Norme internationale ISO 6426/1

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION•МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ•ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Vocabulaire horloger — Partie 1 : Définitions technico-scientifiques

Horological vocabulary — Part 1 : Technical and scientific definitions

Première édition — 1982-02-01

CDU 681.11 : 001.4 **Réf. nº : ISO 6426/1-1982 (F)**

Descripteurs : horlogerie, instrument de mesure du temps, vocabulaire, définition, formule.

Prix basé sur 7 pages

ISO 6426/1-1982 (F)

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 6426/1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 114, *Horlogerie*, et a été soumise aux comités membres en mai 1980.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Australie	Japon
Égypte, Rép. arabe d'	Roumanie
Espagne	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Inde	URSS

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvée pour des raisons techniques :

Allemagne, R.F.
Royaume-Uni

Vocabulaire horloger — Partie 1 — Définitions technico-scientifiques

1 Objet et domaine d'application

La présente partie de l'ISO 6426 définit les principaux termes technico-scientifiques utilisés dans l'industrie horlogère. Les définitions s'appliquent aux instruments de mesure du temps ou aux dispositifs qui s'y rapportent.

Un tableau récapitulatif des grandeurs et des unités de mesure liées aux définitions figure à la fin de la présente partie de l'ISO 6426.

NOTE — Les définitions de termes technico-commerciaux feront l'objet d'une norme ultérieure.

2 Référence

ISO 31/1, *Grandeurs et unités d'espace et de temps.*

3 Définitions

L'ordre adopté pour les termes est un ordre logique, indépendant de toute idée de classification, et la numérotation des articles n'implique aucune hiérarchisation.

1 temps : Milieu indéfini où paraissent se dérouler irréversiblement les existences dans leur changement, les événements et les phénomènes dans leur succession.

À ce milieu correspond une grandeur t permettant, dans une échelle de temps, le classement chronologique des événements.

2 date (h ou H) : Au sens de la physique, la *date d'un événement*, rapportée à l'échelle de temps associée à un instrument horaire, est le *repère* de l'instant précis (h_i) où il apparaît dans la suite chronologique, totalement ordonnée, des indications successives affichées par cet instrument.

Dans une échelle de temps uniforme, dont l'origine a été convenablement choisie, on peut décrire la succession des dates h en fonction du paramètre t croissant continûment par la relation :

$$h = \lambda t - h_0 \qquad \ldots (1)$$

NOTE — λ est un facteur tenant compte de l'unité choisie.

3 durée (t, τ) : La *durée* τ d'un *intervalle de temps* (h_j, h_i), définie dans une *échelle de temps donnée*, est la différence

$$\tau = h_j - h_i \qquad \ldots (2)$$

entre les dates, prises dans cet ordre, de la fin de l'intervalle (h_j) et du début de celui-ci (h_i).

NOTE — Dans une échelle de temps uniforme, en application de la formule (1), l'expression de la durée est donnée par la relation :

$$\tau = \lambda (t_j - t_i) \qquad \ldots (3)$$

soit encore plus simplement, si $\lambda = 1$, c'est-à-dire si l'échelle uniforme sert de *référence* :

$$\tau = t_j - t_i \qquad \ldots (4)$$

Dans ce cas, il y a identité pure et simple entre h et t quand les indices concordent et l'unité de durée est la seconde définie dans le système international (SI). Si, de plus, les indices sont eux-mêmes choisis dans un ensemble totalement ordonné et si $j > i$, alors $t_j > t_i$ et $\tau > 0$. La date (h_i) est antérieure à (h_j).

4 état (E) **d'un instrument à l'instant** t_i : Différence, à un instant précis repéré t_i, entre la date h_i qu'il affiche et la date H_i de référence

$$E_i = h_i - H_i \qquad \ldots (5)$$

L'unité de l'état est la seconde.

NOTE — Si l'on dispose d'un accès direct à une échelle de temps de référence conservée par une horloge étalon pour repérer une date H, contrôler un instrument horaire conservant sa propre échelle de temps h par rapport à l'étalon consiste à dater, c'est-à-dire à repérer simultanément un même événement dans les deux échelles de temps.

Lorsqu'on constate une différence de dates $(h - H)_i$:

— l'instrument à contrôler est en avance par rapport à l'horloge étalon si $E_i > 0$;

— l'instrument à contrôler est en retard par rapport à l'horloge étalon si $E_i < 0$.

