Zeitschrift: Bulletin du ciment

Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)

Band: 56-57 (1988-1989)

Heft: 22

Artikel: Unités et systèmes de mesure

Autor: Meyer, Bruno

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-146205

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BULLETIN DU CIMENT

OCTOBRE 1989 57E ANNÉE NUMÉRO 22

Unités et systèmes de mesure

Unités SI. Unités légales. Applications et influences sur le langage.

Dans la vie de tous les jours, les propriétés des objets jouent un rôle important. Elles sont la base de l'échange des biens et des informations, spécialement dans les domaines de l'économie et de la science. Or les objets matériels ne sont pas seuls en cause, mais aussi les actions et les situations telles qu'un travail, une compétition sportive ou le temps qu'il fait. Ces propriétés peuvent être décrites de différentes façons, par exemple au moyen de grandeurs physiques. On utilise alors une ou plusieurs grandeurs déterminées dont on donne les valeurs. Exemple: Un tuyau a une longueur de 2 m. Dans ce cas, c'est la longueur qui est importante (notion qualitative). Cette longueur est de 2 m (notion quantitative). La grandeur de l'objet est exprimée par un nombre et une unité. Elle est déterminée par une mesure, en général au moyen d'un appareil. L'objet est le tuyau, la grandeur à mesurer la longueur et le résultat de la mesure, 2 mètres. Mesurer une propriété signifie ici comparer, au moyen d'un instrument, une certaine grandeur à une grandeur analogue prise comme unité. L'unité utilisée résulte d'une convention.

Au cours des développements de la technique et des sciences, différentes unités de mesure sont apparues régionalement et ont été réunies en différents systèmes. Un système de mesure se compose d'unités de base et des unités secondaires qui en resultent. Les unités de base sont choisies en nombre aussi restreint que possible, mais de telle façon que toutes les unités secondaires puissent en être déduites par combinaison. Du fait que de mêmes grandeurs physiques se retrouvent dans différents domaines d'application et en

Tableau 1. Unités de base selon le Système international d'unités SI

Grandeur	Nom de l'unité	Abréviation
Longueur	Mètre	m
Masse	Kilogramme	kg
Temps	Seconde	s
Intensité du courant électrique	Ampère	A
Température thermodynamique	Kelvin	K
Quantité de matière	Mol	mol
Intensité lumineuse	Candela	cd

Définitions dans l'Ordonnance sur les unités.

raison de la complexité des relations économiques internationales, le besoin d'un système unifié de mesures s'est fait sentir. Ainsi, par exemple, les phénomènes mécaniques, thermodynamiques, électriques et chimiques doivent pouvoir être analysés au moyen des mêmes grandeurs physiques. C'est ce rôle que remplit aujourd'hui le «Système International d'unités» abrégé dans tous les pays par SI. Cela fut décidé en 1960 par la 11e «Conférence Générale des Poids et Mesures» (CGPM). Grâce à sa validité générale, ce système a pris une grande importance et a été adopté même par les pays anglo-saxons.

Le SI comporte sept unités de base (tableau 1). D'après les connaissances actuelles, toute grandeur mesurable peut l'être au moyen d'une de leurs combinaisons. Les unités de certaines grandeurs d'usage courant ont reçu leur propre nom (p. ex. la force), d'autres pas (p. ex. la vitesse) (tableau 2). Le gros avantage du SI, c'est sa cohérence, c'est-à-dire que pour les unités secondaires on combine les unités de base nécessaires en les multipliant uniquement par un facteur 1. Cela facilite les conversions.

Le domaine des valeurs chiffrées par les unités SI est immense. On utilise pour cela le système décimal. Pour éviter les nombres trop grands ou un trop grand nombre de chiffres après la virgule, on accole des préfixes aux unités (tableau 3). Plusieurs d'entre eux sont déjà bien connus (**kilo**mètres, **milli**mètres, etc.). Dans les abréviations, leur symbole est accolé à celui de l'unité sans intervalle. Exemples: 1000 N = 1 kN; 10 l = 100 dl; 0,001 mm = 1 μm. Les unités de base n'ont pas de préfixe (à l'exception du kilogramme). Les préfixes ne doivent pas être cumulés. Exemple: 0,001 g ne

