



HAL
open science

Appareillage pour études spectrographiques jusqu'à 6 000 atmosphères

J. Robin, B. Vodar

► **To cite this version:**

J. Robin, B. Vodar. Appareillage pour études spectrographiques jusqu'à 6 000 atmosphères. *Journal de Physique et le Radium*, 1956, 17 (6), pp.500-504. 10.1051/jphysrad:01956001706050001 . jpa-00235419

HAL Id: jpa-00235419

<https://hal.science/jpa-00235419>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**APPAREILLAGE
POUR ÉTUDES SPECTROGRAPHIQUES
JUSQU'À 6 000 ATMOSPÈRES**

Par J. ROBIN et B. VODAR,

Laboratoire des Hautes Pressions, Bellevue, Seine-et-Oise.

Les travaux antérieurs [1], [2], [3], [4] effectués jusqu'à des pressions de 1 500 atm ont montré l'intérêt de l'étude des spectres des gaz comprimés. Pour préciser les actions dues aux forces répulsives, il était intéressant d'étendre les observations à des pressions plus élevées. C'est dans ce but que nous avons réalisé un dispositif permettant de comprimer des gaz jusqu'à 6 000 atm et d'en étudier les spectres d'absorption.

Plusieurs procédés de compression pouvaient être envisagés. A cause de la solubilité des graisses ou autres impuretés dans les gaz comprimés, il est difficile d'obtenir un gaz sous de fortes pressions et de pureté suffisante pour des recherches spectroscopiques, surtout dans l'ultraviolet. Pour cette raison nous avons préféré, bien qu'il soit plus difficile à mettre en œuvre, le procédé du « compresseur thermique » où le gaz garde sa pureté initiale. Dans notre cas la pression est produite par réchauffement, sous volume constant, d'un gaz préalablement condensé à l'état *solide* ⁽¹⁾.

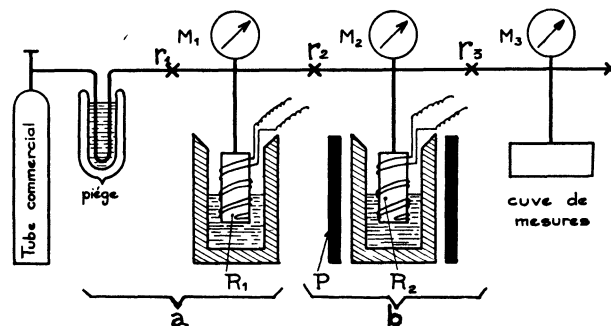


FIG. 1.

La figure 1 est un schéma de principe. Le gaz à comprimer provient d'un tube commercial. Après avoir traversé un piège refroidi (tube renfermant de la toile de bronze très fine et tassée) il vient de condenser dans les réservoirs R_1 et R_2 plongés dans l'azote liquide. Quand R_1 et R_2 sont pleins de gaz liquéfié on ferme le robinet r_1 et on réchauffe le réservoir R_1 . La pression s'élève dans R_1 , R_2 et la cuve jusqu'à environ 1 600 atm. L'oxygène, l'argon, ou l'azote, sont alors solides dans R_2 . On ferme r_2 ⁽²⁾. En réchauffant R_2 la pression monte jusqu'à 6 000 atm. Étant donné le volume assez important de la cuve et des canalisations (50 cm³ environ) par rapport à celui de R_2 (105 cm³) il est indispensable de tirer profit de la grosse différence de volume entre les états solide et liquide du

⁽¹⁾ Un autre dispositif à pistons différentiels est actuellement en cours de montage ; ce dispositif est destiné en particulier à des recherches dans l'infrarouge.

⁽²⁾ Les robinets pour les très hautes pressions sont d'un type spécial étudié voici quelques années par R. EPAIN et A. CHANCONIE.

gaz condensé. Par exemple, dans les conditions de notre appareillage, si R_2 est plein de N_2 liquide on ne peut atteindre plus de 4 500 atm même en chauffant R_2 jusqu'à plus de 300° C alors que si R_2 est plein de solide on monte à 6 000 atm seulement en réchauffant R_2 jusqu'à 50 ou 100° C.

