Maple et le traitement de données numériques

par Alain LEROUX
Professeur de Physique (PSI)

RÉSUMÉ

Avec les oscilloscopes numériques sont en général fournis des programmes d'exploitation des données, qui ne sont malheureusement pas toujours adaptés aux besoins. Maple offre une intéressante possibilité de traitement complémentaire, qui peut être utile pour la modélisation ou l'analyse. Nous en présentons quelques exemples, illustrant le cours de Math. Spé. PSI sur les matériaux ferromagnétiques.

LECTURE DE DONNÉES PAR MAPLE

Nous avons utilisé cette possibilité avec l'oscilloscope Métrix OX8020, associé au logiciel «Metro». Ce dernier permet de sauvegarder les oscillogrammes sous forme de fichiers dont l'extension est ".DAT". Un rapide examen d'un de ces fichiers permet de déterminer leur structure.

Voici le début d'un de ces fichiers :

```
(ADIF=CH1 ( STD(VERSION 1992.0) DIM=X( TYPE IMPL SCALE 0.0002 SIZE
4096) DIM=Y( TYPE EXPL SCALE 0.008 OFFSET 132.0 SIZE 255) DATA( CURVE(
VAL#
-0.304
-0.32
-0.328
-0.352
...
```

On trouve donc le nom du canal lu (CH1) la date de version du logiciel (1992.0) les informations sur l'échelle des abscisses (échelle 0.0002 seconde d'intervalle entre points, 4096 points) les informations sur les ordonnées (échelle 0,008 V, 255 points, ce qui signifie qu'un bit correspond à 8 mV). Les données en ordonnée suivent. Maple possède un moyen simple de lire un tel fichier, par la fonction **`readline`**, et d'interpréter chaque ligne par la fonction **`sscanf`**.

sscanf est une sorte de filtre qui range dans des variables les grandeurs représentées dans la ligne lue.

Exemple :

soit L1 contenant (ADIF=CH1 (STD(VERSION 1992.0)...
sscanf(Ll,`ADIF=%s (STD(VERSION %f)`) lira dans L1 une chaîne de caractères (celle qui suit ADIF= et qui s'arrête à la parenthèse suivante), et représentée par le code %s et un nombre réel, représenté par le code %f et suivi d'une parenthèse.

Le début du programme Maple servant à lire le fichier est très simple :

• On définit le nom du fichier à lire, en doublant les «\» :

```
>Fichier:=`D\:\\ox8020\\sinus2y.DAT` :
```

• On lit la première ligne du fichier :

```
>L1:=readline(Fichier):
```

Le résultat est interprété et chargé dans un tableau :

```
> Params:=sscanf(Ll,`(ADIF=%s ( STD(VERSION %f) DIM=%c( TYPE IMPL
SCALE %f SIZE %d) DIM=%c( TYPE EXPL SCALE %f OFFSET %f SIZE %d)
DATA( CURVE( VAL#`) ;
Params := [CH2, 1992.0, X, .20 10 , 8192, Y, .02, 129.0, 255]
```

Le résultat est interprété, de façon à ne conserver qu'une mesure sur *p*, pour ne pas obtenir de tableau trop gros, c'est-à-dire trop long à traiter.

```
> NbPts:=Params[5]:Pas:=trunc(NbPts/500) :NbPtsl:=trunc(NbPts/Pas) :
> Table:=array(1..NbPtsl):
> DeltaX:=Params[4]/NbPtsl:
> for i from 1 to NbPtsl do
> for j from 1 to Pas do L:=readline(Fichier) :od;
```

La table a pour éléments [t,y(t)] :

```
> Table[i]:=[i*Pas*DeltaX,op(sscanf(L,`%f`))]:
> od:
```

Ce prototype de programme peut être utilisé pratiquement tel quel dans toute application utilisant Maple. On peut l'améliorer en prenant la moyenne de *p* mesures, au lieu de ne garder qu'une mesure sur *p*.

QUELQUES EXEMPLES DE TRAITEMENTS

Tracé de courbe

Ce tracé est élémentaire, pour une courbe en *x(t):*
On convertit la table en liste, et on trace :

```
>Ll:=convert(Table,`list`) :plot(Ll) ;
```

Courbe d'hystérésis d'un transformateur à noyau de ferrite

Il y a deux fichiers à lire, l'un représentant *x(t),* c'est-à-dire une tension proportionnelle à l'excitation magnétique, et l'autre *y(t)*, tension proportionnelle à *-B. B* étant l'induction magnétique. Il faut ensuite combiner les deux de la même façon que précédemment en une liste [x,y]. On obtient le tracé de la figure 1.

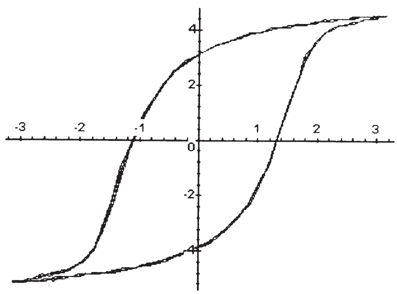

Figure 1 : Courbe d'hystérésis.

Analyse de Fourier

La procédure de transformée de Fourier rapide peut être utilisée pour l'analyse du signal. FFT lit deux tableaux de P valeurs (pour la partie réelle du signal et pour sa partie imaginaire), et fournit deux tableaux de P valeurs (partie réelle et partie imaginaire de la transformée de Fourier discrète). Bien entendu, nous mettons 0 dans tous les éléments du deuxième tableau.

