

Université Paris-Sud

Licence et magistère de physique fondamentale

PROJETS EXPÉRIMENTAUX DE PHYSIQUE

Introduction à IGOR

<http://hebergement.u-psud.fr/projets>

Comment survivre avec Igor 7

Igor 7 est un programme puissant de traitement de données scientifiques. L'objectif de ce texte est de vous permettre de :

- Importer des données expérimentales ;
- Effectuer des calculs simples sur ces données et les tracer ;
- Effectuer des ajustements de données (des « fits »).

Igor peut faire beaucoup plus, mais ce n'est pas l'objectif de ce texte.

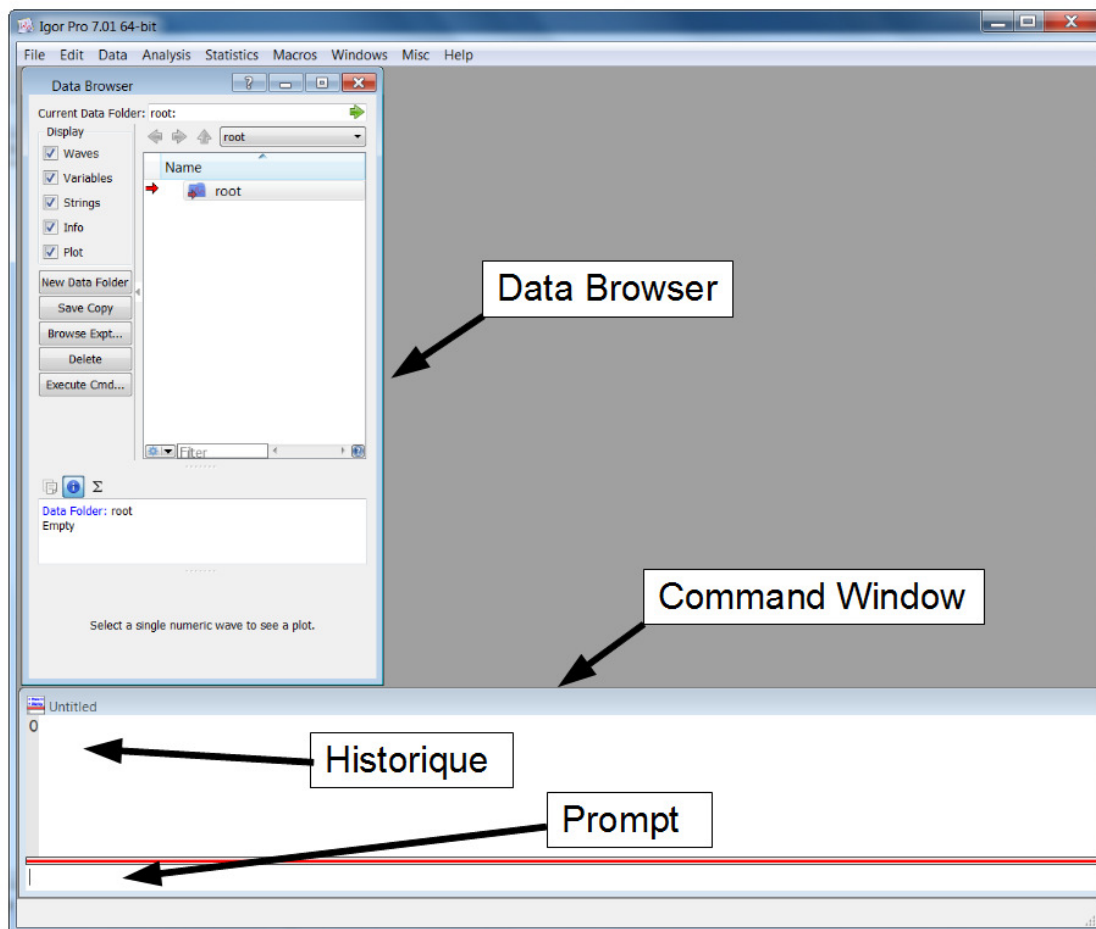
Ce texte rassemble les informations nécessaires à votre survie, mais n'est pas un vrai tutoriel. Si vous avez besoin d'aide, un guide très complet est disponible sur les ordinateurs (Menu Démarrer, Tous les programmes, Igor Pro).

Il y a trois parties de tailles inégales dans ce livret :

- la première partie « Quelques indications pour démarrer en Igor 7 », vous prend par la main pour vous faire découvrir les éléments indispensables pour manipuler des données ;
- la partie « Ce qu'il faut retenir » est volontairement très courte, et contient le minimum pour survivre ;
- la partie « référence » est une suite de trucs et astuces pour qu'Igor vous obéisse.

Quelques Indications pour Démarrer en Igor 7

Voici à quoi ressemble ce logiciel :



Par défaut, deux outils sont déjà ouverts : le Data Browser et le Command Window. Si ces outils ne sont pas visibles, vous pouvez les ouvrir (Menu Data pour le Data Browser, Menu Window pour le Command Window).

Igor est un logiciel où toutes les actions peuvent être déclenchées à partir du Command Window, en tapant la ligne de code « qui va bien » dans la zone du prompt. Les puristes n'utilisent que cette fenêtre pour manipuler leurs données. Fort heureusement, toutes les actions (ou presque) peuvent également se faire avec une souris en cliquant au bon endroit.

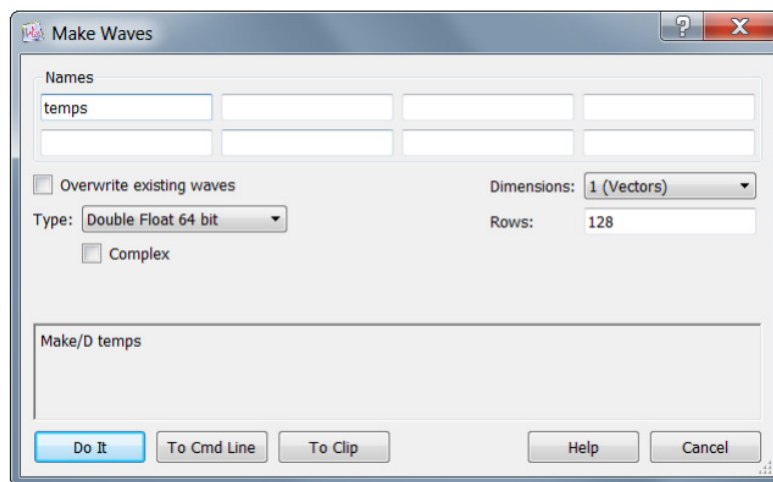
Dans Igor, les données sont stockées dans des « waves », qui peuvent avoir jusqu'à 4 dimensions (qui s'appellent row, column, layer, chunk). Nous nous concentrons pour l'instant sur des waves unidimensionnelles, et des commandes exécutables par l'interface graphique, plutôt qu'avec la ligne de commande ou des « procédures » (fonctions et macros).