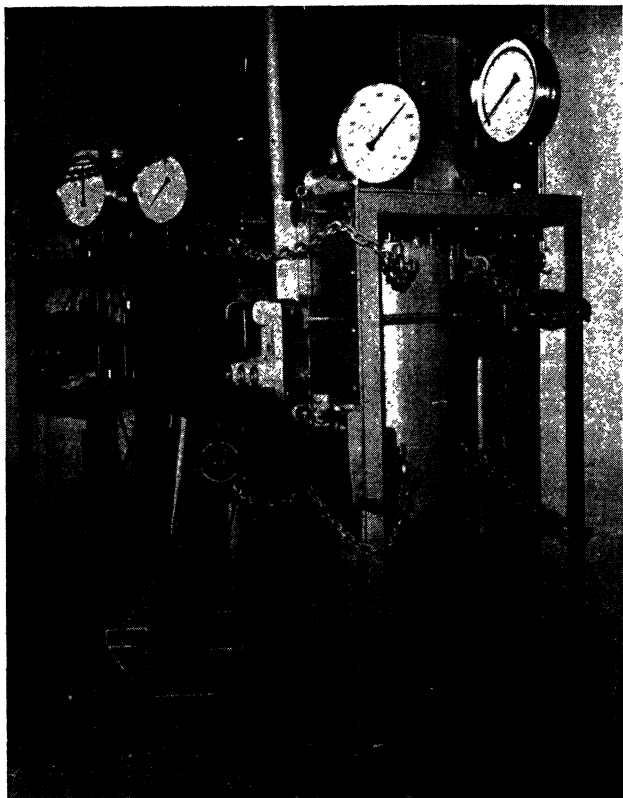


FIG. 2.

La figure 2 représente l'ensemble du dispositif de montée en pression. Pour opérer à des pressions inférieures à 1 700 atm. nous n'utilisons que le bâti de gauche qui correspond à la figure 1, *a* ; celui de droite sert à effectuer la surcompression des gaz de 1 500 à 6 000 atm. (fig. 1, *b*). La réserve R_2 est située dans le cylindre de protection que l'on aperçoit sur la figure 2 (les plaques de plexiglass protégeant contre les éclatements de manomètres et les plaques de blindage entourant les appareils ont été enlevées lors de la prise de cette photographie. La cuve de mesure est entourée d'un bac de chauffage et de refroidissement permettant d'opérer à diverses températures. Des flasques d'acier et un rideau de cordage servent de protection. Les gaz circulent dans des tubes en acier spécial de 1/16" de diamètre intérieur. Les raccordements de tubes, manomètres, têtes de réserves etc...

se font par brasure, joints écrasés plats ou toriques et cônes simples sur le bâti correspondant aux pressions inférieures à 1 700 atm et par bicônes, joints tranchants et joints autoserreurs sur l'autre. La cuve de mesure et la réserve R_2 sont en acier spécial forgé, traité, contrôlé aux ultrasons et ont été autofrettées à 9 000 atm. La cuve est construite sur le même principe que celle précédemment décrite (5) mais avec des joints un peu différents, sans décrochements et gorges intérieurs et sans orifices latéraux ; ici l'arrivée de gaz prend assise dans une frette centrale. Les fenêtres sont en corindon ou en quartz cristallisé taillé perpendiculairement à l'axe. Comme aux pressions moins élevées elles sont planes et en « contact optique » avec des embases métalliques planes et polies.

Les fenêtres de quartz résistent à des pressions de 5 000 atm ; cependant si on laisse la cuve sous une telle pression pendant plusieurs jours il se produit parfois en baissant la pression des dislocations de formes circulaires de la fenêtre au bord de l'orifice qu'elle ferme de même que des amorces de ruptures dans la masse du quartz suivant les axes secondaires.

La réserve R_2 est soumise simultanément à de fortes variations de température et de pression. Pour prévenir les ruptures possibles par suite de l'accroissement de la fragilité aux basses températures R_2 est chemisée par une enveloppe d'acier inoxydable peu fragile même à -150°C. De plus, à l'extérieur du bac de chauffage et de refroidissement une seconde protection est constituée par le tube cylindrique en acier de 14 mm d'épaisseur, monté sur une suspension souple, visible sur la figure 2.

