

Formulaire

« La nature est écrite en langage mathématique. » Galilée, *Il Saggiatore*, 1623

1 Incertitudes

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
Incertitude	$X = x \pm u(X) \text{ unité}$ <div> X : unité de X x : une valeur mesurée $u(X)$: même unité que X </div>	$u(X)$ quantifie la précision d'une mesure de X . L'incertitude $u(X)$ est <u>arrondie par excès à un seul chiffre significatif</u> , et la valeur x est arrondie au même rang décimal que $u(X)$.	L'incertitude $u(X)$ est utilisée pour estimer la fiabilité d'une mesure et comparer un résultat expérimental à une valeur théorique ou de référence.
Incertitude de type A	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ $u(X) = \frac{s}{\sqrt{n}}$	\bar{x} est la <u>moyenne</u> des n mesures x_i de X , c'est la meilleure estimation de la valeur de X et s l' <u>écart type échantillon</u> (donnés par la calculatrice)	Valeur estimée et incertitude obtenues par analyse statistique de mesures répétées.
Incertitude de type B	Instrument analogique : $u(X) = \frac{1 \text{ graduation}}{2}$ Instrument numérique : $u(X) = \frac{\text{dernier chiffre affiché}}{2}$ quand aucune précision fournie par le constructeur	Sans précision constructeur, on prend la moitié de l'unité comme incertitude.	L'incertitude de type B est évaluée à partir des caractéristiques de l'instrument de mesure ou de données fournies (notice, constructeur, résolution), sans répétition statistique des mesures.
Z-score	$Z = \frac{ X_{\text{mes}} - X_{\text{ref}} }{u(X)}$ <div> Z : sans unité X_{mes} : unité de X X_{ref} : unité de X $u(X)$: unité de X </div>	Le score Z compare l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de référence à l'incertitude de mesure. Si $Z < 2$, la valeur mesurée est considérée comme compatible avec la valeur de référence.	Comparaison d'une valeur mesurée avec une valeur de référence
Écart-relatif	$\text{Écart relatif} = \frac{ X_{\text{mes}} - X_{\text{ref}} }{X_{\text{ref}}} \times 100$	Si l'écart est inférieur à 10 %, la mesure est généralement considérée comme acceptable.	Comparaison d'une valeur mesurée avec une valeur de référence

2 Spectroscopie et conductimétrie

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
Beer-Lambert	$A_\lambda = \varepsilon_\lambda \times \ell \times c$ A_λ : sans unité ε_λ : $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ ℓ : $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ c : $mol \cdot L^{-1}$	À une longueur d'onde donnée λ , l'absorbance A_λ d'une solution diluée est proportionnelle à la concentration c du soluté et à l'épaisseur ℓ traversée. ε_λ est le coefficient d'extinction molaire du soluté.	Condition de validité : $c \leq 0,01 mol \cdot L^{-1}$
Conductance	$G = \frac{1}{R}$ G : siemens (S) R : ohm (Ω)	La conductance G mesure la facilité avec laquelle un dipôle laisse passer le courant	
Loi d'Ohm exprimée avec la conductance	$I = G \cdot U$ I : ampère (A) U : volt (V) G : siemens (S)	L'intensité du courant I est proportionnelle à la tension U appliquée au dipôle. Le coefficient de proportionnalité G est la conductance : plus G est grande, plus le courant circule facilement.	
Constante de la sonde conductimétrique	$k = \frac{\ell}{S}$ k : m^{-1} ℓ : m S : m^2	La constante k caractérise la géométrie de la sonde et sert à convertir la conductance en conductivité. ℓ est la distance entre les électrodes et S la surface utile des électrodes	
Relation conductivité-conductance	$\sigma = G \cdot \frac{\ell}{S} = k \cdot G$ σ : $mS \cdot cm^{-1}$ (ou $S \cdot m^{-1}$) G : siemens (S)	La conductivité σ est une grandeur intrinsèque de la solution ionique, indépendante de la sonde, contrairement à la conductance G qui dépend des électrodes.	
Kohlrausch	$\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$ σ : $S \cdot m^{-1}$ λ_i : $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$ $[X_i]$: $mol \cdot m^{-3}$	Dans une solution diluée, la conductivité est la somme des contributions de chaque ion, proportionnelles à leur concentration $[X_i]$ et à leur conductivité molaire ionique λ_i .	Condition de validité : $c \leq 0,01 mol \cdot L^{-1}$