Premier tour avec Igor

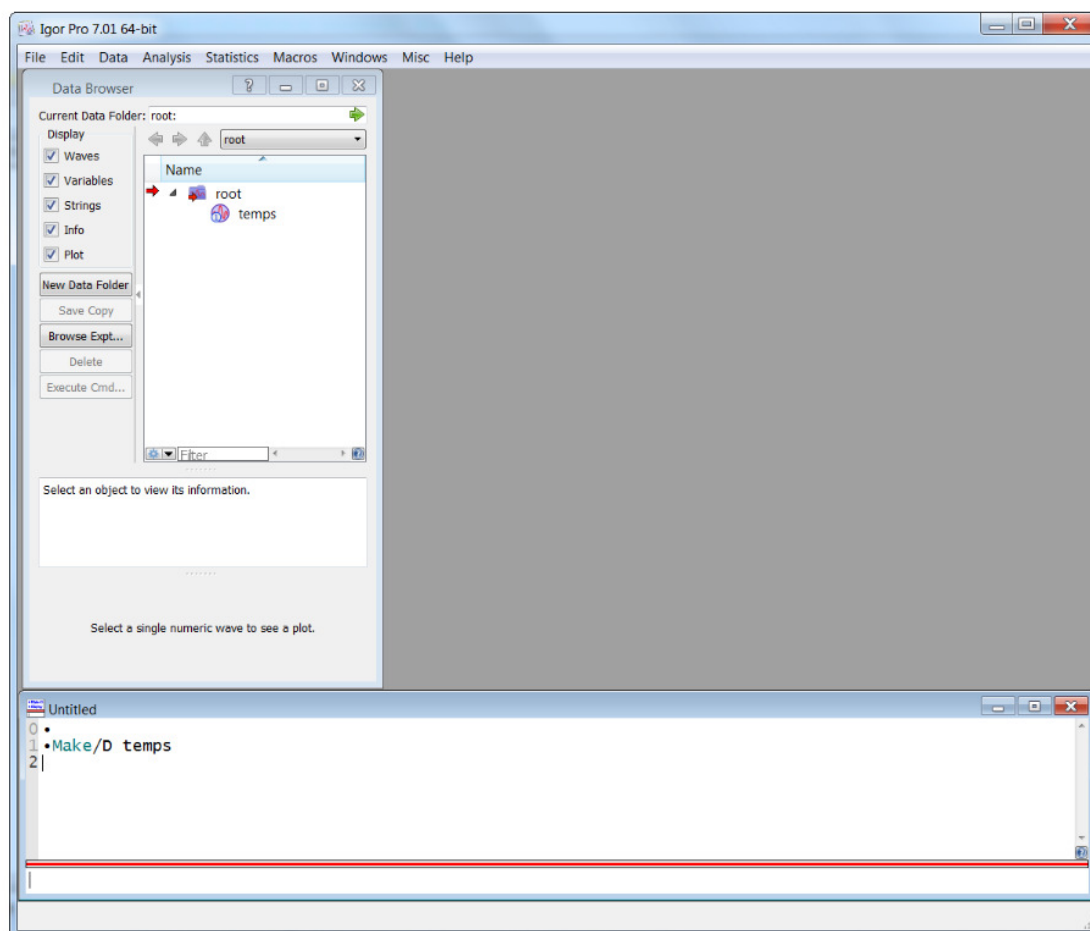
Voici quelques manipulations qui vous permettront de découvrir les possibilités d'Igor. Vous allez créer des données, les afficher, les tracer, et les modifier.

Créer des données

Dans le menu « Data », choisissez « Make waves ».

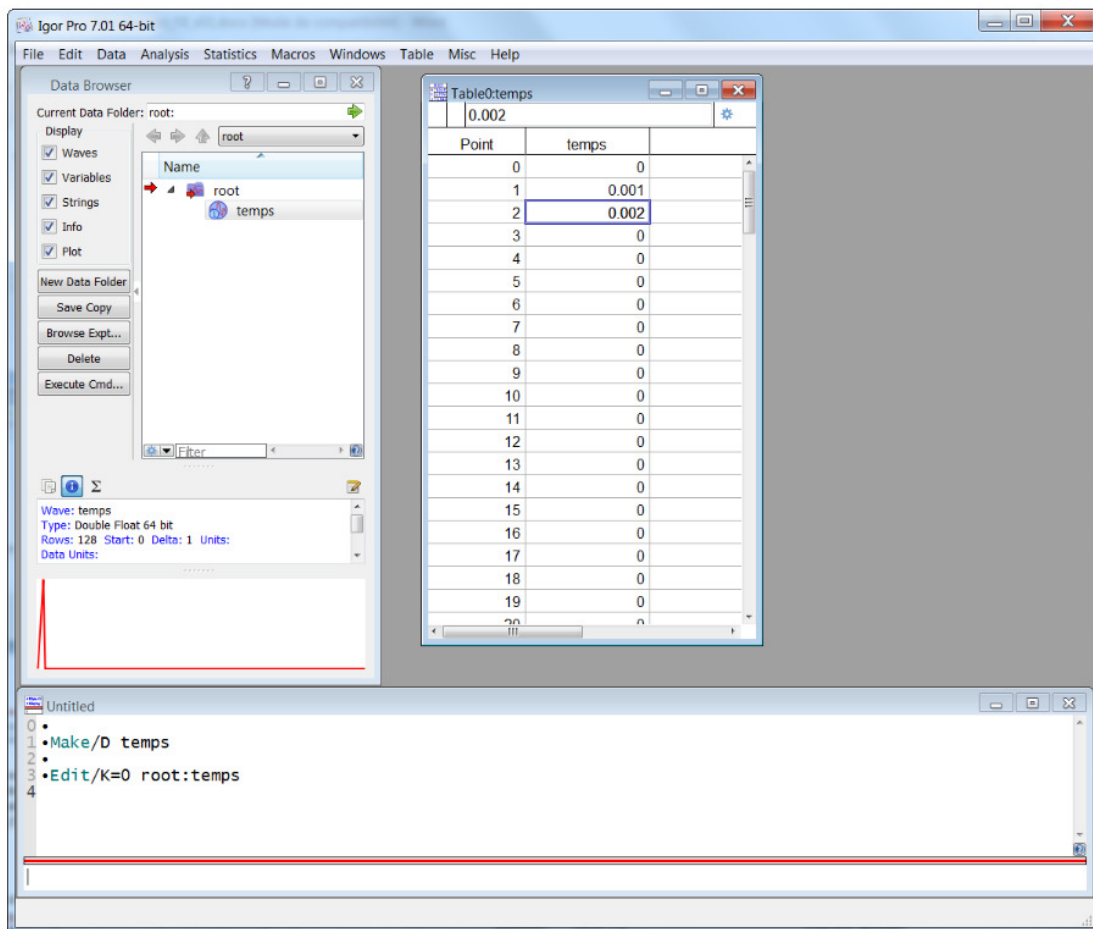


La fenêtre qui s'ouvre vous permet de créer plusieurs waves. Vous pouvez choisir son nom, son type (double float par défaut), sa dimension (par défaut 1D, c'est-à-dire une colonne), et sa longueur (par défaut 128 items).



