

Exprimer le résultat d'un mesurage dans le cas où la grandeur recherchée n'est pas directement mesurée

Calcul d'une incertitude composée

Il est possible d'utiliser le logiciel GUM_MC¹ de Jean-Marie BIAN SAN (notice pour la version v1.20) disponible à l'adresse <http://jeanmarie.biansan.free.fr/logiciel.html>

1. Dans l'onglet *Expression de la grandeur de sortie*, remplir de la manière suivante puis valider :

Le logiciel GUM_MC (logiciel de calcul d'incertitudes composées) est ouvert sur l'onglet "Expression de la grandeur de sortie".

Le champ "Symbole grandeur de sortie" contient "Cb" et le champ "Expression en fonction des mesurandes d'entrée" contient "(Ca*Va)/Vb". Le champ "Symbole de l'unité" contient "mol/L".

Le logiciel propose une liste de symboles, fonctions et opérateurs utilisables dans l'expression.

Exemples de saisies :

- Ca : $C_b \cdot V_b / V_a$
- R : $R_{mesures\ repetees} + incertitude_resolution$
- P : $R^{1/2}$

Un bouton "Valider et passer aux grandeurs d'entrée>>>" est visible en bas à droite.

2. Cliquer ensuite sur le champ *Clic ici pour définir le mesurande pour C_a* . Choisir *Evaluation de type B* pour C_a puis remplir le champ *Moyenne* avec la valeur du meilleur estimateur du mesurande (ici $C_a = 0,1$ mol/L) et remplir le champ *incertitude-type* (ici $u_{C_a} = 0,01$ mol/L). Cliquer ensuite sur *Valider et générer l'échantillon*.

Le dialogue "Caractéristiques de la variable CA" est ouvert.

La "Loi de densité de probabilité (PDF)" est réglée sur "Rectangulaire".

Le "Type d'évaluation de l'incertitude-type" est réglé sur "Type B".

Les paramètres de la loi sont :

- Moyenne : 0.10
- Incertitude-type : 0.01

Le graphique illustre la distribution uniforme ou rectangulaire avec la fonction de densité $f_x(x)$ et indique que 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)

Le paramètre supplémentaire "Inc. relative sur l'incertitude" est réglé sur 0%.

Un bouton "Annuler" est visible en bas à droite.

1. On peut aussi, bien sur, utiliser un tableur grapheur

3. Puis, cliquer sur le champ *Clic ici pour définir le mesurande* pour V_a . Choisir *Évaluation de type A* pour C_a . Choisir le cas 1 puisque l'on a déjà la moyenne et l'incertitude-type

Remplir le champ *Moyenne* avec la valeur du meilleur estimateur du mesurande (ici $V_a = 12,3$ mL) et remplir le champ *incertitude-type* (ici $u_{V_a} = 0,4$ mL). Comme le nombre de mesures est de 8, remplir le champ *degré de liberté* par 7. Cliquer ensuite sur *Valider et générer l'échantillon*.

Caractéristiques de la variable VA

Loi de densité de probabilité ("PDF"): Student

Type d'évaluation de l'incertitude-type: Type A

Paramètres de la loi:

Saisie des N mesures

Ou alors saisie directe de:

Moyenne: 12.3

Nombre de degré de liberté: 7

Et au choix:

Ecart-type échantionnal sN-1: 0.1

Ecart-type de la moyenne: (c'est l'incertitude-type) 0.4

Incertitude élargie:

Distribution de "Student" ou "t-distribution"

$f_x(x)$

C'est la loi de densité suivie par la moyenne de N mesures répétées et indépendantes.

La moyenne est $m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$

L'écart-type échantionnal est $s_{N-1} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m)^2}$

L'incertitude-type est $\frac{s_{N-1}}{\sqrt{N}}$

Paramètre supplémentaire:

Dans le cas d'une évaluation de l'incertitude type B, vous pouvez éventuellement fournir en plus au choix:

- l'incertitude relative sur la valeur de l'incertitude
- le degré de liberté effectif

Inc. relative sur l'incertitude: 0 %

Degré de liberté effectif:

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

Annuler

Valider et générer l'échantillon

4. Puis, cliquer sur le champ *Clic ici pour définir le mesurande* pour V_b . Choisir *Évaluation de type B* pour V_b . Remplir le champ *Moyenne* avec la valeur du meilleur estimateur du mesurande (ici $V_b = 10$ mL) et remplir le champ *incertitude-type* (ici $u_{V_b} = 0,5$ mL). Cliquer ensuite sur *Valider et générer l'échantillon*.

Caractéristiques de la variable VB

Loi de densité de probabilité ("PDF"): Rectangulaire

Type d'évaluation de l'incertitude-type: Type B

Paramètres de la loi:

Moyenne: 10

Et au choix:

Incertitude-type: 0.5

Demi-étendue: 1

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:

Dans le cas d'une évaluation de l'incertitude type B, vous pouvez éventuellement fournir en plus au choix:

- l'incertitude relative sur la valeur de l'incertitude
- le degré de liberté effectif

Inc. relative sur l'incertitude: 0 %

Degré de liberté effectif:

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

Annuler

Valider et générer l'échantillon

5. Cliquer ensuite sur *Valider et calculer la grandeur de sortie*. Choisir de préférence l'onglet *Intervalle de confiance : version 2*

2. Dans le cas d'une estimation de type B, il n'y a pas de changement avec la version 1

Gum_MC: logiciel de calcul d'incertitudes composées

Fichier Options Aide

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

Estimations Intervalles de confiance: version 1 Intervalles de confiance: version 2

Intervalles de confiance, calcul approché en approximant la distribution de sortie à une distribution de Student:

Degré de liberté effectif global: 1174.86526699994

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	0.0166 mol/L	[0.1064 ; 0.1396]	(0.12 ± 0.02) mol/L	(0.123 ± 0.017) mol/L
95%	1.96	0.0282 mol/L	[0.0948 ; 0.1512]	(0.12 ± 0.03) mol/L	(0.123 ± 0.029) mol/L
99%	2.58	0.0371 mol/L	[0.0859 ; 0.1601]	(0.12 ± 0.04) mol/L	(0.123 ± 0.038) mol/L

6. On lit alors que pour un niveau de confiance de 95% et avec deux chiffres significatifs, on a :

$$C_{b\text{exp}} = 0,123 \pm 0,029 \text{ mol/L}$$