3 Solutions, dissolution, dilution

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
Quantité de matière (définition)	$n = \frac{N}{N_A}$ n : mole N : sans unité $N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$	N_A : nombre d'avogadro. 1 mol contient N_A entités. Cette relation permet de relier le nombre d'entités microscopiques N à la quantité de matière n (monde macroscopique).	

Quantité de matière d'un solide pur	$n = \frac{m}{M}$ m : gramme (g) M : g.mol ⁻¹	Détermination de la quantité de matière d'un <u>solide pur</u> à partir de sa masse m et de sa masse molaire M .	Solide pur
Quantité de matière d'un liquide pur	$n = \frac{\rho V}{M} = \frac{d \rho_{\text{eau}} V}{M}$ n : mole ρ : g.L ⁻¹ V : L M : g.mol ⁻¹ d : densité $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ g.mL}^{-1}$ $= 1 \text{ kg.L}^{-1}$	Pour un <u>liquide pur</u> , la quantité de matière se calcule à partir du volume V , de la masse volumique ρ (ou densité d) et de la masse molaire M .	Liquide pur
Quantité de matière d'un soluté en solution	$n = C \times V = \frac{C_m \times V}{M}$ n : mole V : L M : g.mol ⁻¹ C : mol.L ⁻¹ C_m : g.L ⁻¹	Pour un <u>soluté en solution</u> , la quantité de matière s'obtient à partir de la concentration molaire C (ou concentration massique C_m et masse molaire M) et du volume V de solution	Soluté en solution
Quantité de matière d'un gaz pur	$n = \frac{V_{\text{gaz}}}{V_m}$ n : mole V_{gaz} : L V_m : V.mol ⁻¹	Pour un gaz pur, la quantité de matière se détermine à partir du volume du gaz V_{gaz} et du volume molaire V_m .	Gaz pur
Préparation d'une solution par dissolution	$m = n \times M = C \times V \times M$ m : g n : mole V : L M : g.mol ⁻¹ C : mol.L ⁻¹	Pour préparer une solution par dissolution, on calcule la masse de soluté à peser à partir de la concentration souhaitée C , du volume V et de la masse molaire M	
Dilution	$V_{\text{mère}} = \frac{C_{\text{fille}} V_{\text{fille}}}{C_{\text{mère}}}$ V_{fille} : L $V_{\text{mère}}$: L C_{fille} : mol.L ⁻¹ $C_{\text{mère}}$: mol.L ⁻¹	<p>Pour réaliser une dilution, on calcule le volume de solution mère $V_{\text{mère}}$ (volume de pipette jaugée) à prélever à partir de la concentration finale souhaitée C_{fille}, du volume final V_{fille} (volume de fiole jaugée) et de la concentration de la solution mère $C_{\text{mère}}$</p> <p>Lors d'une dilution, la quantité de soluté est conservée ($C_{\text{mère}} V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} V_{\text{fille}}$) : la concentration diminue quand le volume augmente.</p>	

Pourcentage massique	$t(\%) = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} \times 100$ <p> $m_{\text{soluté}} : \text{g}$ $m_{\text{solution}} : \text{g}$ $t(\%) : \text{sans unité}$ </p>	t(%) exprime la fraction massique du soluté dans la solution.	
Contrôle qualité : vérification de la concentration à partir de pourcentage massique	$C = \frac{t(\%) \times \rho}{100 \times M}$ <p> $\rho : \text{g.L}^{-1}$ $M : \text{g.mol}^{-1}$ $t(\%) : \text{sans unité}$ $C : \text{mol.L}^{-1}$ </p>	Le pourcentage massique fourni par le fabricant permet de calculer la concentration attendue, puis de la vérifier par mesure expérimentale.	