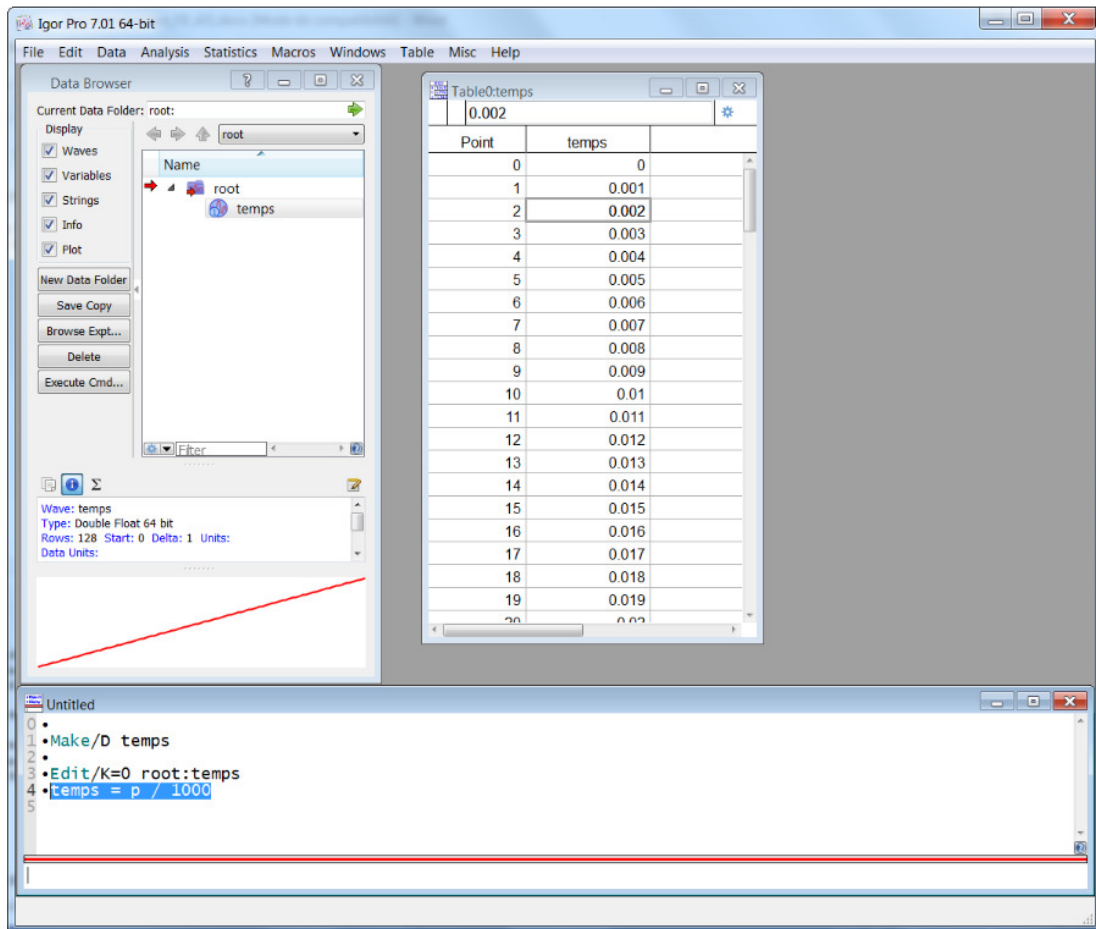
Les waves doivent être créés avant de pouvoir être manipulés. Le wave « temps » est maintenant créé, mais il est vide. Il apparaît dans le Data Browser. Dans l'historique du Command Window apparaît l'ordre équivalent aux clics souris effectués. Vous pouvez créer un wave en tapant directement « Make/D NomDeWave » dans le prompt du command window (ou en faisant un copié/collé à partir de l'historique).

Pour voir les valeurs de ce wave, faites un clic droit sur l'objet « temps » dans le data browser, et choisissez « Edit ». Une fenêtre apparaît avec les valeurs du wave temps organisées en colonne.

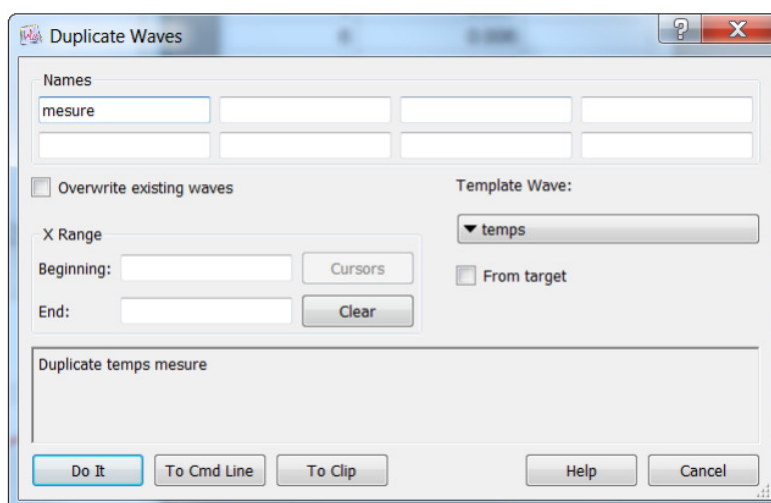


Vous pouvez modifier les valeurs une à une en tapant directement des valeurs dans les cellules du wave. Par exemple ici, nous voulons créer une base de temps représentant des mesures effectuées toutes les millisecondes.

Plus efficace : vous pouvez rentrer une formule pour calculer directement toutes les valeurs en tapant dans le prompt du command window « temps = p / 1000 ». La variable p correspond au numéro de ligne (à la valeur de la colonne point).



