

révisions des

GRANDEURS ET UNITES PHYSIQUES

par Pierre Cornélis, ON7PC rue J. Ballings, 88 1140 Bruxelles

L'électricité et l'électronique sont deux branches de la physique. La physique est la science qui a pour objet l'étude des propriétés générales des corps et des lois qui tendent à modifier leur état ou leur mouvement sans modifier leur nature.

Dans ce contexte nous pensons qu'il est intéressant d'ajouter dans ce cours quelques notions sur les grandeurs physiques fondamentales, c.-à-d. des unités mécaniques et des unités électriques.

1. Les grandeurs fondamentales : longueur, masse et temps

Après quelques unités de mesures basées sur les pratiques du commerce (une coudée, un pied, une toise, un pouce), on a défini en 1799, le mètre comme $1/10000^{\text{ème}}$ du quart de méridien terrestre. C'était fort peu pratique, on ne comme définition, et, en 1889 un mètre étalon a été déposé à Paris, il consistait en une barre de platine iridié, sur lequel se trouvait deux traits. Ce mètre fut déposé dans le Pavillon de Breteuil à Sèvres. Mais la physique atomique a permis de donner une définition plus exacte du mètre, c'est $1\ 650\ 763,73$ fois la longueur d'onde dans le vide de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux $2p_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de krypton 86.

Mais sont aussi reconnu :

- l'angström (Å) : $1\ \text{Å} = 0,0000000001\ \text{m}$ ($10^{-10}\ \text{m}$),
- le mille (marin) qui est égal à 1852 m,
- pour les unités de surface , l'are (a) qui est égal à $100\ \text{m}^2$
- pour les unités de surface 1 hectare (ha) = 100 ares (a) = $10.000\ \text{m}^2$

L'unité de **temps** est la seconde (s), elle dure 9192631770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux $2p_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de krypton 86.

Mais sont aussi reconnus:

- la minute (min) qui est égale à 60 seconde
- l'heure (h) qui est égale à 60 minutes
- le jour (d) qui est égal à 24 heures

L'unité de **masse** est le kilogramme (kg), c'est la masse d'un prototype en platine iridié sanctionné comme étalon de l'unité de masse, par la Troisième Conférence générale des Poids et Mesures.

Mais sont aussi reconnus:

- le gramme (g) qui est égal à $0,001\ \text{kg}$ ($10^{-3}\ \text{kg}$)
- la tonne (t) qui est égal à $1000\ \text{kg}$ ($10^3\ \text{kg}$)
- le carat qui est égal à 0,2 g
- l'unité de masse atomique qui est égal à $1,6605655\ 10^{-27}\ \text{kg}$

2. Force

On appelle **force** toute CAUSE toute source capable de modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps.

Une force est caractérisée par un point d'application, une direction, un sens et une intensité. Une force est un grandeur vectorielle.

L'unité de mesure de la force est le Newton. Un newton est la force qui, appliquée à un corps lui communique un mouvement uniformément accéléré dont la vitesse croit de un mètre par seconde à la seconde.

Mais sont aussi reconnus:

- le kilogrammeforce (kgf) qui est égal à 9,90665 N
- la dyne (dyn) qui est égal à 0,00001 N (10^{-5} N)

3. Travail

On dit qu'une force produit du **travail** quand elle déplace son point d'application.

L'unité de Travail est le Joule, Un travail de 1 Joule est produit par une force de un newton qui déplace son point d'application de un mètre.

Dans la pratique on utilise encore

- l'électronvolt (eV) qui est égal à $1,6021892 \cdot 10^{-19}$ J ,
- l'erg (erg) qui est égal à $0,0000001$ J (10^{-7} J) ,
- la calorie qui est égale à 4,1855 J

4. Puissance

La **puissance** est le rapport du travail produit par le temps.

L'unité de puissance est le Watt. Une puissance de un watt correspond au travail produit pendant 1 seconde

Dans la pratique on utilise encore

- le voltampère (VA) pour indiquer la puissance apparente en courant alternatif
- le var (VAR) pour indiquer la puissance réactive en courant alternatif
- le kilogrammètre par seconde (kgm/s)
- le cheval vapeur (CV) qui est égal à 75 kgm/s ou 735,498 W