Certes ce dispositif est d'un fonctionnement onéreux puisqu'il nécessite environ 100 litres d'azote liquide pour le refroidissement de R_1 et R_2 mais il a l'avantage de conserver aux gaz comprimés au moins la même pureté qu'ils ont dans le tube commercial, chaque pièce du montage ayant été soigneusement nettoyée et étuvée. En outre cet appareillage qui a été réalisé entièrement au Laboratoire des Hautes Pressions, est très maniable et indépendant de tout compresseur à gaz ou à huile.

Jusqu'à maintenant ce dispositif a surtout été employé à des études spectroscopiques sur l'oxygène comprimé dont les résultats seront donnés séparément et sur les mélanges Hg-A et Hg- N^2 [6] et pour des essais d'étanchéité de divers types de joints aux gaz fortement comprimés.

Manuscrit reçu le 27 avril 1956.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ROBIN (S.), *Thèse*, Paris, 1951.
- [2] ROBIN (J.), *Diplôme d'Études Supérieures*, Paris, 1953.
- [3] BERGEON (R.), VODAR (B.), *C. R. Acad. Sci.*, 1955, **240**, 172.
- [4] COULON (R.), ROBIN (J.) et VODAR (B.), *C. R. Acad. Sci.*, 1955, **240**, 956.
- [5] ROBIN (J.), ROBIN (S.), *J. Physique Rad.*, 1956, **17**, 499.
- [6] ROBIN (J.) et VODAR (B.), *C. R. Acad. Sci.*, 1956, **242**, 2230.

INFORMATION

SYMBOLES ET UNITÉS

Union internationale de Physique pure et appliquée, Commission S. U. N.

Remarque. — Ce rapport, composé par la Commission des Symboles, Unités et Nomenclature de l'U. I. P. P. A., a été approuvé par les assemblées générales de l'Union de Physique, tenues en 1948, 1951 et 1954.

Les recommandations concernant l'usage des symboles pour les unités, les grandeurs physiques et pour les constantes et opérations mathématiques, [contenues dans ce rapport s'accordent en général avec des recommandations importantes internationales, c'est-à-dire :

(1) International Standardising Organisation (I. S. O.) — Project ISO. TC 12.

(2) Conférence générale des Poids et Mesures (9^e C. G. 1948 ; 10^e C. G. 1954).

(3) Union internationale de Chimie pure et appliquée (1947, 1949, 1951).

(4) International electrotechnical commission (Int. Letter Symbols, Publ. 27, 1953).

I. PRINCIPES ET RECOMMANDATIONS GÉNÉRAUX.

1. Grandeurs physiques. — (1) Les symboles des grandeurs physiques seront imprimés en caractères italiques (cursives). Le symbole d'une grandeur physique (« physical quantity », *Angl.* ; « physical magnitude », *Am.* ; « physikalische Grösse » *All.*) est équivalent au produit de la valeur numérique (ou mesure), qui est un nombre pur, et d'une unité :

grandeur physique = valeur numérique × unité.

(2) On n'utilisera dans les équations physiques, ni abréviations, ni noms ou expressions abrégées. Dans le texte, les abréviations seront écrites en caractères romains ordinaires (p. ex. : fp au lieu de fonction de partition, f. e. m. au lieu de force électromotrice, etc.).

2. Unités. — (1) Les symboles des unités des grandeurs physiques seront imprimés en caractères romains (droits).

(2) Les symboles des unités ne seront pas suivis d'un point.

(3) Les symboles des unités dérivées de noms propres seront imprimés en commençant par un caractère majuscule romain. Toutes les autres unités seront imprimées en caractères minuscules romains.

(4) Les symboles pour préfixes seront imprimés en caractères minuscules romains, excepté les préfixes : M = méga, G = giga et T = téra.

(5) Les symboles des unités ne seront pas écrits au pluriel (p. ex., n'écrivez pas : 7 Ws, mais : 7 W).

3. Opérateurs mathématiques et signes. — (1) Les symboles des opérateurs mathématiques seront imprimés en caractères romains (droits) (p. ex. : $\sin kx$, $\exp at$, $\log A$).

(2) Les symboles des opérateurs mathématiques ne seront pas suivis d'un point.

(3) Les nombres seront imprimés en chiffres droits. La virgule ou le point sont utilisés seulement pour séparer les nombres entiers des nombres décimaux.

(4) Pour faciliter l'écriture, les grands nombres peuvent être partagés en tranches de trois chiffres mais ne doivent pas être séparés par des points ni par des virgules (p. ex. 2 573,421 736).