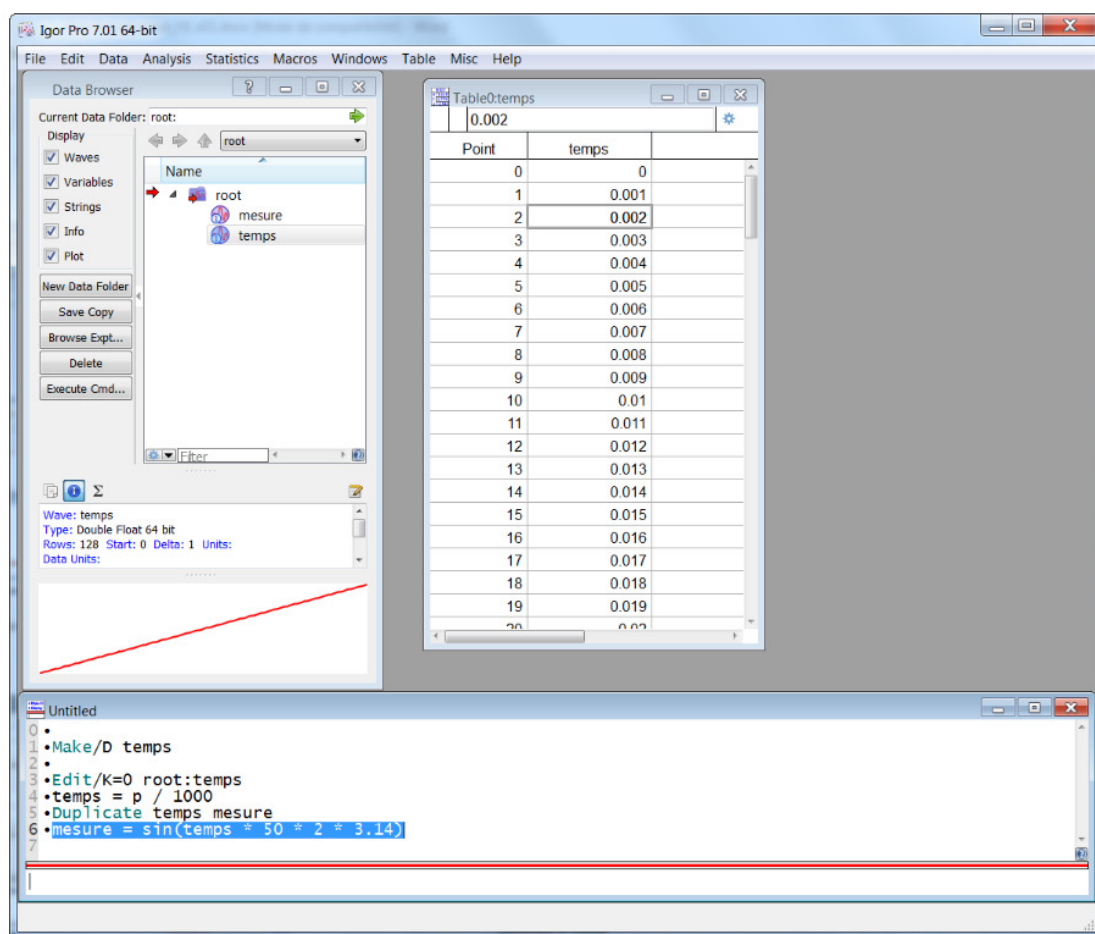
Créez un autre wave à partir du menu Data en cliquant sur « Duplicate wave », le wave mesure.



L'avantage de créer un wave en passant par « Duplicate » vous permet de créer un wave ayant le même nombre de lignes que votre wave initial. Dans cet exemple, ce n'est pas important, mais si vous ne connaissez pas le nombre de lignes (si vous travaillez sur des mesures réelles au lieu de travailler sur un exemple abstrait), cette commande est très utile.

Après avoir créé le wave, tapez dans le prompt du command window « `mesure = sin(temps * 50 * 2 * 3.14)` ».

Le wave mesure est maintenant créé et calculé, il apparaît dans le data browser, mais pas dans la fenêtre des données.

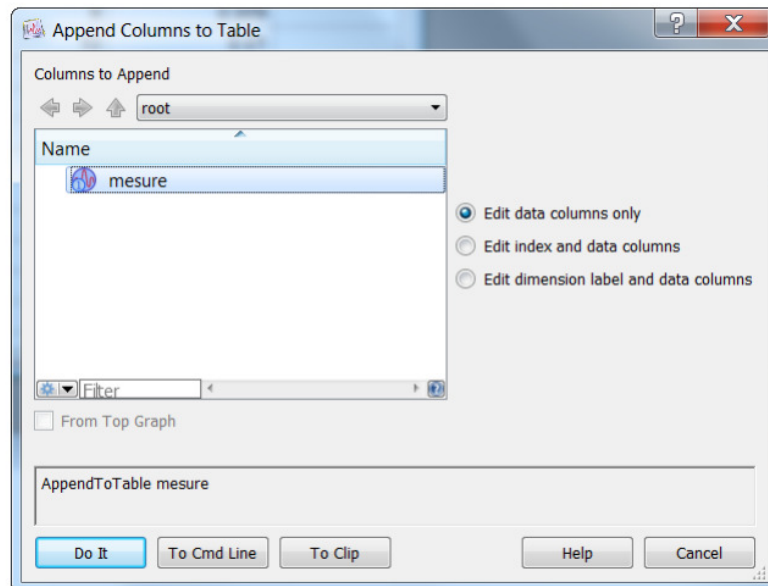


Le fait d'apparaître dans un tableau « à la excel » n'est pas indispensable à l'existence d'un wave, il suffit qu'il existe (qu'il apparaisse dans le data browser). Il peut être manipulé, calculé, tracé, etc...

Pour faire apparaître ce wave dans un tableau, plusieurs solutions :

- Clic droit sur l'objet « mesure » dans le data browser, choisir « Edit ». Il apparaît alors dans une nouvelle fenêtre ;
- Dans le data browser, sélectionnez les objets mesure et temps en même temps, puis clic droit et Edit. Un nouveau table s'ouvre, avec les deux waves ;

- Après avoir cliqué sur le tableau contenant le wave temps de façon à le mettre au premier plan, cliquez sur le menu Table, puis « append columns to table ». Un menu s'ouvre qui vous permet de choisir les waves que vous voulez afficher en plus dans ce tableau. Choisissez « mesure » : le wave s'ajoute au tableau.



Point	temps	mesure
0	0	0
1	0.001	0.308866
2	0.002	0.587528
3	0.003	0.808736
4	0.004	0.950859
5	0.005	1
6	0.006	0.951351
7	0.007	0.809672
8	0.008	0.588816
9	0.009	0.31038
10	0.01	0.00159265
11	0.011	-0.30735
12	0.012	-0.586238
13	0.013	-0.807798
14	0.014	-0.950365
15	0.015	-0.999997
16	0.016	-0.951841
17	0.017	-0.810605
18	0.018	-0.590102
19	0.019	-0.311894
20	0.02	-0.0031853
21	0.021	0.305834