Tableau 2. Unités secondaires (choix)

	Grandeur	Unité SI Nom	Symbole	Relation aux unités de base
Avec propre nom	Force	Newton	N	$1\ N = 1\ kg \cdot m \cdot s^{-2}$
	Pression	Pascal	Pa	$1\ Pa = 1\ N \cdot m^{-2}$
	Energie, travail, chaleur	Joule	J	$1\ J = 1\ N \cdot m = 1\ W \cdot s$
	Fréquence	Hertz	Hz	$1\ Hz = 1\ s^{-1}$
	Puissance	Watt	W	$1\ W = 1\ J \cdot s^{-1}$
	Tension électrique	Volt	V	$1\ V = 1\ W/A$
	Résistance électrique	Ohm	Ω	$1\ \Omega = 1\ V/A$
Sans propre nom	Vitesse			m/s
	Accélération			m/s^2
	Débit			m^3/s
	Conductibilité thermique			$W/K \cdot m$
	Densité			kg/dm^3, t/m^3, g/cm^3
	Tension mécanique			$1\ MN/m^2 = 1\ N/mm^2$

Tableau 3. Préfixes usuels dans le système décimal

Facteur	Expression exponentielle	Préfixe	Symbole
1 000 000 000 000	10^{12}	Tera	T
1 000 000 000	10^{9}	Giga	G
1 000 000	10^{6}	Mega	M
1 000	10^{3}	Kilo	k
100	10^{2}	Hecto	h
0,1	10^{-1}	Deci	d
0,01	10^{-2}	Centi	c
0,001	10^{-3}	Milli	m
0,000 001	10^{-6}	Mikro	μ
0,000 000 001	10^{-9}	Nano	n
0,000 000 000 001	10^{-12}	Piko	p

D'autres préfixes: Voir la Loi fédérale sur la métrologie et les normes

 s'écrit pas 1 μkg, mais 1 mg. Mentionnons encore spécialement ici les unités d'angle et les grandeurs proportionnelles qui sont traitées comme cas particuliers dans le SI (tableau 4).
En Suisse, on est tenu de respecter la «Loi fédérale sur la métrologie» et l'«Ordonnance sur les unités» toutes les deux entrées en vigueur le 1er janvier 1978. Elles prescrivent que les grandeurs physiques doivent être exprimées en unités légales qui correspondent aux unités SI et leurs combinaisons ainsi que pour des buts particuliers, en unités tolérées à côté des SI (tableau 5). Les unités légales doivent être utilisées

- dans le commerce et les transactions. Celui qui offre des biens ou des services doit en indiquer les quantités en unités légales;
- dans les publications, contrats et autres actes des corps officiels tels que confédération et cantons. Dans cette catégorie se trouvent aussi les problèmes de l'école, de la santé et de la sécurité publique.

Les unités légales ne sont pas obligatoires pour l'exportation de biens et de services, pour les documents régis par des conventions internationales et pour les informations en rapport avec les dates des calendriers. Il est des branches d'activité qui n'utilisent pas la totalité du système d'unités. Mais elles expriment quand même en unités SI les grandeurs dont elles ont besoin.
Les deux grandeurs physiques les plus importantes en technique de la construction sont les longueurs et les forces. Pendant des siècles, elles ont été utilisées avec leurs unités de base pour le calcul et le mode de représentation, comme le montrent les outils les plus simples (levier, tenaille, marteau, treuil, etc.). Avec l'introduction du SI, la force n'est plus une unité de base. Il faut lui imaginer une nouvelle unité. Celle-ci est basée sur la loi du mouvement «force est égale à masse fois accélération» (deuxième principe d'Isaac Newton). La masse est la propriété d'un corps qui se manifeste par son inertie ou son attraction à l'égard d'autres corps. Elle est indépendante du lieu. La masse de la terre est telle qu'un corps tombe à sa surface (dépendance du lieu) avec une accélération d'environ 10 m/sec^2. A partir de cette masse, on peut calculer le poids correspondant. Ainsi une masse de 1 kg à la surface de la terre correspond à un poids de 10 N. Pour fixer les idées par un exemple, une force de 1 N correspond au poids de 100 g de beurre. Multiplié par mille, c'est 1 kN, correspondant au poids de deux sacs de ciment de 50 kg. Une locomotive ayant une masse de 100 t charge la voie d'un poids d'environ 1 MN.
Il est d'autres grandeurs mécaniques comme tension, résistance et pression qui peuvent être exprimées en Pa (pascal) (tableau 2). Mais