4 Cinétique chimique

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
Vitesse volumique d'apparition d'un produit	$V_A(t) = \frac{d[P](t)}{dt}$ <p> $[P] : \text{mol.L}^{-1}$, $t : \text{s ou min}$ $V_A : \text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1} \text{ ou } \text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ </p>	La vitesse d'apparition $V_A(t)$ d'un produit P à un instant t est la dérivée de sa concentration par rapport au temps.	Suivi de l'évolution temporelle d'une réaction par rapport à un produit
La vitesse volumique de disparition d'un réactif	$V_D(t) = - \frac{d[R](t)}{dt}$ <p> $[R] : \text{mol.L}^{-1}$, $t : \text{s ou min}$ $V_D : \text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1} \text{ ou } \text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ </p>	La vitesse de disparition $V_D(t)$ d'un réactif R à un instant t est la dérivée de sa concentration par rapport au temps.	Suivi de l'évolution temporelle d'une réaction par rapport à un réactif
Loi de vitesse d'ordre 1	$V_D(t) = k \cdot [R]$ <p> $[R] : \text{mol.L}^{-1}$, $t : \text{s}^{-1} \text{ ou } \text{min}^{-1}$ $V_D : \text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1} \text{ ou } \text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ </p>	La vitesse de disparition est proportionnelle à la concentration du réactif R. k est la <u>constante de vitesse</u> .	La loi de vitesse est d'ordre 1 si et seulement si : $V_D = f([R])$ est une fonction linéaire croissante ou $\ln([R]) = f(t)$ est une fonction affine décroissante ou $[R] = f(t)$ est une fonction exponentielle décroissante
Temps de demi-réaction $t_{1/2}$	<p>Pour un réactif :</p> $[R](t_{1/2}) = \frac{[R](0)}{2}$ <p>Pour un produit :</p> $[P](t_{1/2}) = \frac{[P](\infty)}{2}$	C'est le temps nécessaire pour que la concentration du réactif initial soit divisée par deux, ce qui correspond aussi à l'atteinte de la moitié de la quantité finale de produit.	Pour une réaction d'ordre 1, le temps de demi-réaction est : $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$

5 Lunette astronomique

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
Grossissement	$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ <p> G : sans unité α' : radian α : radian </p>	Le grossissement G compare l'angle (diamètre apparent) sous lequel l'image est vue à l'œil nu α à l'angle (diamètre apparent) sous lequel l'objet est observé à travers le système optique (lunette astronomique)	Pour une lunette astronomique (type Kepler), le grossissement s'écrit : $G = \frac{f'_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}}$

6 Phénomènes ondulatoires

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
Vitesse de l'onde	$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f$ <p> v : m.s⁻¹ λ : m ou nm T : s f : Hz (c'est = s⁻¹) Son dans l'air : 340 m.s⁻¹ Lumière dans l'air ou vide : 3.10⁸ m.s⁻¹ </p>	Cette relation permet de relier la longueur d'onde et la fréquence d'une onde à travers la vitesse de l'onde.	Ondes périodiques (sonores, lumineuses, mécaniques, électromagnétiques)
Modélisation d'une onde	$y(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \Phi\right)$ $y(x) = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x + \Phi\right)$ <p> A : même unité que y (m) λ : m ou nm T : s Φ : rad (radian) </p>	Modélisations d'une onde progressive en fonction du temps et de la position	Ondes périodiques sinusoïdales
Retard d'onde	$\tau_{21} = \frac{M_1 M_2}{v}$ <p> τ_{21} : s v : m.s⁻¹ $M_1 M_2$: m </p>	Le retard d'onde τ_{21} correspond au temps que met l'onde pour passer d'un point M_1 , plus proche de la source, à un point M_2 , plus éloigné de la source.	Le retard d'onde est utilisé pour déterminer le déphasage entre deux ondes arrivant en des points différents, notamment dans l'étude des interférences et de la diffraction.
Intensité sonore	$I = \frac{P}{S}$ <p> P : W (watt) S : m² I : W.m⁻² </p>	L'intensité sonore I correspond à la puissance acoustique P reçue par unité de surface S du récepteur.	Grandeur additive
Niveau sonore	$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ <p> L : dB (décibel) I : W.m⁻² $I_0 = 10^{-12}$ W.m⁻² </p>	L'échelle logarithmique correspond à la sensibilité de l'oreille humaine.	Grandeur non additive
Atténuation géométrique	$I = \frac{P}{4\pi d^2}$ <p> P : W (watt) I : W.m⁻² d : m </p>	L'atténuation géométrique correspond à la diminution de l'intensité d'une onde due à sa propagation dans l'espace.	Cette relation est utilisée pour calculer l'intensité reçue en fonction de la distance d à une source, en supposant une