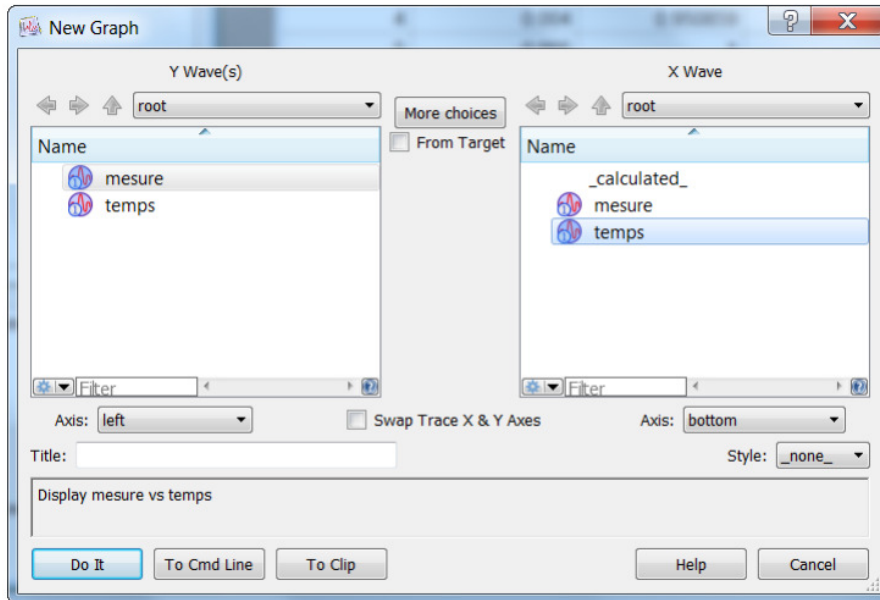
```

2 •
3 • Edit/k=0 root:temps
4 • temps = p / 1000
5 • Duplicate temps mesure
6 • mesure = sin(temps * 50 * 2 * 3.14)
7 • AppendToTable mesure
8 • Edit/k=0 root:mesure,root:temps
9

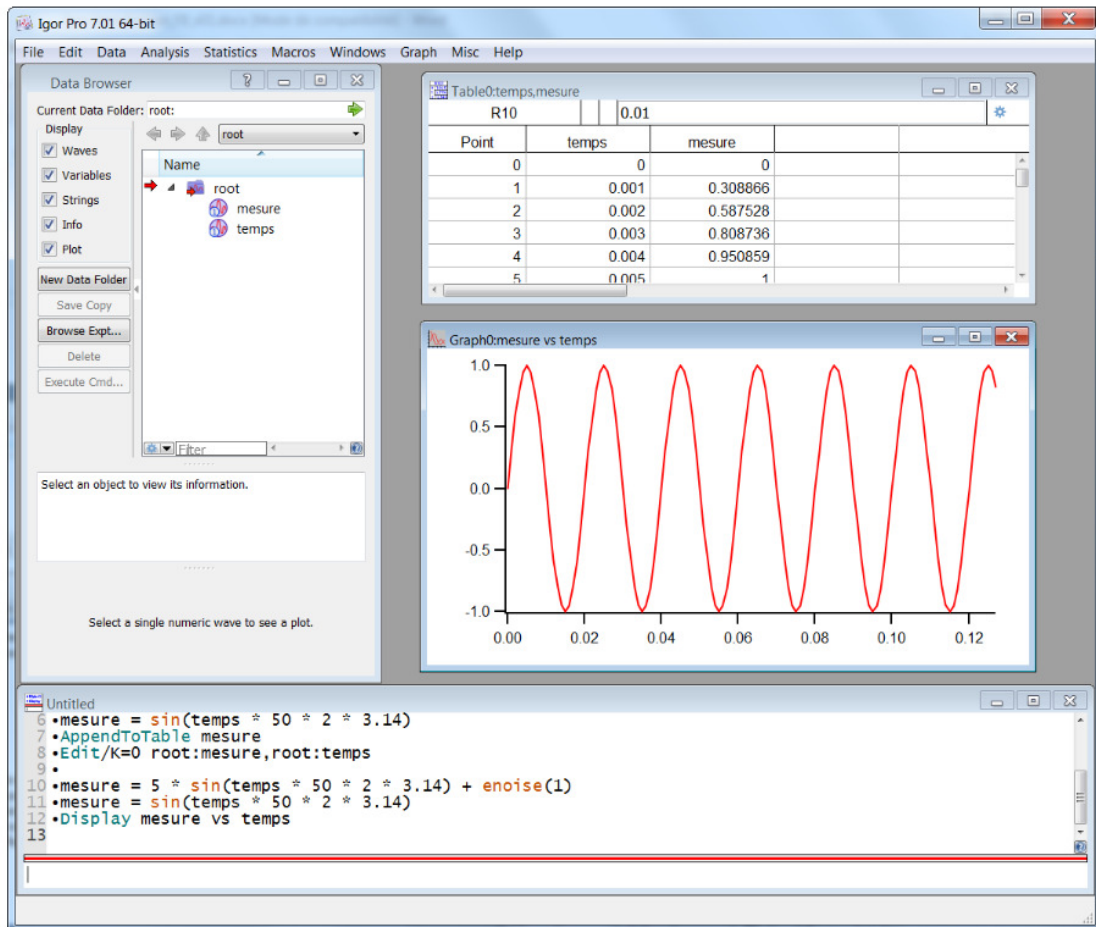
```

Tracer les données

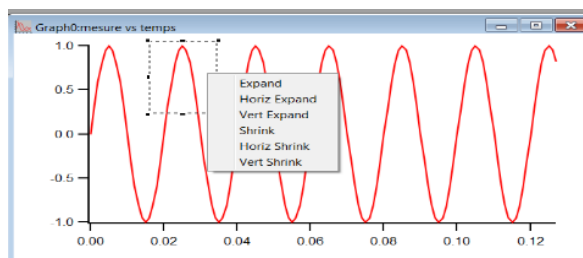
Vous allez tracer vos mesures en fonction du temps. Pour cela, dans le menu Windows, cliquez sur « new Graph ». Une fenêtre s'ouvre, qui vous permet de sélectionner les waves que vous voulez tracer, ainsi que le wave en abscisse.



Sélectionnez « mesure » comme Y wave, et « temps » comme X wave. Différents paramètres du graph sont disponibles ici pour modification (titre, axes, etc...). Validez votre choix. Le graph apparaît.



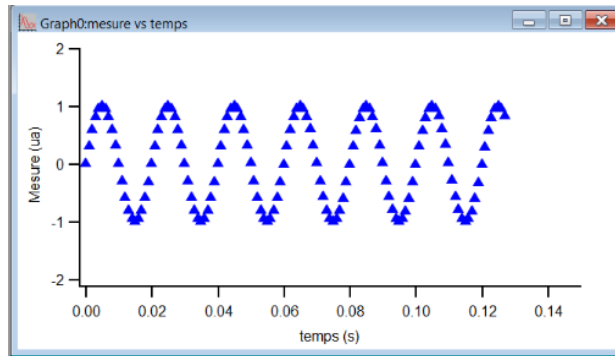
Vous pouvez facilement zoomer avec la souris, pour observer des détails de la courbe. Définissez avec la souris la zone sur laquelle vous souhaitez zoomer, puis faites un clic droit sur cette zone.