5 correction instrumentale (C) : Correction de date que l'on doit algébriquement ajouter à l'heure lue h_i pour obtenir l'heure de référence H_i à l'instant t_i.

$$C_i = - E_i = H_i - h_i \qquad \ldots (6)$$

Cette correction est négative si l'instrument est en avance et positive s'il est en retard par rapport à l'horloge étalon.

L'unité de correction instrumentale est la seconde.

6 marche (M_τ) d'un instrument pendant la durée τ d'un intervalle de temps repéré aux instants t_j et t_i : Rapport de la variation de l'état pendant une durée τ à la valeur de cette durée. C'est un nombre sans dimension.

$$M_\tau = \frac{(\Delta E)_\tau}{\tau} \qquad \ldots (7)$$

Dans le cas général, l'intervalle de temps d'observation est fixé par les dates H_j et H_i repérées aux instants t_j et t_i de l'échelle de temps uniforme de référence.

$t_j - t_i > 0$, c'est-à-dire que les indices croissent comme le temps t.

$$\text{On a : } M_{(t_j - t_i)} = \frac{E_j - E_i}{H_j - H_i} = \frac{E_j - E_i}{\lambda (t_j - t_i)} \qquad \ldots (8)$$

Lorsque les observations sont faites dans l'échelle de temps de référence, $\lambda = 1$ et puisque $\tau = t_j - t_i$, l'équation 8 s'écrit :

$$M_\tau(t_i) = \frac{E(t_i + \tau) - E(t_i)}{\tau} \qquad \ldots (9)$$

L'unité fondamentale est la seconde par seconde (s/s), mais l'usage horloger veut que la marche s'exprime aussi en secondes par jour (s/d).

La marche est positive si l'avance augmente ou si le retard diminue, et inversement. En général, la marche dépend du temps, des instants, et des paramètres décrivant l'environnement de l'instrument.

7 marches particulières : Elles correspondent à des intervalles d'observation spécifiés, mais conservent une expression sans dimension. Comme unité conventionnelle, on peut choisir la seconde par jour (s/d) ou une autre unité analogue (s/a, s/h, s/min).

- M_T : marche par période de l'oscillateur ($\tau = T$)
- M_s : marche par seconde (τ = 1 s)
- M_{min} : marche par minute (τ = 1 min)
- M_d : marche diurne (ou marche par jour) (τ = 1 d)
- M_a : marche annuelle (τ = 1 a)

NOTES

1 Il faut toujours considérer que *ce n'est que* l'indice τ de M qui indique l'intervalle de temps pour la mesure de la marche (M_s: τ = 1s; M_{min}: τ = 1 min; M_d: τ = 1d). L'unité utilisée *ne fixe pas nécessairement* l'intervalle de temps pendant lequel la mesure de la marche est effectuée. Un changement de l'unité ne résulte que d'un calcul.

Par exemple

1 s/d = 1/86 400 s/s ≈ 1,157 × 10^{-5}

1 s/a = 1/31 556 925,974 7 s/s = 1/86 400 × 365,242 198 781 s/s ≈ 3,169 × 10^{-8} s/s

2 *La marche diurne* M_d est la marche de l'instrument pendant une durée de 1 jour (τ = 1d). Elle est aussi représentée par le symbole M sans indice. Son unité conventionnelle est la seconde par jour (s/d).

8 allure [$M_0(t)$] : Valeur limite de la marche à l'instant t, si τ tend vers zéro :

$$\lim_{\tau \to 0} M_\tau = \frac{(\Delta E)\tau}{\tau}, \text{ soit } M_0(t) = \frac{\delta E(t)}{\delta t} \qquad \ldots (10)$$

C'est la dérivée de l'état $E(t)$ par rapport au temps t. On en déduit :

$$E(t_1) - E(t_0) = \int_{t_0}^{t_1} M_0(t)\,\delta t \qquad \ldots (10a)$$

$M_0(t)$ est une fonction du temps (continu ou non, analytique ou aléatoire...) d'expression sans dimensions.

NOTE — d est le symbole de la durée du jour (86 400 s) et δ est le symbole des éléments différentiels au sens mathématique.