			propagation isotrope de l'onde dans l'espace
Atténuation d'absorption	$A = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}}$ $A : \text{dB}$ $L_{\text{incident}} : \text{dB}$ $L_{\text{transmis}} : \text{dB}$	L'atténuation sonore compare le niveau sonore incident au niveau sonore transmis	Attenuation lorsque l'onde interagit avec un matériau
Effet Doppler	$f_r = f_e \times \frac{c}{c-v}$ Décalage Doppler : $\Delta f = f_e \frac{v}{c-v}$	Le mouvement relatif source-récepteur modifie la fréquence reçue f_r par rapport à la fréquence émise f_e .	Emetteur s'approchant du récepteur
	$f_r = f_e \times \frac{c}{c+v}$ Décalage Doppler : $\Delta f = f_e \frac{v}{c+v}$		Emetteur s'éloignant du récepteur
Diffraction	$\theta = \frac{\lambda}{a}$ $\theta : \text{rad}$ $\lambda : \text{m}$ $a : \text{m}$	La diffraction est l'étalement d'une onde lorsqu'elle traverse une ouverture ou contourne un obstacle de taille comparable à sa longueur d'onde.	Condition de diffraction : - Onde mécanique $\frac{a}{\lambda} \lesssim 1$ Onde électromagnétique $\frac{a}{\lambda} \lesssim 100$
Mesure de largeur a d'une fente par diffraction	$a = \frac{2\lambda D}{L}$ $a : \text{m ou } \mu\text{m}$ $\lambda : \text{m ou nm}$ $L : \text{m ou cm}$ $D : \text{m}$	La largeur de la fente a se déduit de la largeur de la tache centrale de diffraction D , proportionnelle à la longueur d'onde λ et à la distance écran-fente D .	
Interférence constructive entre ondes 1 et 2	$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1 = n \times T$ avec $n \in \mathbb{Z}$ $\delta = n \times \lambda$ avec $n \in \mathbb{Z}$	L'interférence est constructive lorsque les ondes 1 et 2 arrivent en phase c-à-d quand leur différence de marche δ vaut un multiple entier de la longueur d'onde	Sources S_1 et S_2 cohérentes par exemple dispositif de fente de Young
Interférence destructive entre ondes 1 et 2	$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1 = \left(n + \frac{1}{2}\right) \times T$ avec $n \in \mathbb{Z}$ $\delta = \left(n + \frac{1}{2}\right) \times \lambda$ avec $n \in \mathbb{Z}$	L'interférence est destructive lorsque les ondes 1 et 2 arrivent en opposition de phase, c'est-à-dire quand leur différence de marche	Sources S_1 et S_2 cohérentes par exemple dispositif de fente de Young
Interfrange	$i = \lambda \times \frac{D}{b}$ $i : \text{m ou cm}$ $\lambda : \text{m ou nm}$ $b : \text{m ou cm}$ $D : \text{m}$	l'interfrange i est la distance entre deux franges brillantes (ou sombres) successives ; il diminue quand l'écartement des fentes b augmente	On l'utilise pour déterminer une grandeur inconnue en mesurant i sur l'écran, typiquement λ (si b et D sont connus) ou b (si λ et D sont connus).