Choisissez dans le menu l'option de zoom que vous souhaitez. Ctrl-z vous permet d'annuler le dernier zoom, et Ctrl-a vous permet de mettre les échelles automatiques (zoom arrière toute).

Vous pouvez facilement changer l'apparence de votre graph en double cliquant sur la courbe ou sur les axes, selon ce que vous voulez modifier.

Essayez de modifier votre graph afin qu'il ressemble au graph suivant.



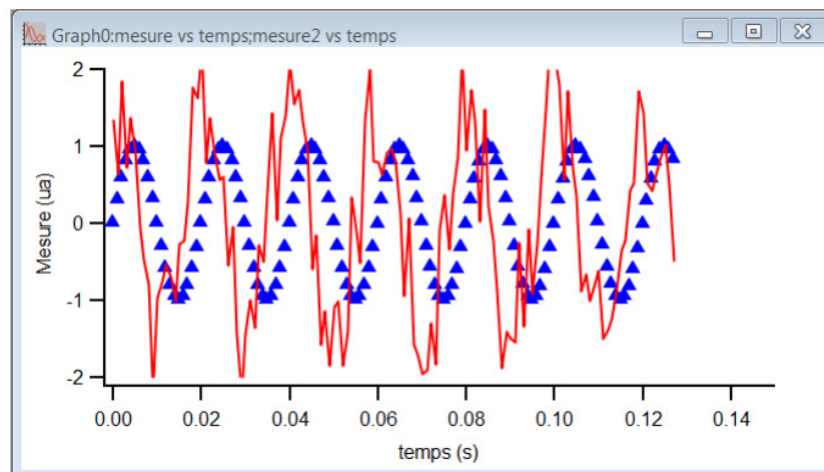
Créez un wave supplémentaire, mesure2, en dupliquant le wave mesure, puis définissez ses valeurs en tapant dans le prompt du command window :

```
mesure2 = 1.5 * cos (temps * 2 * 3.14 * 50) + enoise(1)
```

La fonction enoise(Valeur) génère une valeur aléatoire comprise entre -Valeur à +Valeur ; elle permet ici de simuler un bruit de mesure compris entre -1 et +1.

Pour faire un graph avec mesure et mesure2, vous pouvez refaire un graph (menu Window, puis New graph) en sélectionnant tous les deux comme Y waves.

Si vous voulez rajouter une courbe à un graph déjà existant, comme ici, vous devez d'abord cliquer sur le graph pour le monter au premier plan. Puis, dans le menu Graph, choisissez Append Trace to graph. Une fenêtre s'ouvre, vous permettant de sélectionner les graphs que vous voulez rajouter. Cette méthode vous permet de choisir éventuellement un X wave différent.



Des données régulièrement espacées

La méthode expliquée ci-dessus est générale et convient surtout pour des valeurs d'abscisse non régulièrement espacées. Lorsque les valeurs en abscisse sont régulièrement espacées, les choses se simplifient considérablement.

Pour voir cela, sélectionnez le wave mesure dans le Data Browser. Puis, dans le menu Data, cliquez sur « Change Wave Scaling... ». Pour « SetScale Mode », choisissez « Start and Delta ». Entrez « 0 » pour « Start » et « 0.001 » pour Delta. Puis validez en cliquant sur « Do It ». Ensuite, tracez mesure comme avant (Windows, New Graph) mais pour « X Wave » choisissez « calculated ». Vous voyez que vous reproduisez le graphe d'avant, mais l'information est stockée dans un seul wave.

Maintenant, exécutez les commandes suivantes

```
mesure = sin(x * 50 * 2 * 3.14) ».
```

```
mesure = sin(p * 50 * 2 * 3.14) ».
```

Constatez la différence entre les variables x et p pour le même wave.

Exécutez `print mesure(0.0095)` et `print mesure[0.0095]`. Constatez la différence.

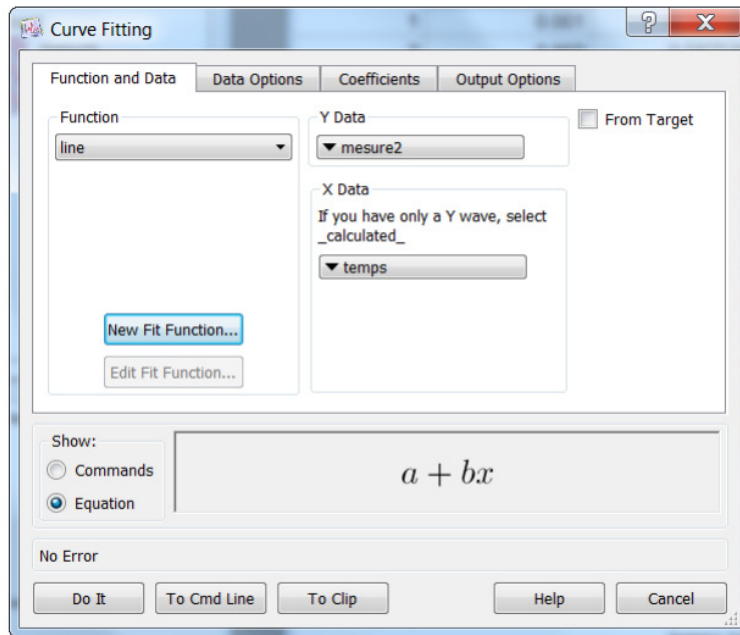
Pour certaines analyses et fits, des abscisses régulièrement espacées sont nécessaires. Si vous avez une abscisse irrégulière, il faut d'abord produire un wave en bon format avec une procédure d'interpolation.

Faire des fits

Imaginons que `mesure2` soit le résultat d'une expérience. Pour déterminer la fréquence et l'amplitude du signal vous allez faire un ajustement de données, un fit, avec la formule $\text{Amplitude} * \sin(2 \text{ Pi} \text{ Frequence} + \text{Phase})$.