9 marche au temps ($t_i + \tau$); allure moyenne ($\mathscr{M}_\tau$) : Valeur moyenne de l'allure durant un intervalle de temps déterminé τ et précisé.

$$\mathscr{M}_\tau(t_i) = \frac{1}{\tau} \int_{t_i}^{t_i + \tau} M_0(t)\,\delta t \qquad \ldots (11)$$

Elle s'exprime conventionnellement en secondes par jour.

NOTES

1 Si $\tau = k$d, $\mathscr{M}_\tau(t_0) = \overline{M}_{dk}$

2 $\mathscr{M}$ procède de la détermination de la variation d'état d'un instrument de mesure du temps connaissant la loi d'évolution de son allure.

Soit $p_M(\tau)$ la densité de probabilité de l'allure $M_0(t)$ établie ou connue durant l'intervalle de temps τ, $M_0(t)$ étant, au sens le plus général, une fonction stochastique à l'ergodicité faible certaine; on peut donc écrire : $E < M_0 > = \overline{M}_0$, d'où

$$\mathscr{M}_\tau = \int_{-\infty}^{+\infty} M_0 \times p_M(\tau) \times \delta M_0$$

3 L'*allure moyenne* ($\mathscr{M}_\tau$) de l'instrument, durant l'intervalle de temps τ, est aussi sa marche M_τ. Cette dernière découle d'une observation globale du fonctionnement de l'instrument horaire, alors que $\mathscr{M}_\tau$ résulte de son analyse infinitésimale; on a, dans ce cas, une connaissance accrue de ses performances.

10 marche instantanée (m_r) : On fera volontiers usage de la *marche instantanée* lorsque l'allure moyenne d'un instrument est relevée sur un chrono-comparateur dans une condition d'environnement référencée r et pendant un court intervalle de temps. Elle s'exprime conventionnellement en secondes par jour (s/d).

NOTE — L'indice r rassemble les conditions spécifiques de l'environnement lors du mesurage de la marche instantanée. Sa présence est descriptive; il est donc d'expression très variée. Par exemple, $m_{6\text{ h},\,30\text{ °C}}$ précise la position de la montre (verticale, 6 heures en haut) et la température d'observation (30 °C).

Autre exemple : m_j indique la valeur de la marche instantanée relevée au début de la $j^{\text{ième}}$ séquence d'une suite chronologique d'observations dont les conditions d'environnement sont répertoriées par ailleurs.

11 marche probable; marche diurne probable ($\mathscr{M}_p$) : Au moyen d'une fonctionnelle $\boldsymbol{F}$ de la marche instantanée observée dans des conditions d'environnement fixées et indicatives de celles d'une utilisation conventionnelle de l'instrument durant une durée τ, on définit, par simulation mathématique ou physique, la marche que l'instrument horaire aurait probablement s'il était placé ou utilisé durant un intervalle de temps équivalent dans des conditions réelles et similaires de l'utilisation conventionnelle.

Par exemple :

$$\mathscr{M}_{p\tau} = \boldsymbol{F}\ [m_{r(\tau)}(t)] \text{ ou } \boldsymbol{F}\ (m_j) \qquad \ldots (12)$$

lorsqu'il est fait appel à l'observation de la marche instantanée soit lors de l'évolution de conditions d'environnement représentative de l'intervalle τ soit au cours d'une suite de configurations fixées de rang j.

Lorsque l'intervalle de temps choisi pour exprimer la marche probable est le jour et que les conditions d'environnement fixées lui correspondent dans leur ensemble, (τ = 1 d), il s'agit de la *marche diurne probable* : $\mathscr{M}_{pd}$ notée aussi $\mathscr{M}_p$ par simplification.

Alors et par exemple :

$$\left.\begin{array}{l} \mathscr{M}_p = \boldsymbol{F}\ [m_{r(1\,d)}(t)] \\ \text{ou } \boldsymbol{F}\ (m_j), \text{ ou } \boldsymbol{F}\ (M_j) \end{array}\right\} \qquad \ldots (12a)$$

lorsqu'il est fait appel à l'observation, soit de la marche instantanée durant un intervalle de temps pas nécessairement égal à 1 jour, mais rassemblant des conditions d'environnement équivalentes à celles d'une journée conventionnelle d'utilisation, soit à une suite de marches instantanées ou diurnes relevées dans des conditions fixées de rang j.

