

Utilisation du logiciel GUM_MC – Exemple (type B)

Problème : incertitude sur une valeur de puissance électrique calculée par $P = RI^2$.

Mesures et données constructeur

R est donnée par le code des couleurs : $R = 10 \Omega \pm 0,1\%$.

I est mesurée au multimètre : $I = 123,1 \text{ mA}$.

Notice du multimètre : « 0,05% + 2UR » comme incertitude élargie au taux de 99%.

(UR = unité de représentation = digit = puissance de 10 du dernier chiffre lu).

Méthode :

1. bilan des sources d'erreurs pour chaque mesurande ;
2. choix de la densité de probabilité associée à chaque erreur ;
3. entrée des données requises par la densité de probabilité.

Onglet « Bienvenue » : informations

Bienvenue dans GUM MC

Le but de ce logiciel est de faciliter le calcul des incertitudes composées.

Il tente de suivre les recommandations du BIPM données dans les documents de référence du "GUM" ("Guide to the expression of Uncertainty in Measurement"):
http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_F.pdf
et son supplément sur la méthode de Monte-Carlo:
http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_101_2008_E.pdf

La démarche est la suivante:

- 1) Vous saisissez l'expression de la grandeur (mesurande) Y dont on veut déterminer les caractéristiques (grandeur "de sortie") en fonction des "grandeurs d'entrée" mesurées, les X_i : $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_N)$
- 2) Vous saisissez les caractéristiques des grandeurs d'entrée mesurées (mesurandes) X_i :
 - a) estimation x_i
 - b) incertitude type ("standard") $u(x_i)$
 - c) type de loi de densité probabilité ("PDF")
- 3) GUM_MC vous fournit l'estimation y de Y , son incertitude-type $u_c(Y)$, les intervalles de confiance, et ce par calcul de propagations des variances, en suivant le "GUM uncertainty framework"
- 4) Enfin, GUM_MC vous fournit une deuxième estimation de ces quantités par simulation de Monte-Carlo ("MCM") (la procédure adaptative n'est pas encore implémentée).

Remarques:

- 1) à partir de la version 2, les grandeurs d'entrée peuvent être corrélées.
- 2) la virgule décimale est le point "."

Cliquez ici pour commencer >>>

Onglet « Expression de la grandeur de sortie » : relation $P = RI^2$ et unités

Symbole grandeur de sortie: P

Expression en fonction des mesurandes d'entrée: $R \cdot I^2$

Symbole de l'unité: W

Les fonctions suivantes peuvent être utilisées:

- trigonométriques: cos() sin() tan() cotan() arcsin() arcos() arctan()
- diverses: sqr() (carré) sqrt() (racine carrée)
- exponentielles, logarithmiques et hyperboliques: exp() ln() log10() ou log() log2() sinh() cosh() tanh() arcsinh() arcosh() arctanh()
- heav(), fonction de Heaviside: 1 si argument>0, 0 sinon
- trunc(): partie entière
- min(), max(), arg()

Les opérateurs disponibles sont: + - * / ^.

Pi est la variable prédéfinie Pi.

Notation scientifique des nombres: -1.23e-6

Exemples:

Ca Cb*Vb/Va

R U/I

P R*I^2

Valider et passer aux grandeurs d'entrée >>>

Onglet « Grandeur d'entrée » : mesures et erreurs

Mesurande	Estimateur	Ajouter source erreur	Supprimer source erreur	Symbole erreur	Type estimation	Incertitude-type	Type de distribution	Tracé distribution	Tracé densité	Descriptif
I	0	+	-							
R	0	+	-							

Corrélations entre erreurs

Entrer les estimateurs des mesurandes (mesures) pour I et R (clic sur la valeur dans la colonne « Estimateur »).

Valider et calculer la grandeur de sortie >>>

Gum_MC: logiciel de calcul d'incertitudes composées

Fichier Options Aide

Bienvenue Expression de la grandeur de sortie Grands d'entrée Résultats par p

Mesurande	Estimateur	Ajouter source erreur	Supprimer source erreur	Symbole err
I	0.1231	+		
R	10	+		

Cliquer pour ajouter une source d'erreur pour R.