7 Acide- base – réactions équilibrées

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
pH	$\text{pH} = -\log([H_3O^+])$ $\text{pH} : \text{sans unité}$ $[H_3O^+] : \text{mol.L}^{-1}$	Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse à partir de la concentration en ions oxonium. Formellement, on devrait écrire : $pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{C^0}\right)$ avec $C^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ (concentration standard)	La mesure de pH d'une solution aqueuse avec un pH-mètre nous donne la concentration $[H_3O^+] = 10^{-\text{pH}}$

Taux d'avancement	$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$ $\tau : \text{sans unité} \leq 1$ $x_f : \text{mol}$ $x_{\max} : \text{mol}$	Le taux d'avancement indique la proportion de réactifs transformés au cours d'une réaction chimique équilibrée, par rapport à l'avancement maximal possible.	Pour un monoacide faible, de concentration initiale de l'acide apporté C, on obtient τ en mesurant le pH de la solution $\tau = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$
Quotient de réaction	<p>Pour $a A_{(aq)} + b B_{(aq)} + c H_2O_{(l)} \rightleftharpoons d D_{(aq)} + e E_{(aq)} + f F_{(s)}$</p> $Q_r(t) = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b}$ $Q_r : \text{sans unité}$ $[] : \text{mol. L}^{-1}$	Q_r indique si une réaction qui n'a pas atteint l'équilibre va avancer, reculer ou être à l'équilibre.	$Q_r < K \rightarrow$ la réaction avance, $Q_r > K \rightarrow$ elle recule, $Q_r = K \rightarrow$ elle est à l'équilibre.
Constante d'équilibre	$K = (Q_r)_{\text{eq}}$ $K : \text{sans unité}$	La constante d'équilibre K indique la position de l'équilibre chimique : si $K \gg 1$, les produits sont majoritaires ; si $K \ll 1$, les réactifs sont majoritaires.	On peut déduire l'avancement final x_f d'une réaction équilibrée connaissant K
Constante d'acidité et pK_A du couple AH / A^-	$K_A = \frac{[A^-]_{\text{eq}} \times [H_3O^+]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}}}$ $pK_A = -\log(K_A)$	La constante K_A est sans unité (car les concentrations sont rapportées à la concentration standard $C^0 = 1 \text{ mol. L}^{-1}$, que l'on n'écrit pas pour alléger les notations)	Le pK_A caractérise la force d'un couple acide-base. Plus le pK_A est faible, plus l'acide est fort. Plus le pK_A est élevé, plus la base est forte.
Produit ionique de l'eau	$K_e = [H_3O^+]_{\text{eq}} \times [HO^-]_{\text{eq}}$ $= 10^{-14}$	C'est la constante d'acidité dans le cas particulier de l'équilibre ionique l'eau : $2 H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$	
Réaction entre un acide A_1H et une base faible A_2^-	$A_1H + A_2^- \rightleftharpoons A_1^- + A_2H$ $K = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = 10^{pK_{A1} - pK_{A2}}$	K_{A1} constante de A_1H / A_1^- K_{A2} constante de A_2H / A_2^-	
Henderson	$pH = pK_A + \log\left(\frac{[A^-]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}}}\right)$ $pH : \text{sans unité}$ $pK_A \text{ du couple } AH / A^- : \text{sans unité}$	La relation de Henderson–Hasselbalch relie le pH d'une solution au pK_A du couple acide-base et au rapport des concentrations des formes acide et basique.	Elle est utilisée pour prévoir la forme prédominante d'un couple acide-base et tracer les diagrammes de prédominance.

8 Synthèse organique

Nom de la loi ou de la grandeur	Relation	Explication	Contexte d'utilisation
Rendement d'une synthèse	$\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{max}}} \text{ ou } \eta = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{max}}}$ $\eta : \text{sans unité}$ $m_{\text{exp}} \text{ ou } m_{\text{max}} : \text{g}$ $n_{\text{exp}} \text{ ou } n_{\text{max}} : \text{mol}$	Le rendement η d'une réaction compare la quantité de produit obtenue expérimentalement à la quantité maximale théorique attendue si la réaction était totale.	Il est utilisé pour évaluer l'efficacité d'une synthèse