La marche probable, de même que la marche diurne probable, s'expriment conventionnellement en secondes par jour (s/d). Elles sont obtenues, en principe, dans un intervalle de confiance qui dépend des conditions effectives d'utilisation de l'instrument horaire et de ses capacités chronométriques.

12 dérive (D_τ) d'un instrument pendant la durée τ d'un intervalle de temps repéré aux instants t_j et t_i : Rapport de la variation de l'allure pendant une durée τ à la valeur de cette durée.

$$D_\tau = \frac{(\Delta M_o)_\tau}{\tau}$$

Dans le cas général, l'intervalle de temps d'observation est fixé par les dates H_j et H_i repérées aux instants t_j et t_i de l'échelle de temps uniforme de référence. $t_j - t_i > 0$, c'est-à-dire que les indices croissent comme le temps t.

On a :

$$D_{(t_j - t_i)} = \frac{M_{o_j} - M_{o_i}}{H_j - H_i} = \frac{M_{o_j} - M_{o_i}}{\lambda (t_j - t_i)} \qquad \ldots (13)$$

L'unité fondamentale est la seconde à la puissance moins un (s^{-1}); mais l'usage horloger veut que la dérive s'exprime aussi en secondes par jour carré (s/d^2).

En général, la dérive dépend du temps, des instants et des paramètres décrivant l'environnement de l'instrument.

13 dérives particulières : Elles correspondent à des intervalles d'observation spécifiés. Comme unités conventionnelles, on peut choisir la seconde par jour carré (s/d^2) ou la seconde par jour-année [s/(d·a)].

$$D_\tau = \frac{1}{\tau}\left[M_o(t_i + \tau) - M_o(t_i)\right] \qquad \ldots (14b)$$

D_d : dérive diurne (τ = 1d)

D_a : dérive annuelle (τ = 1a)

NOTE — Il faut toujours considérer que ce n'est que l'indice τ de D qui indique l'intervalle de temps pour la mesure de la dérive.

L'unité utilisée ne fixe pas nécessairement l'intervalle de temps pendant lequel la mesure de la dérive est effectuée. Un changement de l'unité ne résulte que d'un calcul.

14 déviation (D_o) : Valeur limite de la dérive à l'instant t si τ tend vers zéro :

$$D_o(t) = \lim_{\tau \to 0} D_\tau = \lim_{\tau \to 0} \frac{(\Delta M_o)_\tau}{\tau} = \frac{\delta M_o(t)}{\delta t} = \frac{\delta^2 E(t)}{\delta t^2} \qquad \ldots (14)$$

C'est la dérivée de l'allure par rapport au temps t.

On en déduit :

$$M_o(t_1) - M_o(t_o) = \int_{t_o}^{t_1} D_o(t)\ \delta t$$

La valeur moyenne de la déviation pendant une durée τ représente la dérive pendant cette durée :

$$D_\tau(t_i) = \frac{1}{\tau}\int_{t_i}^{t_i + \tau} D_o(t)\delta t \qquad \ldots (14a)$$

La déviation $D_o(t)$ s'exprime en seconde à la puissance moins un (s^{-1}). C'est une fonction du temps et des paramètres décrivant l'environnement de l'instrument de mesure du temps ou de l'oscillateur. Elle ne peut donc le caractériser qu'à un instant précisé.

NOTE — La *stabilité chronométrique* d'un instrument de mesure du temps est son aptitude à ne pas varier de marche et d'allure au cours du temps. Elle peut être examinée à très court terme, à court terme, . . . , à long terme. Son expression chiffrée est donnée *a contrario* (instabilité) et, selon le cas, par la valeur de la déviation et de la dérive.

Pour expliciter de la sorte les caractéristiques d'un oscillateur, on doit préciser t, l'instant du début des observations et les conditions répertoriées de son fonctionnement (environnement, amplitude des oscillations, etc.). La dérive diurne ou annuelle est une expression caractéristique du vieillissement chronométrique.

15 variation de la marche diurne (V) : Différence entre deux marches diurnes relevées à un intervalle de temps déterminé et précisé :

$$V_\tau(t_i) = M_d(t_i + \tau) - M_d(t_i) \qquad \ldots (15)$$

où $\tau = k'd$ en général et $k' > 0$ et quelconque.