Tableau 4. Unités pour angles et dimensions des proportions

Grandeur	Unité Nom	Unité Abréviation	Définition
Angle plan	Radian	rad	Cercle: Longueur d'arc de 1 m divisé par rayon de 1 m
Angle spatial	Stéradian	sr	Sphère: Calotte de 1 m^2 divisé par le carré du rayon de la sphère
Proportions Concentrations	Pourcent Pourmille Parties par millions	% ‰ ppm	1 : 100 1 : 1 000 1 : 1 000 000

Tableau 5. Unités légalement autorisées (pas utilisées selon ou avec SI)

Grandeur	Unité Nom	Unité Symbole	Relations avec les unités de base	
Volume	Litre	l	1 l	= 1 dm^3 = 10^{-3} m^3
Surface de terrain	Are	a	1 a	= 100 m^2
	Hectare	ha	1 ha	= 10 000 m^2
Masse	Tonne	t	1 t	= 1 000 kg
Temps	Minute	min	1 min	= 60 s
	Heure	h	1 h	= 60 min = 3600 s
	Jour	d	1 d	= 86 400 s
Pression	Bar	bar	1 bar	= 10^5 Pa
				= 100 000 N/m^2
Pression sanguine	Millimètre de mercure	mmHg	1 mmHg	= 133,322 Pa
				= 1,33322 mbar
Température	Degré Celsius	°C	1 °C	= 1 K
Angle plan	Degré	°	1 °	= (π/180) rad
	Minute	′	1′	= (1/60) °
	Seconde	″	1″	= (1/60) ′
*	Grade	gr	1 gr	= (π/200) rad

* Le grade ne fait plus partie des unités valables depuis le 1.1.1978, mais il doit de nouveau être légalement admis.

Tableau 6. Unités recommandées pour la construction (choix)

Grandeur	Unité		Relation
Longueur	m	km, cm, mm	
Masse	kg	t, g, mg	
Densité	kg/dm^3	t/m^3, g/cm^3	$1\ kg/dm^3 = 1\ t/m^3 = 1\ g/cm^3$
Force	kN	MN, N	$1\ kN = 1000\ N \approx$ *100kg*
Tension	MN/m^2		$1\ MN/m^2 \approx$ *10 kg/cm²*
Résistance	N/mm^2		$1\ N/mm^2 \approx$ *10 kg/cm²*
Moment	MN m		$1\ kNm \approx$ *0,1 mt*
Charge linéaire	kN/m		$1\ kN/m \approx$ *100 kg/m*
Surface de charge	kN/m^2		$1\ kN/m^2 \approx$ *100 kg/m²*
Pression dans les gaz ou liquides	Pa	MPa	$1\ Pa = 1\ N/m^2$ $1\ MPa = 1\ N/mm^2 \approx$ *10 kg/cm²*
Energie			
– quantité de chaleur	J		*1 cal* = 4,2 J; *1 kcal* = 4,2 kJ
– travail électrique	W s		1 W s = 1 J $1\ kW\,h = 3{,}6 \cdot 10^6\ J = 3{,}6\ MJ$
Température	°C		T [K] = T [°C] + 273,15
Différence de température	K		1 K = 1 °C

En *italique*, les relations aux anciennes unités techniques qui ne devraient plus être utilisées. S'il s'agit de problèmes dans lesquels l'erreur doit être inférieure à 2%, il faut utiliser la valeur exacte de l'accélération terrestre. Elle dépend du degré de latitude, de l'altitude et de la densité de la croûte terrestre. Chez nous, elle est de $9{,}80665\ m\ s^{-2}$.

il faut encore donner la précision suivante: Les valeurs relatives aux matériaux telles que résistance et élasticité sont toujours exprimées en N/mm^2. Ces unités ne sont guère pratiques pour les calculs statiques. Mais on peut exprimer les forces en MN et les longueurs (ou largeurs) en m, ce qui a pour avantage qu'on obtient dans les calculs des valeurs en MN/m^2. Etant donné que $1\ MN/m^2 = 1\ N/mm^2$, on peut les comparer sans transformation aux valeurs de résistance. L'unité Pa peut être utilisée pour la pression des gaz ou des liquides où la force par unité de surface est moins importante (tableau 6).