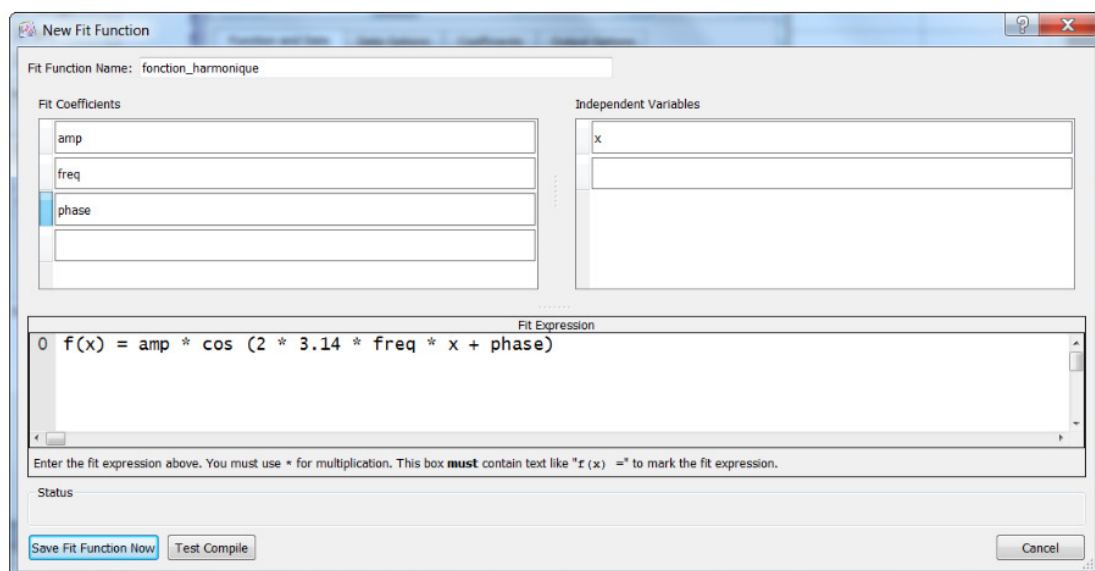
Pour faire un fit simple (linéaire par exemple), il suffit d'aller dans le menu Analysis, et de choisir le quick fit voulu.

Pour faire un fit moins simple, comme ici, allez dans le menu Analysis et cliquez sur Curve fitting.



Il est important de bien vérifier que le Y data et le X data sont bien définis (notamment le X data, qui par défaut n'est pas défini) et correspondent bien au fit que vous voulez effectuer.

Cliquez ensuite « New fit function » pour définir la fonction que vous voulez utiliser pour votre fit :

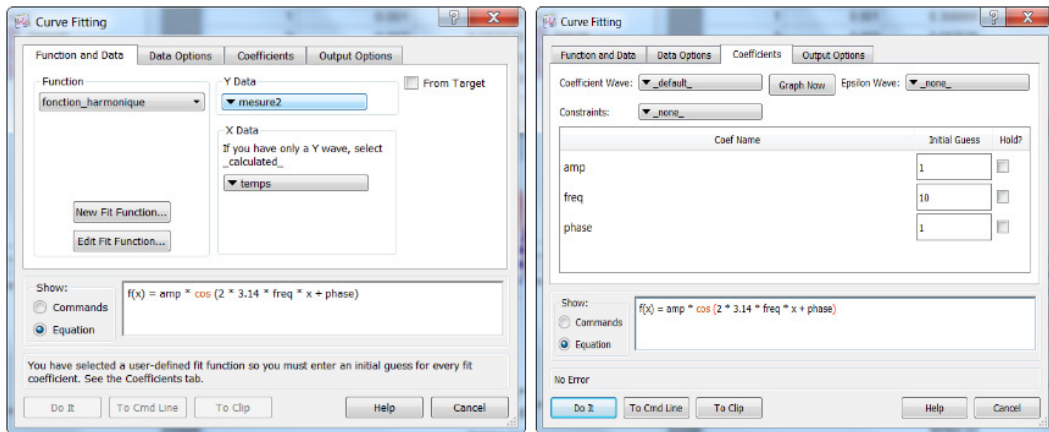


Choisissez un nom pour votre fonction : par exemple fonction_harmonique.

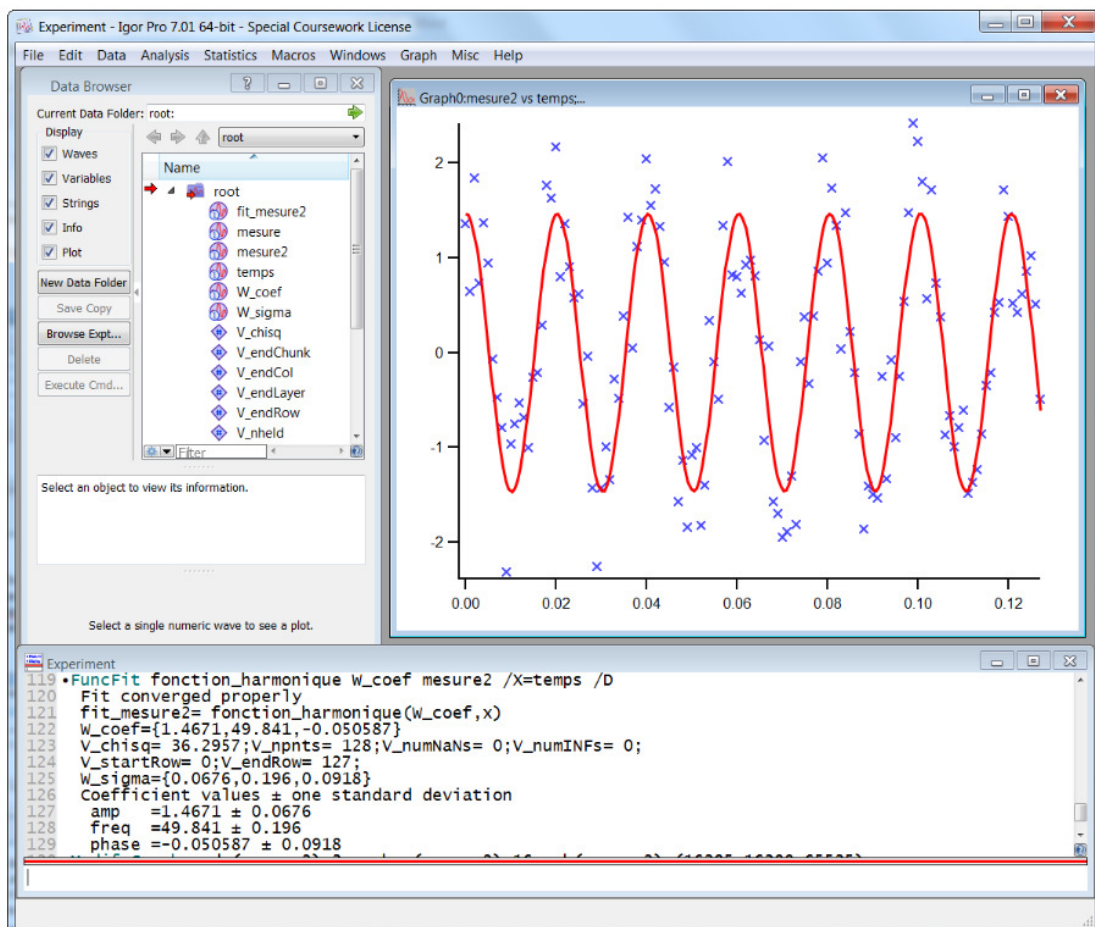
Définissez votre variable indépendante (x) et vos paramètres (amp, freq, et phase).

Écrivez votre fonction : $f(x) = \text{amp} * \cos (2 * 3.14 * \text{freq} * x + \text{phase})$

Tous les paramètres libres et variables indépendantes doivent apparaître dans cette expression. Validez.