Habituellement, on considère deux marches diurnes consécutives et, dans ce cas, $k' = 1$; on traite alors de la *variation diurne de marche diurne* V_d, exprimée conventionnellement en secondes par jour :

$$V_d(t_i) = M_d(t_i + 1d) - M_d(t_i) \qquad \ldots (16)$$

NOTES

1 On peut étendre, sous certaines conditions, l'intervalle d'observation à 1 an d'où la *variation annuelle de marche diurne* : V_a exprimée conventionnellement en secondes par jour :

$$V_a(t_i) = M_d(t_i + 1a) - M_d(t_i) \qquad \ldots (17)$$

2 Selon ces définitions, la variation de la marche diurne correspond à une notion restrictive, impropre mais pratique de la dérive. Elle répond à la difficulté expérimentale d'exprimer l'allure toujours plus ou moins variable en raison de l'instabilité de l'oscillateur ainsi qu'à celle d'accéder en permanence et avec précision à la phase des oscillations.

D'une manière générale et pour tourner les difficultés précédentes, une expression plus pertinente d'une variation de marche particulière en un temps donné sera fournie par la valeur de la variation relative désignée par *dérive différentielle* : D_{τ_1, τ_2}

$$D_{\tau_1, \tau_2}(t_i) = \frac{1}{\tau_1}\left[\mathscr{M}_{\tau_2}(t_i + \tau_1) - \mathscr{M}_{\tau_2}(t_i)\right] \qquad \ldots (18)$$

où $\tau_2 \ll \tau_1$

exprimée en seconde à la puissance moins un (s^{-1}) et, conventionnellement, en jour à la puissance moins un (d^{-1}), année à la puissance moins un (a^{-1}) ou seconde par jour carré (s/d^2). La notation du second indice, τ_2, indique la durée d'appréciation de l'allure moyenne (voir 9) ou de la marche instantanée (voir 10). La dérive différentielle sera d'un usage plus pratique et plus restrictif que les dérives particulières définies en 13; par exemple

- $D_{d,10\,T}$: dérive diurne de la marche instantanée relevée sur dix périodes de l'oscillateur;
- $D_{d,1min}$: dérive diurne de la marche instantanée relevée sur 1 min;
- $D_{a,1d}$: dérive annuelle de la marche diurne; ici, elle correspond à V_a.

16 différence sur la période (ΔT) : Pour un oscillateur, valeur T_x effective moins valeur nominale T_n :

$$\Delta T = T_x - T_n \qquad \ldots (19)$$

La différence sur la période s'exprime en secondes.

17 différence relative sur la période $\left(\frac{\Delta T}{T}\right)$:

Pour l'oscillateur d'un instrument de mesure du temps, rapport de la différence sur la période (ΔT) à la valeur nominale T_n de celle-ci :

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{T_x - T_n}{T_n} \qquad \ldots (20)$$

La différence relative sur la période s'exprime en seconde par seconde. C'est une grandeur sans dimension.

Pour un oscillateur ayant une période stable à un moment considéré, on a strictement $\frac{\Delta T}{T} = -M_T$ (marche par période), si l'échelle de temps est indexée sur la valeur de la période nominale T_n.

18 différence sur la fréquence (Δf) : Pour l'oscillateur, valeur f_x effective de la fréquence moins valeur nominale f_n :

$$\Delta f = f_x - f_n \qquad \ldots (21)$$

La différence sur la fréquence s'exprime en hertz.

19 différence relative sur la fréquence $\left(\frac{\Delta f}{f}\right)$:

Pour l'oscillateur d'un instrument de mesure du temps, rapport de la différence sur la fréquence (Δf) à sa valeur nominale (f_n) :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{f_x - f_n}{f_n} \qquad \ldots (22)$$

La différence relative sur la fréquence s'exprime en hertz par hertz. C'est une grandeur sans dimension.

Pour un oscillateur ayant une fréquence stable à un moment considéré, on a strictement $\frac{\Delta f}{f} = M_\tau$, marche pendant la durée τ de la mesure de la fréquence f_x de l'oscillateur si l'échelle de temps est indexée sur la valeur de la période nominale $T_n = 1/f_n$.

