TP de la physique

2011 - 2012

El hajjaji

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Grandeur	Unité de base (ou suppl.)	Symbole
Longueur	mètre	m
Masse	kilogramme	kg
Temps	seconde	s
Intensité du courant	Ampère	A
Température	Kelvin	K
Quantité de matière	mole	mol
Luminosité	candela	cd
Angle plan	radian	rd
Angle solide	stéradian	sr

El hajjaji

Unités S.I. dérivées (17)

Grandeur	Unité	Symbole	Unités de base	Autres U.S.I.
Fréquence	Hertz	Hz	s^{-1}	
Force	Newton	N	$m.kg.s^{-2}$	
Pression	Pascal	Pa	$m^{-1}.kg.s^{-2}$	$N.m^{-2}$
Energie, travail	Joule	J	$m^{2}.kg.s^{-2}$	N.m
Puissance	Watt	W	$m^{2}.kg.s^{-3}$	$J.s^{-1}$ ou V.A
Charge électrique	Coulomb	C	s.A	
Potentiel ou tension électrique; force électromotrice	Volt	V	$m^{2}.kg.s^{-3}.A^{-1}$	
Résistance électrique	Ohm	Ω	$m^{2}.kg.s^{-3}.A^{-2}$	
Capacité électrique	Farad	F	$m^{2}.kg^{-1}.s^{4}.A^{2}$	
Inductance	Henry	H	$m^{2}.kg.s^{-2}.A^{-2}$	
Conductance	Siemens	S	$m^{-2}.kg^{-1}.s^{3}.A^{2}$	Ω^{-1}
Flux d'induction magnétique	Weber	Wb	$m^{2}.kg.s^{-2}.A^{-1}$	
Induction magnétique	Tesla	T	$kg.s^{-2}.A^{-1}$	
Flux lumineux	Lumen	Lm	cd.sr	
Eclairement lumineux	Lux	Lx	$m^{-2}.cd.sr$	
Activité	Becquerel	Bq	s^{-1}	
Dose absorbée	Gray	Gy	$J.kg^{-1}$	

El hajjaji

Tourner

Autres grandeurs (unités S.I. sans nom spécifique)

Grandeur	Unité SI usuelle	Unités de base
Vitesse	$m.s^{-1}$	$m.s^{-1}$
Accélération	$m.s^{-2}$	$m.s^{-2}$
Viscosité cinématique	m^2s^{-1}	$m^2.s^{-1}$
Viscosité dynamique	Pa.s	$m^{-1}.kg.s^{-1}$
Champ électrique E	$V.m^{-1}$	$m.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Champ magnétique B	$A.m^{-1}$	$A.m^{-1}$
Vergence (syst optique)	δ (dioptrie)	m^{-1}
Entropie	$J.K^{-1}$	$m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}$

El hajjaji

Définition	Grandeur physique	Symbole	Unité	Symbole de l'unité
Densité : rapport entre la masse d'un volume de liquide ou de solide et la masse du même volume d'eau	La densité	d	Pas d'unité car rapport de deux grandeurs ayant la même unité	Densimètre
Distance : espace qui sépare deux lieux dans un repère choisi	La distance	d,etc.	mètre	m
Énergie Électrique : Puissance électrique consommée ou dissipée par unité de temps	L'énergie	E	joule	J
Fréquence : C'est le nombre de fois qu'un phénomènepériodique (périodes) se produit en une seconde.	La fréquence	f	hertz	Hz
Intensité : Quantité d'électricité qui traverse le circuit électrique par unité de temps et de section	L'intensité	I	ampère	A
Masse : Quantité de matière	La masse	m	kilogramme	kg
Masse volumique : masse de l'unité de volume	La masse volumique	ρ	kilogramme par mètre cube	kg/m^3 ou $kg.m^{-3}$
Poids : Force exercée par la Terre sur tous les objets en son voisinage, proches ou lointains	Le poids	P	Newton	N
Pression : C'est l'action d'une force sur une surface donnée	La pression	p	Pascal(ou bar)	Pa 1bar = 105Pa
Puissance : c'est la quantité de chaleur et / ou de lumière qu'un appareil électrique est capable de fournir par unité de temps	La puissance	P	watt	W
Résistance : C'est la grandeur qui caractérise le dipôle appelé Résistance ou Résistor	La résistance	R	ohm	Ω
Température : sensation de chaleur ou de froid dont la mesure objective est donnée par le thermomètre	La température	t	degré Celcius (ou degré Kelvin)	°C (ou °K)
Temps : C'est le moment qui s'écoule entre deux dates dans les repères temps et espace choisis	Le temps	t	seconde	s
Tension : C'est la différence d'état électrique entre les bornes d'un dipôle	La tension	U	Volt	V
Vitesse : distance parcourue par unité de temps	La vitesse	v	mètre par seconde	m/s ou $m.s^{-1}$
Volume : ensemble de points de l'espace dont les coordonnées x,y,z sont reliés par une relation mathématique	Le volume	V	mètre cube	m^3