4. Éléments chimiques. — (1) Les symboles des éléments chimiques seront imprimés en caractères romains (droits)

et ne sont pas suivis d'un point (p. ex. : Ca, C, H, D, He).

(2) Les indices attachés aux symboles des éléments ont le sens suivants :

nombre de masse ^{14}N
nombre atomique ${}^7\text{N}_2$ atomes/molécule.

L'indice en haut à droite est réservé pour indiquer l'état d'ionisation ou des états nucléaires excités (p. ex. : Ca^{2+} , PO_4^{3-}). S'il n'y a pas de raisons spéciales pour indiquer le nombre atomique, il peut être préférable de le supprimer.

(3) Une espèce d'atomes identiques dans leur nombre atomique et nombre de masse sera désignée par le mot *nuclide*. Le nom *isotopes* sera réservé pour des atomes ayant le même nombre atomique, tandis que des *isobares* sont des atomes ayant le même nombre de masse.

II. SYMBOLES DES GRANDEURS PHYSIQUES.

Remarque. — (1) Lorsque plusieurs symboles sont indiqués pour une même grandeur sans indication spéciale, ces symboles sont admissibles au même titre.

(2) En général on n'a pas accordé une attention spéciale au nom de la grandeur.

1. Espace, temps.

Longueur : l ; largeur : b ; hauteur : h ; rayon : r ; diamètre : $d = 2r$; parcours : L ou $s = \int ds$; surface : A, S ; volume : V, v ; angle plan : $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \delta, \varphi$; angle solide : ω, Ω ; longueur d'onde : λ ; nombre d'ondes : σ ou ν ⁽¹⁾ $= 1/\lambda$; circulaire : $k = 2\pi/\lambda$; temps : t ; période : T ; fréquence : ν ou f ⁽²⁾ $= 1/T$; pulsation : $\omega = 2\pi\nu$; vitesse : $v = ds/dt$; vitesse angulaire : $\omega = d\varphi/dt$; accélération : $a = dv/dt$; accélération angulaire : $\alpha = d\omega/dt$; accélération de la pesanteur, g ; accélération normale : g_n ; v/c : β .

⁽¹⁾ $\bar{\nu}$ est utilisé exclusivement en spectroscopie moléculaire.

⁽²⁾ En physique : ν .

2. Mécanique.

Masse : m ; masse volumique : $\rho = m/V$; masse réduite : μ ; quantité de mouvement : \mathbf{p} ou $p = mv$; moment d'inertie : I ou $J = \int r^2 dm$; force : \mathbf{F}, F ; poids : $G, (W)$ ⁽³⁾ ; moment d'une force : \mathbf{M}, M ; pression : p ; traction : σ ; tension de cisaillement : τ ; constante de la gravitation [$F(r) = Gm_1m_2/r^2$] : G ; module d'élasticité [$\sigma = E \Delta l/l$] : E ; module de torsion [$\tau = G \text{tg } \gamma$] : G ; compressibilité : $\kappa = -(1/V)dV/dp$; module de compression : $K = 1/\kappa$; viscosité : η ; viscosité cinématique : $\nu = \eta/\rho$; coefficient de frottement : f ; tension superficielle : γ, σ ; énergie : E, U ; énergie potentielle : V, E_p ; énergie cinétique : T, E_k ; travail : W, A ; puissance : P ; rendement : η ; fonction de Hamilton : H ; fonction de Lagrange : L ; densité relative : d .

⁽³⁾ Symbole préféré : G .

3. Théorie cinétique des gaz.

Nombre de molécules : N ; nombre de molécules par mole : N_0, N ; nombre de molécules par volume : n ; vecteur de la vitesse moléculaire et ses composantes : $\mathbf{c}, (c_x, c_y, c_z)$; $\mathbf{u}, (u_x, u_y, u_z)$; vecteur de position moléculaire et ses composantes : $\mathbf{r}, (x, y, z)$; vecteur de quantité de

mouvement moléculaire et ses composantes : \mathbf{p} , (p_x, p_y, p_z) ; vitesse moyenne : c_0, u_0, c, u ; vitesse la plus probable : c, \hat{u} ; libre parcours moyen : l ; fonction de distribution des vitesses [$n = \iint du_x du_y du_z$] : $f(c)$; fonction de Boltzmann : H ; coordonnée généralisée : q ; quantité de mouvement généralisée : p ; volume dans l'espace γ : Ω ; température thermodynamique : $T, (\Theta)$ ⁽⁴⁾ ; constante de Boltzmann : k ; $1/kT$ dans les fonctions exponentielles : β ; constante molaire des gaz : R ; température caractéristique : Θ ; constante de Debye : $\Theta_D = h\nu_D/k$; constante d'Einstein : $\Theta_E = h\nu_E/k$; constante de rotation : $\Theta_r = h^2 8\pi^2 I k$; constante de vibration : $\Theta_v = h\nu/k$.