5. Tableau des unités mécaniques

L'ensemble de la mécanique repose sur 3 grandeurs fondamentales : **la longueur, la masse et le temps.**

grandeurs fondamentales	nom de l'unité de base	symbole de l'unité
longueur	mètre	m
masse	kilogramme	kg
temps	seconde	s
intensité du courant électrique	ampère	A
température	degré kelvin	°K

grandeurs dérivées	nom	symbole	expression en fonction des unités de base
angle plan	radian	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
angle solide	stéradian	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
fréquence	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
force	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m} / \text{s}^2$
pression, contrainte	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$
énergie, travail, quantité de chaleur	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
puissance, flux énergétique	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J} / \text{s}$
charge électrique, quantité d'électricité	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
potentiel électrique, tension, f.é.m.	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W} / \text{A}$
capacité	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C} / \text{V}$
résistance	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V} / \text{A}$
conductance	siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ A} / \text{V}$
flux d'induction magnétique	weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
induction magnétique	tesla	T	$1 \text{ Te} = 1 \text{ Wb} / \text{m}^2$
inductance	henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb} / \text{A}$

Mais quatre "écoles" de physiciens (ou de mécaniciens) ont prit des unités différentes. C'est ainsi que

- certains ont pris le centimètre, le gramme et la seconde, parce que cela semblait convenir à leur observations, il en résulte le **système CGS**.
- d'autres ont prit le mètre, la tonne et la seconde, il en résulte le **système MTS**.
- d'autres ont pris le mètre, le kilogramme et la seconde, il en résulte le **système MKS**.
- d'autres enfin, ont préféré utiliser la force (ou le poids) au lieu de la masse, il en résulte le système MK'S encore appelé **système métrique**.

Le tableau ci-dessous résume les différentes unités, nous n'avons pas développé les unités mécaniques dérivées, mais les quelques exemples permettent de comprendre le principe.

	relation définition	équation aux dimensions	CGS	MTS	MKS	MK'S (métrique) grandeurs fondamentales	MK'S (métrique) grandeurs dérivées
longueur		L	cm	m	m	m	
masse		M	g	T	kg		kg' s ² /m = masseau
temps		T	s	s	s	s	
vitesse	v = d / t	LT ⁻¹	cm/s	m/s	m/s		m/s
accélération	γ = v / t	LT ⁻²	cm/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²
force	f = m γ	MLT ⁻²	g cm / s ² = dyne	T m / s ² = Sn	kg m / s ² = N	1kg' = 9,81 kg m / s ²	
travail	T = f l	ML ² T ⁻²	g cm ² /s ² = erg	T m ² / s ² = kJ	kg m ² / s ² = J		kg'/m
puissance	P = T / t	ML ² T ⁻³	g cm ² / s ³ = erg/s	T m ² / s ³ = kW	kg m ² /s ³ = W		
pression	p = f / s	ML ⁻¹ T ⁻²	gr cm s ² = barye	T / m s ² = pièze	kg / m s ² = Pacal		kg'/m ²
débit volumétrique	d = V / t	L ³ T ⁻¹	cm / s	m ³ / s	m ³ /s		m ³ / s
etc ...							

On trouve respectivement:

- les unités dans la 1ère colonne,
- la relation de définition dans la seconde colonne. Par exemple une vitesse c'est un certain nombre de mètre parcourus pendant un laps de temps donné, c'est donc une distance divisée par un temps
- l'équation aux dimensions si L est la dimension de longueur et T est la dimension du temps alors la dimension de la vitesse c'est L/T soit encore L T⁻¹.
- le nom de l'unité dans les différents systèmes.

Mais en tant qu'électronicien (ou en tant qu'électricien) cela ne nous satisfait pas, nous devons aussi introduire des unités "électriques". Une fois de plus plusieurs "écoles" ont eu des idées différentes:

- le système **CGS électrostatique** où la permittivité du vide est égale à l'unité ($\epsilon_0 = 1$)
- le système **CGS électromagnétique** où la perméabilité est égale à l'unité ($\mu_0 = 1$)
- le système **MKSA** où l'ampère est une unité supplémentaire et complète le mètre, le kilogramme et la seconde

grandeur	définition	équation aux dimensions	dimension	unité
quantité d'électricité	f = Q Q / d ²	MLT ⁻² = [Q ²] L ⁻²	M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻¹	Franklin (Fr)
intensité du courant	Q = I t	M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻¹ = [I] T	M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻²	
champ électrique	f = Q E	M L T ⁻² = M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻¹ [E]	M ^{1/2} L ^{-1/2} T ⁻¹	
f.é.m. et d.d.p.	W = U Q	M L T ⁻² = [U] M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻¹	M ^{1/2} L ^{1/2} T ⁻¹	
capacité	C = Q / U	[C] = M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻¹ / M ^{1/2} L ^{1/2} T ⁻¹	L	cm
résistance	R = U / I	[R] = M ^{1/2} L ^{1/2} T ⁻¹ / M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻²	L ⁻¹ T ⁻¹	
champ magnétique	H = N I / l	[H] = M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻² / L	M ^{1/2} L ^{1/2} T ⁻²	
inductance	E = L Δ I / Δ t	M ^{1/2} L ^{1/2} T ⁻¹ = [L] M ^{1/2} L ^{3/2} T ⁻² / T	L ⁻¹ T ²	
induction magnétique				
flux magnétique				
perméabilité magnétique				
etc ...				