Type d'évaluation de l'incertitude

Evaluation de type A

Je possède N mesures répétées indépendantes de cette grandeur.
L'évaluation de l'incertitude-type sera faite par l'analyse statistique de cette série d'observations.

Evaluation de type B

Je possède une seule mesure de cette grandeur.
L'évaluation de l'incertitude-type sera faite par des moyens autres que l'analyse statistique de série d'observations:

- spécifications constructeur
- certificats de calibration
- connaissances par l'expérience du comportement du matériel
- incertitudes sur des données extraites de bases de référence

OK

Annuler

$$R = 10 \Omega \pm 0,1\%$$

Pour R, la valeur de 0,1% pour la tolérance (déduite du code des couleurs) constitue une « *indication constructeur* » sans autre précision : choisir une *densité de probabilité rectangulaire* et la *demi-étendue* est alors donnée par : $R \times 0,1/100 = 0,01 \Omega$ (cf. copie d'écran ci-dessous).

Propriétés de la source d'erreur

Loi de densité de probabilité ("PDF"): Type d'évaluation de l'incertitude-type:

Rectangulaire Type A Type B

Paramètres de la loi:

Nom: R_S1

Et au choix:

Incertitude-type: 0.000577350269189626

Demi-étendue: 0.01

Distribution uniforme ou rectangulaire

$f_x(x)$

L'incertitude-type vaut $\frac{a}{\sqrt{3}}$

Exemples d'utilisation:

- résolution d'un affichage numérique
- grandeur bornée par deux extrêmes connus
- incertitude constructeur sans autre précision (on prend alors demi-étendue=valeur fournie)

Paramètre supplémentaire:

Inc. relative sur l'incertitude: 0 %

Degré de liberté effectif: NAN

Si vous n'en savez rien, laissez l'incertitude relative sur l'incertitude à 0.

Annuler

Valider et générer l'échantillon

Gum_MC: logiciel de calcul d'incertitudes composées

Fichier Options Aide

Bienvenue Expression de la grandeur de sortie Grands d'entrée Résultats par propagation Résultats simulation de Monte Carlo Commentaires

Mesurande	Estimateur	Ajouter source erreur	Supprimer source erreur	Symbole erreur	Type estimation	Incertitude-type	Type de distribution
I	0.1231	+					
R	10	+					
				R_S1	B	0.00577350269189626	Rectangulaire

$I = 123,1 \text{ mA}$ avec « 0,05% + 2UR » comme incertitude élargie au taux de 99%.

Pour I, il existe *deux* sources d'erreur :

- une erreur liée à la *résolution* du multimètre (dernier digit), $I = 123,1 \text{ mA} \Rightarrow$ résolution de 0,1 mA (*distribution rectangulaire*, valeur $2a = 0,1 \text{ mA}$ donc *demi-étendue* = 0,05 mA) ;
- une erreur liée aux « *indications constructeur* » (notice) évaluée par des méthodes statistiques (étalonnage) (*distribution Normale ou Gaussienne*, $I \times 0,05/100 + 2 \times 0,1 = 0,26 \text{ mA}$).

Propriétés de la source d'erreur

Loi de densité de probabilité ("PDF"): Type d'évaluation de l'incertitude-type:

Rectangulaire

Paramètres de la loi:

Nom: I_S2

Et au choix:

Incertitude-type
0.0000288675134594813

Demi-étendue:
0.05e-3

Distribution uniforme ou rectangulaire

L'incertitude-type vaut $\frac{a}{\sqrt{3}}$

Exemples d'utilisation:

- résolution d'un affichage numérique
- grandeur bornée par deux extrêmes connus
- incertitude constructeur sans autre précision (on prend alors demi-étendue=valeur fournie)

Caractéristique de cette nouvelle source d'erreur:

Loi de densité de probabilité ("PDF"): Type d'évaluation de l'incertitude-type:

Normale

Paramètres de la loi:

Nom: I_S3

Et au choix:

Incertitude-type
0

Incertitude élargie:
0.26e-3

Au taux de: 99 %

Distribution "normale" ou "Gaussienne"

Loi de densité: $f_x(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{s}\right)^2\right)$

Moyenne m, écart-type s, variance s^2 .