(4) Symbole préféré : T .

4. Thermodynamique.

Quantité de chaleur : Q ; travail : W, A ; température : $t, (\theta)$ ⁽⁵⁾ ; température thermodynamique : $T, (\Theta)$ ⁽⁶⁾ ; entropie : S ; énergie interne : U ; énergie libre, fonction de Helmholtz : $F = U - TS$; enthalpie : $H = U + pV$; enthalpie libre, fonction de Gibbs : $G = U + pV - TS$; coefficient de dilatation linéaire : α ; coefficient de dilatation cubique : γ ; conductibilité calorifique : λ ; chaleur [spécifique : c_p, c_v ; capacité thermique] molaire : C_p, C_v ; coefficient de Joule-Thomson : μ ; rapport des chaleurs spécifiques : κ, γ .

(5) Symbole préféré : t .

(6) Symbole préféré : T .

5. Électricité.

Quantité d'électricité : Q ; densité électrique, ρ ; densité électrique superficielle : σ ; potentiel électrique : V ; champ électrique : \mathbf{E}, E ; déplacement électrique : \mathbf{D}, D ; capacité : C ; permittivité : $\epsilon = D/E$; permittivité du vide : ϵ_0 ; permittivité relative $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$; polarisation diélectrique [$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}$] ⁽⁷⁾ : \mathbf{P}, P ; susceptibilité électrique : χ_e ; moment dipolaire électrique : \mathbf{p}, p ; courant électrique : I ; densité de courant électrique : \mathbf{J}, J ; champ magnétique : \mathbf{H}, H ; induction magnétique : \mathbf{B}, B ; flux magnétique : Φ ; perméabilité : $\mu = B/H$; perméabilité du vide : μ_0 ; perméabilité relative : $\mu_r = \mu/\mu_0$; aimantation [$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M})$] ⁽⁷⁾ : \mathbf{M}, M ; susceptibilité magnétique : χ_m ; moment électromagnétique : μ ; polarisation magnétique : $\mu_0 \mathbf{M}$ ⁽⁸⁾ ; moment magnétique dipolaire : \mathbf{m}, m ; résistance : R ; réactance : X ; impédance : $Z = R + jX$; conductance : $G = R/Z^2$; susceptance, $B = -X/Z^2$; admittance : $Y = 1/Z = G + jB$; résistivité : ρ ; conductivité $1/\rho$: γ, σ ; inductance propre : L ; inductance mutuelle : M, L_{12} ; nombre de phases : m ; angle de pertes : δ ; nombre de tours : N ; puissance : P ; vecteur de Poynting : \mathbf{S}, S ; potentiel vecteur : \mathbf{A} .

(7) Écrite sous la forme rationalisée. Voir page 504.

(8) Pas de symbole recommandé.

6. Lumière.

Quantité de lumière : Q ; flux de lumière : Φ ; intensité lumineuse $d\Phi/d\omega$: I ; éclaircissement $d\Phi/dS$: E ; luminance $dI/dS \cos \delta$: L, B ; émittance lumineuse $d\Phi/dS$: H ; facteur d'absorption Φ_a/Φ_0 : α ; facteur de réflexion Φ_r/Φ_0 : ρ ; facteur de transmission Φ_{tr}/Φ_0 : τ ; coefficient d'absorption : a ; coefficient d'extinction : κ ; vitesse de la lumière dans le vide : c ; indice de réfraction : $n = c/c_n$.