20 déviation et dérive (de fréquence) **d'un oscillateur** (D_o^* et D_τ^*) : La fréquence effective de l'oscillateur d'un instrument horaire est sujette à des variations et, très généralement, elle évolue au moins lentement et naturellement en fonction du temps. En considération de l'intervalle de temps pendant lequel la fréquence effective a évolué relativement à la fréquence nominale, on définit strictement, en application des définitions de 12 et 14.

20a) déviation (d'un oscillateur) (D_o^*) : Dérivée par rapport au temps t de la différence relative sur la fréquence considérée comme une fonction du temps.

$$D_o^*(t) = \frac{\delta}{\delta t}\left[\frac{\Delta f}{f}(t)\right] \qquad \ldots (23)$$

exprimée en seconde à la puissance moins un.

20b) dérive (d'un oscillateur) (D_τ^*) : Valeur moyenne de la déviation pendant un intervalle de temps déterminé τ et précisé :

$$D_\tau^*(t_i) = \frac{1}{\tau}\left[\frac{\Delta f}{f}(t_i + \tau) - \frac{\Delta f}{f}(t_i)\right] = \frac{f_x(t_i + \tau) - f_x(t_i)}{\tau \cdot f_n} \qquad \ldots (24)$$

Comme en 12 et 13, cette expression de la dérive (de fréquence) peut être étendue aux dérives diurne et annuelle.

NOTE — Lorsque l'oscillateur considéré forme la base de temps d'un instrument horaire, D_τ^* (dérive de l'oscillateur) est égale à D_τ (dérive de l'instrument horaire) si toutes les erreurs possibles des dispositifs d'intégration et d'indication sont nulles (ou généralement négligeables).

Tableau des grandeurs et des unités

Grandeur physique	Symbole	Expression	Équation	Dimension	Unité SI	Unités pratiques
Temps						
Date	h, H	$h = \lambda t - h_o$	(1)	T	s	
Durée, intervalle de temps	t, τ	$\tau = h_j - h_i$ en général $\tau = t_j - t_i$ en particulier ($\lambda = 1$)	(2) (4)	T T	s s	a, d, h, min ms, µs, ns, ps, etc.
État	E	$E_i = h_i - H_i$	(5)	T	s	s
Variation d'état	ΔE	$\Delta E = E_j - E_i \; (j > i)$	voir (7)	T	s	s
Correction instrumentale	C	$C_i = - E_i = H_i - h_i$	(6)	T	s	s
Marche	M_τ	$M_\tau = \dfrac{E_j - E_i}{H_j - H_i}; H_j - H_i = \tau$	voir (8)	—	s/s	s/d, s/a
Marche par période	M_T	$\tau = 1$ T		—	s/s	
Marche par seconde	M_s	$\tau = 1$ s		—	s/s	
Marche par minute	M_{min}	$\tau = 1$ min		—	s/s	
Marche diurne	M_d, M	$\tau = 1$ d		—	s/s	s/d, min/d
Allure	M_o	$M_o(t) = \dfrac{\delta E(t)}{\delta t}$	(10)	—	s/s	
Marche au temps $(t_i + \tau)$ Allure moyenne	$\mathscr{M}_\tau$	$\mathscr{M}_\tau(t_i) = \dfrac{1}{\tau}\displaystyle\int_{t_i}^{t_i + \tau} M_o(t)\,\delta t$ $= \dfrac{1}{\tau}\left[E(t_i + \tau) - E(t_i)\right]$	(11)	—	s/s	s/d
Marche instantanée	m_r	$m_r(t_1) = \dfrac{1}{\tau}\displaystyle\int_{t_1}^{t_1 + \tau} M_o(t)\,\delta t \quad \tau \to 0$		—	s/s	s/d
Marche probable	$\mathscr{M}_p$	$\mathscr{M}_p = \boldsymbol{F}\left[m_r(t)\right]$	(12a)	—	s/s	s/d
Dérive	D_τ	$D_\tau(t_i) = \dfrac{1}{\tau}\displaystyle\int_{t_i}^{t_i + \tau} D_o(t)\,\delta t$	(14a)	T^{-1}	s^{-1}	d^{-1}, a^{-1}, s/d^2
Dérives particulières		$\dfrac{1}{\tau}\left[M_o(t_i + \tau) - M_o(t_i)\right]$	(14b)	T^{-1}	s^{-1}	s/d^2
Dérive diurne	D_d	$\tau = 1$d		T^{-1}	s^{-1}	s/d^2, d^{-1}
Dérive annuelle	D_a	$\tau = 1$a		T^{-1}	s^{-1}	s/(d·a), a^{-1}
Dérive différentielle	D_{τ_1, τ_2}	$D_{\tau_1, \tau_2}(t_i) =$ $\dfrac{1}{\tau_1}\left[\mathscr{M}_{\tau_2}(t_i + \tau_1) - \mathscr{M}_{\tau_2}(t_i)\right]$	(18)	T^{-1}	s^{-1}	s/d^2, d^{-1}, a^{-1}
Déviation	D_o	$D_o(t) = \dfrac{\delta M_o(t)}{\delta t} = \dfrac{\delta^2 E(t)}{\delta t^2}$	(14)	T^{-1}	s^{-1}	d^{-1}, a^{-1}
Variation de marche diurne	V_τ	$V_\tau(t_i) = M_d(t_i + \tau) - M_d(t_i)$	(15)	—	s/s	s/d
Variation diurne de marche diurne	V_d	$V_d(t_i) = M_d(t_i + 1d) - M_d(t_i)$	(16)	—	s/s	s/d
Variation annuelle de marche diurne	V_a	$V_a(t_i) = M_d(t_i + 1a) - M_d(t_i)$	(17)	—	s/s	s/d
Période (d'un oscillateur)	T	$x(t + kT) = x(t)$, quels que soient t et k entiers		T	s	s, ms, µs, ns, ps, etc.
Différence sur la période	ΔT	$\Delta T = T_x - T_n$	(19)	T	s	s, ms, µs, ns, ps, etc.
Différence relative sur la période	$\Delta T/T$	$\Delta T/T = (T_x - T_n)/T_n = - M_T$	(20)	—	s/s	s/d, s/a
Fréquence (d'un oscillateur)	f	$f = 1/T$		T^{-1}	Hz	Hz, alternances/h