Dans le domaine de la construction, l'expression «poids» n'est pas usuelle. On y parle de «poids propre». De même on entend par charge une force (en kN), par exemple dans les expressions mise en charge, cas de charge ou charge utile. En statique des constructions, ce sont les charges pour lesquelles on détermine les réactions

extérieures et les forces intérieures. On peut en déduire les tensions qu'on compare aux résistances en restant toujours dans le domaine des forces. Dans les ouvrages d'art et les machines, la sollicitation est souvent exprimée en masse. Dans ces cas, il ne faut pas parler de surcharge, mais de capacité portante ou de charge maximale. Ainsi la capacité portante nominale d'un ascenseur est la masse prévue pour l'exploitation et que le fabricant utilise pour calculer et construire. Le meilleur moyen d'éviter des confusions, c'est d'utiliser les unités SI d'une façon conséquente: N pour la force, kg pour la masse.

Le mot «poids» ne devrait plus être utilisé dans le langage technique car il a depuis toujours divers sens. Parfois on entend par là la force avec laquelle l'objet est attiré par la terre, d'autres fois la masse, ou l'objet lui-même. Les précisions suivantes peuvent être utiles:

- Le résultat d'un pesage, c'est la «masse»
- L'attraction terrestre est une force
- Pour peser ou lester, on utilise des «poids-étalon»

En lieu et place de poids spécifique, on a la densité qui est la masse rapportée au volume. Les unités admises et utilisées sont g/cm^3, kg/dm^3 et t/m^3. Dans le domaine du béton on parle de densité apparente. Elle concerne un corps poreux et se calcule en divisant la masse par le volume enveloppé par la surface (p. ex. un cube). Cette masse se compose en général du granulat, de l'eau, du ciment et de l'air, ce dernier pratiquement sans masse. Ses pores étant en général partiellement remplis d'eau, la densité apparente du béton est une densité humide. Ce qui est intéressant, ce sont les deux extrêmes: densité sèche d'un béton complètement desséché et densité à 100% d'humidité d'un béton saturé d'eau. La densité apparente peut aussi être celle d'un béton en vrac, non compacté, qui se calcule en divisant la masse par le volume total comprenant tous les pores et autres vides.

Dans les combinaisons on donne encore souvent les proportions en pourcentage en poids ou en volume. On devrait de préférence parler de «proportion en masse» ou «proportion en volume». Ce sont des relations de nombres données en %, ‰, ppm, $mg/g, dm^3/m^3$, etc. Le dosage en ciment reste inchangé en SI, exprimé en kg/m^3.

Le système international d'unités amène une unification bienvenue mais n'a pas pour but un nivellement. Comme tout système de mesures, il doit assurer et simplifier la compréhension entre tous les milieux.

Bruno Meyer

8 Bibliographie

Haeder, W.; Gärtner, E. (1980): Die gesetzlichen Einheiten in der Technik. 5. neub. Aufl. Berlin, Köln: Beuth Verlag

Bender, D.; Pippig, E.-E. (1986): Einheiten, Masssysteme, SI. 5. bearb. Aufl. Berlin: Akademie-Verlag

Office fédéral de métrologie (1986): Les unités de mesure légales en Suisse. Le Système International d'unités (SI). Tiré à part de la publication no 98 de l'UBS

Loi fédérale sur la métrologie (du 9 juin 1977) et Ordonnance sur les unités (du 23 novembre 1977)

Recommandation SIA 411 (1976): Application des unités SI au domaine de la construction. Zurich: Société suisse des ingénieurs et des architectes

Union des professionnels suisses de la route (1981): Unités SI. Utilisation dans la construction routière. Zurich: VSS

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
Case postale Téléphone 064 53 17 71
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Téléfax 064 53 16 27