7. Physique atomique et nucléaire.

Nombre atomique : Z ; nombre de masse : A ; nombre de protons : $P = Z$; nombre de neutrons : $N = A - Z$; charge électrique de l'électron : $-e$; masse de l'électron :

m ; masse du proton : M_p ; masse du neutron : M_n ; masse du méson : m_π, m_μ ; masse nucléaire : M ; masse atomique : M_a ; moment magnétique d'une particule : μ ; moment magnétique du proton : μ_p ; moment magnétique du neutron : μ_n ; moment magnétique électronique : μ_e ; magnéton de Bohr : μ_B, β ; nombre quantique principal : n, n_l ; nombre quantique du moment angulaire : L, l_i ; nombre quantique du moment du spin : S, s_i ; nombre quantique du moment total : J, j_j ; nombre quantique du moment magnétique : M, m_i ; nombre quantique du moment du spin nucléaire : I ; nombre quantique du moment hyperfin : F ; nombre quantique du moment de rotation : J, K ; nombre quantique du moment de vibration : v ; moment quadripolaire : Q ; constante de Rydberg : R .

III. OPÉRATEURS ET SYMBOLES MATHÉMATIQUES.

1. Analyse.

Égal à : = ; égal environ à : \simeq, \approx ; proportionnel à : \propto ; tend vers : \rightarrow ; asymptotiquement égal à \sim ; correspond à : \equiv ; plus ou moins : \pm ; somme de : Σ ; produit de : Π ; infini : ∞ ; pi : π ; base des logarithmes naturels : e ; factorielle n : $n!$; coefficient du binôme, $n!/(n-p)!$: $\binom{n}{p}$; variation de x : δx ; accroissement de x : Δx ;

exponentielle de x : $\exp x, e^x$; logarithme décimal de x : $\log x$ ⁽⁹⁾ ; logarithme naturel de x : $\ln x$; partie réelle de z : $\text{Re } z$; partie imaginaire de z : $\text{Im } z$; module de z : $|z|$; conjuguée complexe de z : z^* ; conjuguée complexe de la matrice A , $(A^*)_{jk} = (A_{jk})^*$: A^* ; conjuguée hermitienne de la matrice A , $(A^\dagger)_{jk} = A_{kj}^*$: A^\dagger ; adjoint de la matrice A , $\tilde{A}_{jk} = A_{kj}$: \tilde{A} .

(9) En cas d'ambiguïté $^{10}\log x$ ou $\log_{10} x$.

2. Vecteurs et tenseurs.

Pour éviter l'usage d'indices il est souvent recommandé d'indiquer les vecteurs et les tenseurs du second ordre par des caractères spéciaux.

Le choix suivant est recommandé :

(1) Les vecteurs seront imprimés en caractères gras, de préférence en caractères italiques.

(2) Les tenseurs du second ordre seront imprimés en caractères Sanserif.

(3) Dans les manuscrits les vecteurs peuvent être indiqués par une flèche et les tenseurs par deux flèches surmontant la lettre.

Vecteur : \mathbf{A}, \mathbf{a} ; valeur absolue : $|\mathbf{A}|, |\mathbf{a}|$; produit scalaire : $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$; produit vectoriel : $\mathbf{A} \wedge \mathbf{B}, \mathbf{A} \times \mathbf{B}$; opérateur nabla : ∇ ; gradient : $\text{grad } \varphi, \nabla \varphi$; divergence : $\text{div } \mathbf{A}$; rotationnel : $\text{curl } \mathbf{A}, \text{rot } \mathbf{A}$; Laplacien : $\Delta \varphi, \nabla^2 \varphi$; produit dyadique : $\mathbf{A}\mathbf{B}$; tenseur : T ; produit tensoriel : $\Sigma_k S_{ik} T_{ki}$: $S \cdot T$; produit scalaire : $\Sigma_k \Sigma_i S_{ik} T_{ki}$: $S : T$; produit d'un vecteur et d'un tenseur $\Sigma_k A_k T_{ki}$; $\Sigma_i T_{ki} A_i$: $\mathbf{A} \cdot T ; T \cdot \mathbf{A}$.

