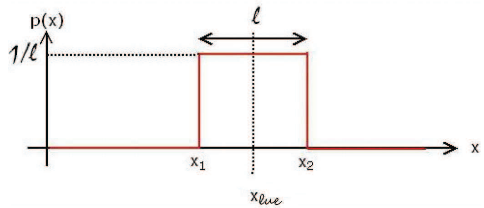
Exprimer le résultat d'un mesurage dans le cas où l'on possède un échantillon de N mesures $(\mathbf{x_1}, \ldots, \mathbf{x_n})$ du mesurande X (Estimations de type A)

1. **Estimer la valeur du mesurande X**
   Le meilleur estimateur $\hat{x}$ de la valeur vraie est la moyenne arithmétique $\bar{x}$ de l'échantillon :
   $$\hat{x} = \bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$
2. **Estimer l'écart-type $\sigma_\mathbf{X}$**
   Le meilleur estimateur $\hat{\sigma}_X$ de l'écart-type est l'écart-type expérimental de l'échantillon s_X :
   $$\hat{\sigma}_X = s_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$
3. **Estimer l'incertitude type $\mathbf{u_X}$**
   Le meilleur estimateur $\hat{u}_X$ de l'incertitude-type est l'écart-ype expérimental de la moyenne $s_{\overline{x}}$:
   $$\hat{u_X} = s_{\overline{x}} = \frac{s_X}{\sqrt{N}}$$
4. **Choisir un facteur d'élargissement k**
   On prendra généralement $k = t_{N-1}^{95\%}$ où $t_{N-1}^{95\%}$ est le coefficient de Student pour un niveau de confiance de 95% avec un échantillon de N mesures ($N-1$ degrés de liberté).
5. **Exprimer l'incertitude $\mathbf{U_X}$**
   $$U_X = k.\hat{u}_X$$

Exprimer le résultat d'un mesurage dans le cas où l'on ne possède qu'une seule mesure du mesurande X (Estimations de type B)

1. **Estimer la valeur du mesurande X :**
   Le meilleur estimateur $\hat{x}$ de la valeur vraie est la valeur donnée par l'appareil de mesure x_{lue}
2. **Choisir une loi de probabilité :**
   En l'absence d'information spécifique, on considère généralement une loi de probabilité rectangulaire de largeur ℓ centrée autour de x_{lue}



3. **Estimer l'incertitude type $\mathbf{u_X}$**
   Le meilleur estimateur $\hat{u}_X$ de l'incertitude-type est l'écart-type σ_X correspondant à la loi de probabilité choisie.
   Pour une loi de probabilité rectangulaire,
   $$\hat{u}_X = \sigma_X = \frac{\ell}{\sqrt{12}}$$
4. **Choisir un facteur d'élargissement k.**
   Par convention, on prend généralement un coefficient d'élargissement $k = 2$
5. **Exprimer l'incertitude $\mathbf{U_X}$**
   $$U_X = k.\hat{u}_X$$

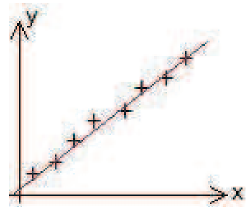
Exprimer le résultat d'un mesurage dans le cas où la grandeur recherchée n'est pas directement mesurée (Calcul d'une incertitude composée)

On dispose des meilleurs estimateurs $\hat{g}_1, \ldots, \hat{g}_N$ des grandeurs $G_1, \ldots, G_N$ obtenus de manières indépendantes ainsi que des meilleurs estimateurs des incertitudes-types $\hat{u}_{G_1}, \ldots, \hat{u}_{G_N}$ (obtenus par des estimations de type A ou B selon les cas).
De plus, la relation entre X et les grandeurs $G_1, \ldots, G_N$ est donnée par $X = f(G_1, \ldots, G_N)$

1. **Estimer la valeur du mesurande X :**
   Le meilleur estimateur $\hat{x}$ de la valeur vraie de X est obtenu en appliquant la relation $X = f(G_1, \ldots, G_N)$ aux meilleurs estimateurs :
   $$\hat{x} = f(\hat{g}_1, \ldots, \hat{g}_N)$$
2. **Calculer $\hat{\mathbf{u}}_\mathbf{X}$ le meilleur estimateur de l'incertitude-type $\mathbf{u_X}$:**
   Il est calculé à l'aide d'une relation de propagation :
   $$\left.\begin{array}{l} X = a_1 G_1 + a_2 G_2 \\ X = a_1 G_1 - a_2 G_2 \end{array}\right\} \hat{u}_X = \sqrt{a_1^2 \hat{u}_{G_1}^2 + a_2^2 \hat{u}_{G_2}^2}$$
   $$\left.\begin{array}{l} X = G_1 G_2 \\ X = \dfrac{G_1}{G_2} \end{array}\right\} \frac{\hat{u}_X}{\hat{X}} = \sqrt{\left(\frac{\hat{u}_{G_1}}{\hat{G}_1}\right)^2 + \left(\frac{\hat{u}_{G_2}}{\hat{G}_2}\right)^2}$$
   et à l'aide d'un logiciel dans le cas général
3. **Choisir un facteur d'élargissement k.**
   Par convention, on prend généralement un coefficient d'élargissement $k = 2$
4. **Exprimer l'incertitude $\mathbf{U_X}$**
   $$U_X = k.\hat{u}_X$$

Exprimer le résultat d'un mesurage dans le cas où l'on possède N couples (x_i, y_i) (Utilisation de la méthode des moindres carrés avec Regressi)

1. **Entrer l'ensemble des données $(\mathbf{x_i}, \mathbf{y_i})$ dans le logiciel et tracer le graphe de $\mathbf{y_i}$ en fonction de $\mathbf{x_i}$**
2. **Choisir un type de loi Y = f(X)**



3. **Estimer les paramètres de la modélisation**
   Exécuter une modélisation pour obtenir $\hat{a}$ le meilleur estimateur de la pente pour un modèle linéaire (et $\hat{b}$ le meilleur estimateur de l'ordonnée à l'origine pour un modèle affine)
4. **Valider la pertinence du modèle choisi**
   Vérifier graphiquement que les résidus $(f(x_i) - x_i)$ prennent bien des valeurs aléatoires en fonction de x_i
5. **Exprimer l'incertitude pour chacun des paramètres du modèle**
   Extraire l'incertitude U_a pour une modélisation linéaire (et U_b pour une modélisation affine)
6. **Préciser le facteur d'élargissement k.**
   $k = t_d^{95\%}$ où $t_d^{95\%}$ est le coefficient de Student pour un niveau de confiance de 95% avec un échantillon de d degrés de liberté ($d = N-1$ pour une modélisation linéaire et $d = N-2$ pour une modélisation affine).

On écrira les résultats (en gardant au plus 2 chiffres signifcatifs pour l'incertitude) sous la forme :
$X_{exp} = \hat{x} \pm U_X$ où l'incertitude exprimée est l'incertitude élargie avec un coefficient d'élargissement k associé à un niveau de confiance 95%