Exemples d'utilisation:

- moyenne d'un grand nombre de mesures répétées indépendantes
- certificat d'étalonnage
- incertitude standard ou élargie fournie par constructeur

Gum_MC: logiciel de calcul d'incertitudes composées

Bienvenue | Expression de la grandeur de sortie | Grandeurs d'entrée | Résultats par propagation | Résultats simulation de Monte Carlo | Commentaires

Mesurande	Estimateur	Ajouter source erreur	Supprimer source erreur	Symbole erreur	Type estimation	Incertitude-type	Type de distribution	Tracé distribution	Tracé densité	Descriptif
I	0.1231	+	-	I_S2	B	0.0000288675134594813	Rectangulaire	Clic ici	Clic ici	
				I_S3	B	0.000100938365613661	Normale(Gaussienne)	Clic ici	Clic ici	
R	10	+	-	R_S1	B	0.00577350269189626	Rectangulaire	Clic ici	Clic ici	

Corrélations entre erreurs

✓ Valider et calculer la grandeur de sortie >>>

Onglet « Résultats par propagation » : poids des différentes erreurs

Gum_MC: logiciel de calcul d'incertitudes composées

Bienvenue | Expression de la grandeur de sortie | Grandeurs d'entrée | Résultats par propagation | Résultats simulation de Monte Carlo | Commentaires

Estimations | Estimations (ordre 2) | Intervalles de confiance: version 1 | Intervalles de confiance: version 2

Incertitudes, poids par source d'erreur

xij	ci	u(xij)	Contribution à la variance: (ci*u(xij))^2	Contribution en % à la variance
I_S2	2.46	0.0000289	505E-11	6.78 %
I_S3	2.46	0.000101	618E-10	82.9 %
R_S1	0.0152	0.00577	765E-11	10.3 %

Incertitudes par mesurande

Mesurande Xi	u(xij)
I	0.000105
R	0.00577

Estimateur de P | Incertitude-type uc(P) | Incertitude-type relative uc(P)/P
0.151536 W | 0.000273 W | 0.00180 = 0.180%

Diagramme: Barres Camembert

Théorie: propagation analytique

Contribution à la variance en %

Accéder aux résultats du GUM à l'ordre 2

Gum_MC: logiciel de calcul d'incertitudes composées

Bienvenue | Expression de la grandeur de sortie | Grandeurs d'entrée | Résultats par propagation | Résultats simulation de Monte Carlo | Commentaires

Estimations | Estimations (ordre 2) | **Intervalles de confiance: version 1** | Intervalles de confiance: version 2

Intervalles de confiance, calcul approché en approximant la distribution de sortie par une distribution normale:

Taux de confiance	Facteur d'élargissement k	Incertitude élargie U	Intervalle [y-U; y+U]	Ecriture finale (1 chiffre sur incertitude)	Ecriture finale (2 chiffres sur incertitude)
75%	1.15	0.000314 W	[0.151272; 0.151850]	[0.1515 ± 0.0004]W	[0.15154 ± 0.00032]W
95%	1.96	0.000535 W	[0.151001; 0.152071]	[0.1515 ± 0.0006]W	[0.15154 ± 0.00054]W
99%	2.58	0.000705 W	[0.150655; 0.152295]	[0.1515 ± 0.0007]W	[0.15154 ± 0.00071]W

Pour un autre taux de confiance, indiquez sa valeur et cliquez sur "Calculer": %

Théorie: incertitude élargie

Accéder aux intervalles de confiance (modélisation Student) >>>