Tableau des grandeurs et des unités (*fin*)

Grandeur physique	Symbole	Expression	Équation	Dimension	Unité SI	Unités pratiques
Différence sur la fréquence	Δf	$\Delta f = f_x - f_n$	(21)	T^{-1}	Hz	Hz
Différence relative sur la fréquence	$\Delta f / f$	$\Delta f / f = (f_x - f_n)/f_n = M_\tau$	(22)	—	Hz/Hz	s/d, s/a
Déviation (d'un oscillateur)	D^*_o	$D^*_o(t) = \frac{\delta}{\delta t}\left[\frac{\Delta f}{f}(t)\right]$	(23)	T^{-1}	s^{-1}	s^{-1}
Dérive (d'un oscillateur)	D^*_τ	$D^*_\tau(t_i) = \frac{f_x(t_i + \tau) - f_x(t_i)}{\tau \cdot f_n}$	(24)	T^{-1}	s^{-1}	s^{-1}
Dérive diurne (d'un oscillateur)	D^*_d	$\tau = 1\,d$		T^{-1}	s^{-1}	d^{-1}, s/d^2
Dérive annuelle (d'un oscillateur)	D^*_a	$\tau = 1\,a$		T^{-1}	s^{-1}	a^{-1}, s/(d.a)
Pulsation (d'un oscillateur)	ω	$\omega = 2\pi f$		T^{-1}	rad/s	

Table de conversion d'unités pratiques en unités SI ou inversement :

1 s/d = 1/86 400 s/s ≈ 1,157 × 10^{-5}

1 s/a = 1/86 400 × 365,242 198 781 s/s
= 1/31 556 925,947 7 s/s ≈ 3,169 × 10^{-8} s/s

1 d^{-1} = 1/86 400 × s^{-1} ≈ 1,157 × 10^{-5} s^{-1}

1 a^{-1} = 1/31 556 925,974 7 s^{-1} ≈ 3,169 × 10^{-8} s^{-1}

1 s/d^2 = 1/$(86\,400)^2$ × s^{-1} ≈ 1,34 × 10^{-10} s^{-1}

1 s/(d · a) ≈ 1/$(86\,400)^2$ × 365,24 × s^{-1} ≈ 3,67 × 10^{-13} s^{-1}

1 Hz = 7 200 alternances par heure.

Index alphabétique