IV. SYMBOLES DES UNITÉS.

1. Symboles des préfixes.

Déci (= 10 ⁻¹)	d	Pico (= 10 ⁻¹²)	p
Centi (= 10 ⁻²)	c	Kilo (= 10 ³)	k
Milli (= 10 ⁻³)	m	Méga (= 10 ⁶)	M
Micro (= 10 ⁻⁶)	μ	Giga (= 10 ⁹)	G
Nano (= 10 ⁻⁹)	n	Téra (= 10 ¹²)	T

2. Unités CGS.

	UNITÉ	SYMBOLE
l, b, h	centimètre	cm
t	seconde	s
m	gramme	g
f, ν	hertz (= s ⁻¹)	Hz
F	dyne	dyn
E	erg	erg
p	barye (= dyn/cm ²)	barye
η	poise (= dyn s/cm ²)	P
T	degré Kelvin	°K
t	degré Celsius	°C
H	oersted	Oe
B	gauss	G
Φ	maxwell	Mx
F_M	gilbert	Gi
I	candela	cd
Φ	lumen (= cd.sr)	lm
L, B	stilb (= cd/cm ²)	sb
E	phot (= lm/cm ²)	phot
ε	radian	rad
ω	stéradian	sr

3. Unités MKSA.

	UNITÉ	SYMBOLE
l, b, h	mètre	m
t	seconde	s
m	kilogramme	kg
ν, f, ω	hertz	Hz
F	newton	N
E	joule	J
P	watt	W
I	ampère	A
Q	coulomb	C
V	volt	V
C	farad	F
R	ohm	Ω
L	henry	H
Φ	weber	Wb
I	candela	cd
Φ	lumen	lm
L, B	nit (= cd/m ²)	nt
E	lux (= lm/m ²)	lx

4. Unités non-cohérentes.

	UNITÉ	SYMBOLE
l	ansgröm	Å
V	litre	l
t	minute	min
t	heure	h
p	atmosphère	atm
P	kilowatt-heure	kWh
Q	calorie	cal
Q	kilocalorie	kcal
m	tonne (= 1 000 kg)	t
p	bar (= 10 ⁵ barye)	bar

Remarque sur la rationalisation.

(1) En 1951 l'U. I. P. P. A. a adopté la résolution suivante :

« L'Assemblée générale de l'Union de Physique considère que, dans le cas où les équations sont rationalisées, la rationalisation doit être obtenue par l'introduction de grandeurs nouvelles. »

(2) Quand il y a une possibilité de confusion entre grandeurs rationnelles et non-rationnelles, il est recommandé d'ajouter l'adjectif « rationnel » ou « non-rationnel » et de munir le symbole de la grandeur d'un indice en bas à gauche n ou r respectivement. Par exemple :

$$\begin{aligned} \text{champ magnétique non-rationnel} &= {}_n H \\ \text{champ magnétique rationnel} &= {}_r H \\ {}_r D &= {}_n D / 4\pi \text{ mais } {}_n E = {}_r E = E \\ {}_r H &= {}_n H / 4\pi \text{ mais } {}_n B = {}_r B = B. \end{aligned}$$

(3) Afin de transformer une équation entre grandeurs rationnelles en une équation entre grandeurs non-rationnelles, le tableau donne les grandeurs rationnelles et les expressions équivalentes exprimées en grandeurs non-rationnelles :

RATIONNEL	NON-RATIONNEL	RATIONNEL	NON-RATIONNEL
Q	Q	I	I
ρ	ρ	J	J
E	E	B	B
D	$D / 4\pi$	H	$H / 4\pi$
P	P	M	M
ε	$\varepsilon / 4\pi$	μ	$4\pi\mu$
ε_0	$\varepsilon_0 / 4\pi$	μ_0	$4\pi\mu_0$
ε_r	ε_r	μ_r	μ_r

(4) Exemple :

La composante horizontale de l'induction magnétique du champ magnétique terrestre en Europe est approximativement :

$$B = 0,2 \text{ G} = 0,2 \times 10^{-4} \text{ Wb/m}^2.$$

Cette valeur ne dépend pas de la rationalisation.

L'intensité du champ magnétique non-rationnel correspondant est

$${}_n H = 0,2 \text{ Oe} = 0,2 \times 10^3 \text{ A/m}$$

et l'intensité du champ magnétique rationnel correspondant est :

$${}_r H = (0,2 / 4\pi) \text{ Oe} = (0,2 \times 10^3 / 4\pi) \text{ A/m} = 15,9 \text{ A/m}.$$

Comme la valeur numérique de l'intensité du champ magnétique dépend de la rationalisation, il est recommandable d'utiliser, si possible, l'induction magnétique exprimée en gauss ou en weber par mètre carré.