Il reste à convertir ces tableaux en deux listes [[variable,valeur]...] pour les tracer. Cela s'écrit :

```
> Ll:=[seq([i,Tablel [i] ] ,i=1. .512) ] :
```

Si nous appliquons ce calcul au signal d'entrée, nous obtenons un seul pic (voir figure 2), ce qui montre bien que ce signal est sinusoïdal. Les deux composantes spectrales (réelle et imaginaire) se superposent.

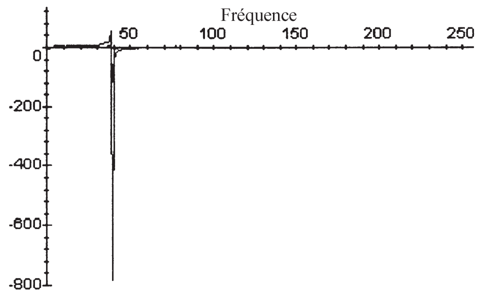

Figure 2 : Spectre du champ excitateur.

Si nous faisons le même tracé pour l'induction magnétique, nous obtenons le fondamental (en x = 39) et les harmoniques impairs 3 et 5. Nous constatons de plus, sur le tracé en couleur, que le signe de la partie imaginaire est l'opposé de celui de la partie réelle, pour chaque terme, et que les signes des harmoniques sont alternativement positif et négatif.

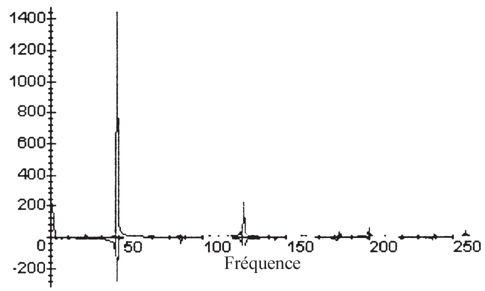

Figure 3 : Spectre de l'induction.

Dans les logiciels du commerce, il existe toujours une fonction analyse de Fourier, mais la possibilité de choisir nos paramètres de façon totalement libre nous fournit une souplesse bien plus importante ici.

Tracé de courbes dérivées

La numérisation des courbes introduit des erreurs (puisque les résultats ne sont connus qu'à 1 bit près), ce qui introduit des erreurs plus importantes dans le calcul des dérivées. Une méthode simple de traitement est la suivante :

si ΔV est la tension correspondant à 1 bit et V_i la ième tension lue, la véritable valeur de cette tension est $V_i < V_{i\_vraie} < V_i + \Delta V$.

On a donc introduit une incertitude de $\Delta V/2$ dans les mesures.

Pour quatre mesures proches, chacune entachée d'erreur, on peut localement assimiler la courbe à la droite $y = ax + b$; on a donc $y_i = ax_i + b + \delta y_i$, δy_i étant totalement aléatoire. Le meilleur couple *(a,b)* est celui qui minimise $\Sigma(y_i - ax_i - b)^2$. Un rapide calcul avec Maple montre que si les x_i sont régulièrement répartis :

$$a = \frac{1}{10}\,(2\,f_2 + f_1 - f_{-1} - 2f_{-2})$$

Nous avons appliqué cette méthode à la susceptibilité magnétique d'un tore de fer de la façon suivante :

$$\frac{dV_2}{dV_1} = \frac{2g_2 + g_1 - g_{-1} - 2g_{-2}}{2f_2 + f_1 - f_{-1} - 2f_{-2}}$$

L'amélioration est spectaculaire, par rapport à la méthode brutale qui emploierait :

$$\frac{dV_2}{dV_1} = \frac{g_2 - g_1}{f_2 - f_1}$$

Perméabilité magnétique apparente dB/dH

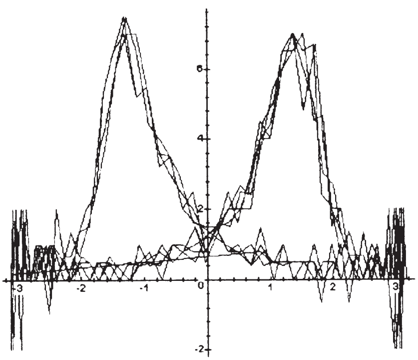

Figure 4 : Calcul brutal.

Perméabilité magnétique apparente dB/dH

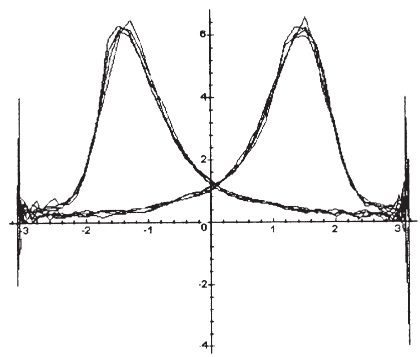

Figure 5 : Calcul élaboré.

L'aspect multiple des courbes est dû à un tracé sur plusieurs périodes du signal, ce qui a l'avantage de montrer à quel point le tracé est reproductible. Du point de vue mathématique, il est intéressant de noter que ni $B(H)$ ni sa dérivée ne sont des fonctions, puisqu'à une même valeur de H correspondent deux valeurs de B et de sa dérivée.

CONCLUSION

Le fait de pouvoir utiliser Maple pour retraiter les fichiers de mesure apporte une souplesse d'analyse considérable, qui permet de contourner les possibilités limitées des logiciels de traitement des données disponibles dans le commerce.