6. Conversions d'unités.

L'histoire a fait qu'en Europe centrale les mesures sont basées sur le mètre, le kilogramme et la seconde ... mais que les Anglo-Saxons avaient d'autres unités de mesures. Voici donc le tableau d'équivalence.

unité	relation	équivalent en unités métriques
1 inch (in.)		2.54 cm
1 foot (ft.)	12 in	0.3048 m
1 yard (yd)	3 feet	0,915 m
1 (statute) mile	1,760 yards	1,609 m
1 (nautical) mile		1,853 m
1 acre		0,4 hectare ou 4000 m ³
1 square inch		6.4516 cm ²
1 square foot		0,092903 m ²
1 square yard		0,836127 m ²
1 square mile		259 hectares ou 2,59 km ²
1 cubic inch		16,387 cm ³
1 cubic foot		28,316 dm ³
1 cubic yard		0,764 m ³
1 gallon US (gal)		3.785 l
1 gallon UK (gal)		4,546 l
1 grain (gr)		64,789 mg
1 ounce (oz.)		28,35 gr.
1 pound (lb.)	16 ounces	453 gr
1 ton (ton)		1016,05 kg
1 stone	14 pound	6,35 kg

Le choix du système d'unités et l'emploi d'unité anglaise compliquent parfois la vie. Voici une série de tableaux :

m	39,37	3,28083	1,09361	621,371 10 ⁻⁶
0,2540	inch	0,08333	0,02778	15,7828 10 ⁻⁶
0,30480	12	foot	0,33333	189,394 10 ⁻⁶
0,91440	36	3	yard	568,182 10 ⁻⁶
1609,35	63360	5280	1760	mile

litre	33,8147	0,26418	35,19609	0,21998
0,02957	US. fl. oz	0,00781	1,04085	0,00651
3,78533	128	US gal	133,2287	0,83268
0,02841	0,96075	0,0751	Imp. fl. oz.	0,00625
4,54596	153,7206	1,20094	160	Imp. gal

kg	2,20462	35,274	1102,31 10 ⁻⁶	984,206 10 ⁻⁶
0,453592	lb. avoir	16	500 10 ⁻⁶	446,429 10 ⁻⁶
0,028349	0,0625	oz. avoir	31,250 10 ⁻⁶	27,9018 10 ⁻⁶
907,1848	2000	32000	Short ton	0,89286
1016,047	2240	35840	1,12	long ton

kg poids	980665	9,80665	2,20462
1,01972 10 ⁻⁶	dyne	10 10 ⁻⁶	2,24809 10 ⁻⁶
0,10197	100000	newton	0,22481
0,45359	444822	4,44822	lb. avoir

litre/min	0,26416	0,22013	0,060	0,03531
3,7856	USGPM	0,83333	0,22714	0,13369
4,5456	1,2	IGPM	0,27274	0,16053
16,6667	4,40265	3,66888	M³/h	0,58858
28,3168	7,48017	6,2348	1,69901	cu ft/min

ft H₂O	0,882573	0,43351	0,30480	0,03048
1,13305	in Hg	0,49119	0,345356	0,034535
2,30675	2,03588	PSI	0,70310	0,070310
3,28083	2,89556	1,42227	M H₂O	0,1
32,8083	28,9556	14,2227	10	kg/cm²

joule	0,27778 10 ⁻⁶	0,3777 10 ⁻⁶	0,10197	238,892 10 ⁻⁶	948,047 10 ⁻⁶	0,37251 10 ⁻⁶	0,73756
3,60 10 ⁶	kWh	1,360	367097	860,001	3412,97	1,34103	2,6552 10 ⁶
2,6478 10 ⁶	0,73550	chh	270000	632,537	2510,24	0,98633	1,9529 10 ⁶
9,80655	2,7241 10 ⁻⁶	3,7037 10 ⁻⁶	kgm	2342,7 10 ⁻⁶	9297,2 10 ⁻⁶	3,6531 10 ⁻⁶	7,2330
4186	1162,8 10 ⁻⁶	1580,9 10 ⁻⁶	426,853	kcal	3,96852	1559,3 10 ⁻⁶	3087,43
1054,8	293 10 ⁻⁶	398,37 10 ⁻⁶	107,559	0,25198	B.T.U.	392,92 10 ⁻⁶	777,979
2,6845 10 ⁶	0,7457	1,01386	273742	641,304	2543,03	HPh	1,98 10 ⁶
1,35582	0,3766 10 ⁻⁶	0,5121 10 ⁻⁶	0,13826	323,89 10 ⁻⁶	1285,4 10 ⁻⁶	0,5051 10 ⁻⁶	ft. lb

