d'une spire de 1 cm parcourue par $I = 1 \text{ A}$ $B \approx 10^{-4} \text{ T}$
- Champ magnétique d'un aimant permanent $B \approx 0,1 \text{ à } 1 \text{ T}$
- Champ magnétique d'un IRM (bobine supraconductrice) $B \approx \text{qqes T}$
- Champ magnétique labo de recherche $B \approx 10 \text{ à } 100 \text{ T}$
- Moment magnétique atomique (Magnéton de BOHR) $\mu_B = e\hbar/2m_e \approx 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$
- Moment magnétique d'un aimant usuel $\mathcal{M} \approx 1 \text{ A} \cdot \text{m}^2$
- Moment magnétique volumique maximal d'un aimant $d\mathcal{M}/d\tau \approx 10^6 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$
- Force surfacique d'adhérence d'un aimant $dF/dS \approx 10^6 \text{ Pa} = 10 \text{ bar}$
- Moment magnétique de la Terre $\mathcal{M} \approx 10^{23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$

Électromagnétisme

- Domaine de période de la loi d'OHM locale $T \gg \tau \approx 10^{-14} \text{ s}$
- Épaisseur de peau $\delta = \sqrt{2/\mu_0 \gamma_0 \omega}$ $\approx 1 \text{ cm à } 50 \text{ Hz}$
- Fréquence plasma de l'ionosphère $f_p = \omega_p/2\pi \approx 3 \text{ MHz}$
($n_0 \approx 10^{11} \text{ m}^{-3}$ et $\omega_p = \sqrt{n_0 e^2/m\epsilon_0}$)
- Flux surfacique et champ \vec{E} du Soleil et d'un laser $1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ et $1 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$
- Flux surfacique et champ \vec{E} d'un portable (à 1 m) $0,1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ et $10 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$

Energies

- Énergie potentielle d'un électron soumis à une tension de 1 V $\mathcal{E}_p = qV = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- Énergie d'agitation thermique à 300 K $k_B T \approx 30 \text{ meV}$
- Énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène $\mathcal{E}_i = 13,6 \text{ eV}$
- Énergie de liaison chimique intramoléculaire $\mathcal{E}_\ell \approx 10 \text{ eV} \approx 10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Énergie de liaison chimique intermoléculaire de VdW $1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \leq \mathcal{E}_\ell \leq 10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Énergie de liaison hydrogène $\mathcal{E}_\ell \approx 20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Énergie d'une particule α (noyau d'hélium) $\mathcal{E}_\ell \approx 5 \text{ MeV}$