Tourner

6- Cas particuliers :

a- X est une somme ou une différence: $X = A \pm B$,

L'incertitude absolue est : $\Delta X = \Delta A + \Delta B$

b- X est une grandeur multipliée par une constante

k>0: $X= k\,A$; on a $\Delta X= k\,\Delta A$

c- X n'est fonction que d'une seule variable :

$X=f(A)$ alors : $\Delta X= (dX/dA).\Delta A$

Avec dX/dA dérivée ordinaire

d- X est fonction du type : $X= A^aB^bC^c$

Prenons les Log:

$$\mathrm{Log}X=a\,\mathrm{Log}A + b\,\mathrm{Log}B + c\,\mathrm{Log}C$$

$$\Delta X/X=|a|.\Delta A/A + |b|.\Delta B/B + |c|.\Delta C/C$$

El hajjaji

Tourner

Pratique

Addition: $y = x + z$

Soustraction: $y = x - z$

$$\boxed{\Delta y = \Delta x + \Delta z}$$

Multiplication: $y = xz$ $\quad \Delta y = z\Delta x + x\Delta z$

Division: $y = \dfrac{x}{z}$ $\quad \Delta y = \dfrac{z\Delta x + x\Delta z}{z^2}$

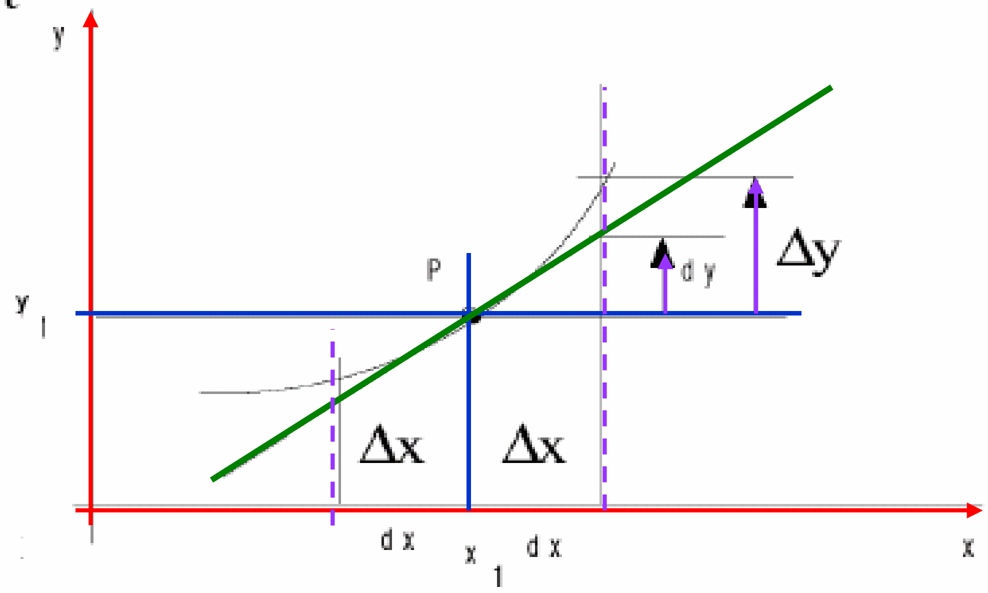
$$\boxed{\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta z}{z}}$$

Les incertitudes absolues s'ajoutent pour l'addition et la soustraction.
Les incertitudes relatives s'ajoutent pour la multiplication et la division.

Propagation des incertitudes

Soient une mesure $x \pm \Delta x$ et $y = f(x)$ une fonction de x.
Quelle est l'incertitude sur y?
Lorsque Δx est petit, $f(x)$ est remplacé au voisinage de x par sa tangente:

$$\boxed{\Delta y = \left|\frac{df}{dx}\right| \Delta x}$$



On fait l'approximation $\Delta y = dy$, valable si Δx est petit et $f(x)$ varie " lentement".

Incertitude d'une fonction à plusieurs variables

Supposons que y dépende de plusieurs grandeurs x, z, t, mesurées avec les incertitudes Δx, Δz, Δt:

$y = f(x,z,t)$

L'erreur maximum possible sur y est:

$$\boxed{\Delta y = \left|\frac{\partial f}{\partial x}\right|\Delta x + \left|\frac{\partial f}{\partial z}\right|\Delta z + \left|\frac{\partial f}{\partial t}\right|\Delta t}$$

Les dérivées partielles sont les dérivées de la fonction f par rapport à une variable, les autres variables étant considérées comme constantes.