kW	1,360	101,97	0,238892	0,948047	1,341022	737,561
0,735499	ch	75	0,175704	0,697288	0,986320	542,4754
9806,65 10 ⁻⁶	13333,3 10 ⁻⁶	kgm/s	2342,73 10 ⁻⁶	9297,17 10 ⁻⁶	13150,9 10 ⁻⁶	7,233002
4,186	5,69137	426,853	kcal/s	3,968525	5,613518	3087,430
1,0548	1,43412	107,559	0,251983	BTU/s	1,414510	777,979
0,7457	1,01869	76,0402	0,178141	0,706959	HP	549,9992
1355,82 10 ⁻⁶	1843,40 10 ⁻⁶	0,138255	323,894 10 ⁻⁶	1285,38 10 ⁻⁶	1818,18 10 ⁻⁶	ft. lb/s

Voici comment faut-il lire ces tableaux :

m →	39,37	3,28083	1,09361	621,371 10 ⁻⁶
0,2540	inch ↓	0,08333	0,02778	15,7828 10 ⁻⁶
0,30480	12	foot	0,33333	189,394 10 ⁻⁶
0,91440	36	3	Yard ↑	568,182 10 ⁻⁶
1609,35	63360	5280	1760 ←	mile

lisez donc "1 mètre = 39,37 inch "
et "1 mile = 1760 yard"

7. Le problème des échelles de température

D'un côté les physiciens avaient défini la température sur base de l'eau : L'eau se solidifie à 0°degré et se vaporise à 100 degré. Ceci correspond à l'échelle **Celsius** (°C). D'autres physiciens ont défini l' échelle **Fahrenheit** (°F).

Si on mesure la pression d'un gaz et que l'on trace la courbe Pression = f (Température), et qu'on répète ceci pour plusieurs gaz, on s'aperçoit assez curieusement que toutes ces courbes se croisent à une température de -273,15 °C . Cette température donne une troisième échelle appelée température absolue et exprimée en degré **Kelvin** (°K). Ce qui veut dire qu'à cette température la pression est nulle et l'énergie cinétique des molécule l'est aussi.

Les formules de conversion sont :

$$T_F = (9/5)T_C + 32$$

$$T_C = (5/9) (T_F - 32)$$

$$T_K = T_C - 273,15$$

8. Le problème des diamètres des fils

Il n'y a pas de problème pour nous Européens, pour exprimer le diamètre des fils de cuivre, on parlera généralement en mm ou en dixième de millimètre,. Si on parle d'un fil de 5/10ème, cela signifie un fil de 0,5 mm. Mais exprimer le diamètre d'un fil de cuivre par rapport au pouce est un véritable casse-tête pour les anglo-saxons. C'est ce qui a conduit les Américains à utiliser le système d' AWG ou American Wiring Gauge. Voici le tableau d'équivalence :

AWG	∅ (mm)
2	6,53
4	5,18
6	4,11
8	3,25
10	2,59
12	2,03
14	1,63
16	1,27
18	1,02
20	0,81
22	0,64
24	0,51
26	0,41
28	0,28
30	0,23
38	0,10

9. Conversions de fractions de pouce en mm

Bien qu'il soit très simple de le calculer, un petit tableau est parfois plus rapide

pouce	mm
1/32	0,79
1/16	1,59
3/32	2,38
1/8	3,17
5/32	3,97
3/16	4,76
7/32	5,56
1/4	6,35
9/32	7,14
5/16	7,94
11/32	8,73
3/8	9,52
13/32	10,32
7/16	11,11
15/32	11,91
1/2	12,70
17/32	13,49
9/16	14,29
19/32	15,08
5/8	15,87
21/32	16,67
11/16	17,46
23/32	18,26
3/4	19,05
25/32	19,84
13/16	20,64
27/32	21,43
7/8	22,22
29/32	23,02
15/16	23,81
31/32	24,60
1	25,4

10.Bibliographie

- Agenda technique ACEC
- Raymond A. Serway, PHYSICS for Scientists & Engineers with Modern Physics, Saunders College Publishing, 1996, ISBN-0-03-015654-8



Ce cours est un service de l' UBA. Il est disponible sur le site internet sous <http://club.euronet.be/on7pc>.

Vous pouvez l'utiliser

pour préparer l'examen de radioamateurs en travaillant comme autodidacte, soit en Belgique, soit dans un autre pays francophone, comme base ou comme complément aux cours données au sein des sections de l' UBA qui préparent les candidats à l'examen IBPT

Mais Il est strictement interdit de l'utiliser à d'autre fins et notamment à des fins commerciales ou au profit d'organisations belges autres que l' UBA.

Mise à jour le 22 février 2000