Votre fonction est maintenant définie. Dans l'onglet Coefficients, il faut définir les valeurs initiales des paramètres libres, afin d'initier la procédure d'ajustement. Le choix des valeurs initiales peut être critique pour la qualité du fit. Si le résultat du fit ne semble pas correspondre, essayez de relancer le fit avec d'autres valeurs initiales, de préférence le plus proche possible des valeurs réelles. Plus il y a de paramètres libres, plus la procédure risque de dérailler... Il est donc utile de visualiser la fonction avant de lancer le fit afin de vérifier que les paramètres sont à peu près corrects : pour cela on peut utiliser le bouton « graph now » de la fenêtre de Fit.



Une fois le fit effectué, les résultats du fit apparaissent dans l'historique du command window, et une courbe correspondante apparaît dans le graph.

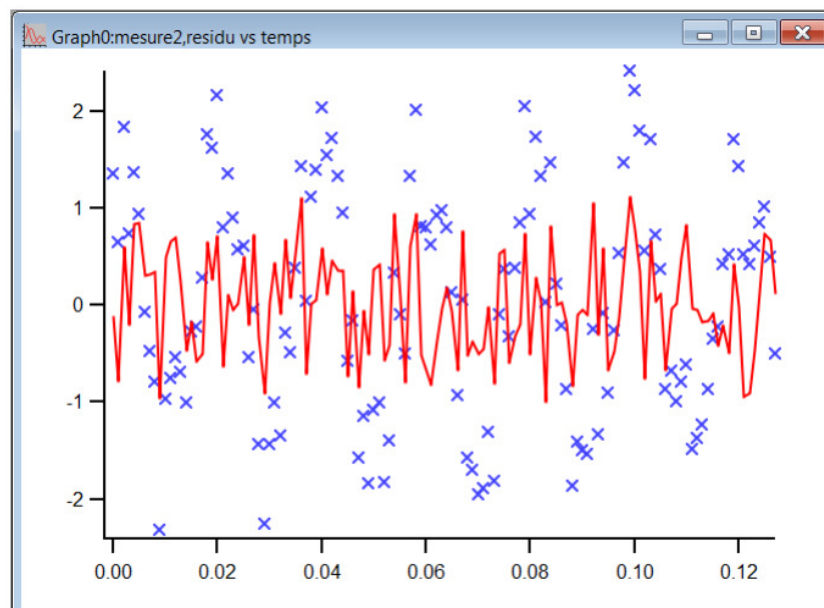
Pour caractériser la qualité du fit, on regarde souvent la différence entre les valeurs expérimentales (le wave mesure2) et le fit obtenu, qu'on appelle résidu. Créez un wave « residu » en dupliquant le wave « mesure2 ».

Plusieurs waves sont créés par la procédure de fit. Le wave fit_mesure2 contient les points utilisés pour tracer la courbe du fit, mais les données de ce wave ne correspondent aux valeurs du wave temps (la courbe rouge n'a pas le même nombre de points que la courbe bleue). Ainsi, on ne peut pas calculer la différence entre les points expérimentaux et le fit en écrivant $\text{residu} = \text{mesure2} - \text{fit_mesure2}$. Comme les points ne correspondent pas, le résultat n'a pas de sens.

Le wave W_coef contient les valeurs des paramètres libres. On peut donc calculer les valeurs du fit correspondant au wave « temps » de la façon suivante :

$$\text{residu} = \text{mesure2} - (W_coef[0] * \cos(2 * 3.14 * W_coef[1] * \text{temps} + W_coef[2]))$$

Faites un graph avec le résidu et les points expérimentaux afin d'en apprécier la qualité.



Ce qu'il faut retenir

Les waves sont des colonnes de données.

Il faut créer un wave avant de pouvoir le manipuler.

Les waves existent s'ils apparaissent dans le data browser, même s'ils n'apparaissent pas dans une fenêtre comme une colonne de valeurs « à la excel ».

Le nom des waves permet d'effectuer des calculs lignes à lignes (évitez les noms trop compliqués !).

Pour modifier un graph, il suffit de double-cliquer sur la partie à modifier.

Dans un fit compliqué, les valeurs initiales des paramètres libres sont très importants.

Les valeurs des paramètres libres obtenues par le fit sont stockés dans le wave W_coef.

Manipuler le graphe

Pour zoomer : Définir une fenêtre avec la souris. Cliquer droite dans la fenêtre prédéfinie puis choisir le type de zoom souhaité.

Revenir en arrière sur le zoom : Ctrl-Z.

Mettre à l'échelle automatique : Ctrl-A.

Modifier les propriétés d'une courbe (couleur, épaisseurs...) : Double-cliquer sur la courbe.

Modifier les propriétés (étiquettes, grilles...) d'un axe : Double-cliquer sur l'axe.

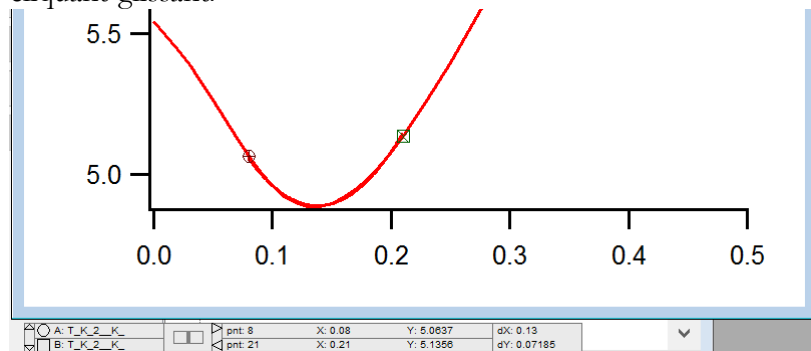
Mettre une légende automatique : Cliquer droite → Add Annotation... Choisir « Legend ».

...

Utiliser les curseurs

Ctrl-I pour faire paraître des curseurs. Placer les curseurs aux limites des données concernées par l'ajustement.

Un bandeau apparaît sous le graphe avec 2 curseurs. Ils peuvent être placés sur le graphe en cliquant-glissant.



Faire un ajustement de courbe (curve-fitting)

Option 1 : Analysis → Quick Fit...

Option 2 : Analysis → Curve-Fitting...

Onglet function/data = choisir une fonction ou en définir une, choisir la courbe à ajuster

Onglet data/option = définir le range de l'ajustement : « curseurs » placés sur le graphe ou directement les numéros de points.

La courbe du fit est stockée dans la wave « fit_Name ».

Récupérer les paramètres du fit !

Soustraire la courbe fit

Calculer le fit

Visualiser tous les graphes en résumé

Misc → Graph Browser

Pour aller + vite et + loin...

Toutes ces opérations sont réalisables directement par ligne de commande dans la fenêtre « command window » (Ctrl-J). Vous pouvez vérifier la commande qui s'affiche lors de chaque opération. N'hésitez pas à consulter l'aide ou demander à votre enseignant.