Exemple

par exemple soit à choisir pour R parmi l'une des valeurs :

$R_1 = 1900\ \Omega$, $\Delta R_1 = 100\ \Omega$

$R_2 = 1970\ \Omega$, $\Delta R_2 = 197\ \Omega$

Comparons les incertitudes relatives

$\Delta R_1/R_1 = (100/1900) \times 100 = 5\%$

$\Delta R_2/R_2 = (170/1970) \times 100 = 10\%$

$\Delta R_2/R_2 > \Delta R_1/R_1$, la valeur à prendre pour R est

$$\mathbf{R = (1900 \pm 100)\Omega}$$

C- Lorsqu'on dit qu'une mesure a été faite par exemple à 3% près, il faut comprendre par là que la précision est de 3%, c'est-à-dire que :

$$\Delta g/g = 3\% = 0{,}03$$

El hajjaji

Tourner

4- Chiffres significatifs

Un résultat de mesure doit être donné avec le même nombre de chiffre significatifs que la mesure la plus précise trouvée.
Exemple:

Ce zéro est significatif il indique que l est mesurée au cm près

l = 0,0340 km

chiffres non significatifs qui disparaissent en exprimant l en m

4 chiffres significatifs

Exercices

Exercices sur le calcul d'incertitudes

supplément

Exemples de détermination d'incertitude de mesure

A l'aide d'un chronomètre au 1/10 s , on a mesuré 5 fois de suite la durée de 10 oscillations successives d'un pendule. Les résultats sont :

Temps pour 10 oscillations				
t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
17,2 s	17,3 s	17,3 s	17,2 s	17,1 s

Les résultats sont proches, les écarts petits sont dus à l'opérateur qui ne peut coordonner le repérage des oscillations et la manœuvre du chronomètre,

durée de 10 oscillations; on fait la moyenne par 5:

$$t = (17{,}2 + 17{,}3 + 17{,}3 + 17{,}2 + 17{,}1)/5 = 17{,}22 \text{ s}$$

Incertitude absolue dus à l'opérateur:

$$\Delta t_{op} = \text{Max}\ (\ |ti - 17{,}22|) = 0{,}12 \text{ s}$$

Tourner

El hajjaji

Au lieu de ce calcul on peut écrire

$\Delta t_{op} = (1/2)\ (\ |ti_{max} - ti_{min}|) = (1/2)(17,3\ \ 17,1) = 0,1$ s

En plus de cette incertitude Δt_{op}, il faut ajouter celle due au chronomètre qui est 1/10 s

$\Delta t_{ch} = 0,1$ s

L'incertitude absolue totale est

$\Delta t = \Delta t_{op} + \Delta t_{ch} = 0,12 + 0,1 = 0,22$ s

ou $\Delta t = \Delta t_{op} + \Delta t_{ch} = 0,1 + 0,1 = 0,2$ s

Résultat $t = (17,22 \pm 0,22)$ s

Ou $t = (17,22 \pm 0,20)$ s

Il est aussi permis d'écrire :

$t = (17,2 \pm 0,2)$ s

Exemple

Cas de la mesure indirecte d'une résistance R par mesure directe du courant et de la tension

De $\Delta R = |(\partial R/\partial U)|.\Delta U + |(\partial R/\partial I)|.\Delta I$

Avec pour les dérivées partielles.

$\partial R/\partial U = \partial/\partial U(U/I) = 1/I$ et $\partial R/\partial I = \partial/\partial U(U/I) = - U/I^2$

On obtient

$$\Delta R = \Delta U/I + \Delta I(U/I^2)$$

L'expression de l'incertitude relative est simple et c'est elle que l'on utilise le plus souvent

$$\Delta R/R = \Delta U/U + \Delta I/I$$

On verra comment on détermine ΔU et ΔI dus aux appareils de mesure

El hajjaji

Autre Exemple

La résistance équivalente R de 2 résistances montée en parallèle vaut : $R = R_1R_2/(R_1+R_2)$

Prenons le Log des 2 membres, il vient

$LogR = LogR_1 + LogR_2 - Log(R_1+R_2)$

Ou encore (différentielle logarithmique)

$$dR/R = dR_1/R_1 + dR_2/R_2 - d(R_1+R_2)/(R_1+R_2)$$
$$= dR_1/R_1 - dR_1/(R_1+R_2) + dR_2/R_2 – dR_2/(R_1+R_2)$$
$$= (R_2/(R_1+R_2)).(dR_1/R_1) + (R_1/(R_1+R_2)).(dR_2/R_2)$$

Et en passant aux incertitudes:

$$\Delta R/R = (R_2/(R_1+R_2)).(\Delta R_1/R_1) + (R_1/(R_1+R_2)).(\Delta R_2/R_2)$$

Dans l'expression $R = R_1R_2/(R_1+R_2)$, les résistances R_1 et R_2 figurent à la fois en dénominateur et en numérateur, on a donc affaire à un calcul d'erreurs liées

El hajjaji

Si on n'avait pas tenu compte de cette remarque on aurait trouvé

$$\Delta R/R = \Delta(R_1R_2/R_1R_2) + \Delta(R_1+R_2)/(R_1+R_2)$$

$\Delta R/R = (R_1.\Delta R_2 + \Delta R_1.R_2)/R_1R_2 + \Delta R_1/(R_1+R_2) + \Delta R_2/(R_1+R_2)$

$\Delta R/R = (2R_1+R_2/R_1+R_2)/\ \Delta R_1/R_1 + (2R_2+R_1/R_2+R_2)/\ \Delta R_2/R_2$

Et si $R_1 = 2200\ \Omega$, $R_2 = 120\ \Omega$ et $\Delta R_1/R_1 = \Delta R_2/R_2 = 0{,}1$

On aurait $\Delta R/R = 10\%$ (erreurs liées)

$\Delta R/R = 30\%$ (erreurs non liées)

Tourner