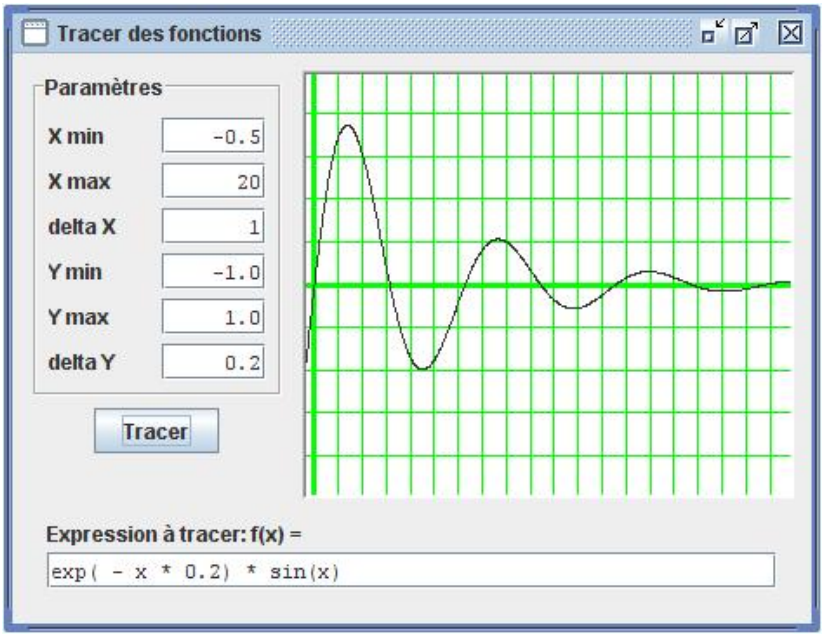
Interface-utilisateur graphique d'une application Java

DUT Informatique 1ère année

Henri Garreta

TP 4 - Tracer des fonctions

Objectif. Notre objectif ici est l'écriture d'un programme qui trace la représentation graphique d'une fonction donnée au moment de l'exécution. L'application finale ressemblera à ceci :



Tracé d'une fonction

L'utilisateur écrit dans un champ (en bas du cadre) un texte qui est l'expression d'une fonction réelle d'une variable réelle. Il donne aussi quatre nombres (*Xmin, Xmax, Ymin* et *Ymax*) qui définissent les limites du rectangle de tracé, et deux autres nombres (*deltaX* et *deltaY*) qui définissent les intervalles entre les lignes du quadrillage sur lequel la fonction est tracée. Dans ce quadrillage, deux lignes plus épaisses représentent les axes de coordonnées.

Le travail à faire se décompose en quatre parties :

- définition des structures de données pour la représentation interne de la fonction,
- écriture d'un *analyseur syntaxique* qui construit cette représentation à partir du texte tapé par l'utilisateur,
- mise en place du cadre et des autres composants graphiques,
- programmation du tracé, c'est-à-dire écriture de la méthode `paint` du panneau du dessin.

4.1 - Structures de données

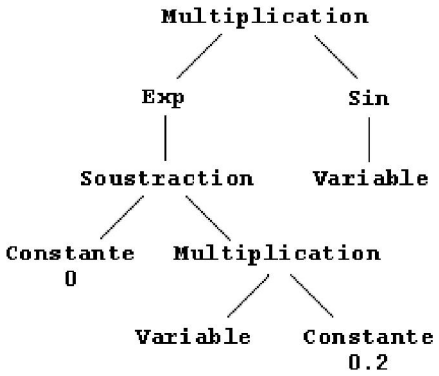
La fonction à tracer sera représentée dans votre programme par un arbre dont les nœuds correspondent aux divers éléments d'une expression arithmétique :

- des constantes, chacune avec sa valeur spécifique,
- diverses occurrences de la variable `x`,
- des opérateurs binaires : addition, soustraction, multiplication, division, chacun portant des références sur ses deux opérandes,
- des opérateurs unaires, avec une référence sur leur argument ; dans notre cas, les seuls opérateurs unaires seront les fonctions prédéfinies : *sin*, *cos*, *exp* et *log*, etc.

Par exemple, l'arbre représentatif de l'expression

$$f(x) = exp(-x * 0.2) * sin(x)$$

sera quelque chose comme ceci :



Exo 4.1.1 - Classes pour réaliser les nœuds

Correction

Les nœuds de l'arbre représentatif de l'expression à tracer seront des instances des classes :

```
Expression (interface)
      ExpressionBinaire (classe abstraite)
            Addition (classe)
            Soustraction (classe)
            Multiplication (classe)
            Division (classe)
      ExpressionUnaire (classe abstraite)
            Sin (classe)
            Cos (classe)
            Exp (classe)
            Log (classe)
      Constante (classe)
      Variable (classe)
```

Dans la liste ci-dessus, la marge laissée à gauche exprime la relation d'héritage (relations **`implements`** et **`extends`**) existant entre ces interfaces et classes.

L'exercice consiste à écrire toutes ces classes. Pour fixer les idées, voici le texte intégral de l'interface **`Expression`** :

```
public interface Expression {
    double valeur(double x);
}
```

La signification de cette déclaration est la suivante : à tout objet qui prétend être une [implémentation de l'interface] **`Expression`** on pourra demander la valeur prise pour une valeur donnée de la variable **`x`**. Ainsi, un élément important de chaque classe concrète implémentant directement ou indirectement l'interface **`Expression`** sera la définition d'une méthode **`valeur`** adaptée à ce que la classe représente.

Toujours pour fixer les idées, voici le texte intégral de la classe **`ExpressionBinaire`** :

```
abstract class ExpressionBinaire implements Expression {
    protected Expression gauche, droite;

    public ExpressionBinaire(Expression g, Expression d) {
        gauche = g;
        droite = d;
    }
}
```

Cette classe doit être déclarée abstraite car elle ne définit pas la méthode **`valeur`** « promise » par l'interface **`Expression`**. Du code ci-dessus il découle que les constructeurs des classes **`Addition`**, **`Soustraction`**, etc., devront avoir pour arguments les deux opérandes de l'opération en question.

Il se révélera commode de pouvoir construire une opération unaire en connaissant ou sans connaître son argument (dans le second cas, il faudra revenir sur l'expression unaire pour redéfinir l'argument). Voici une suggestion pour la classe **`ExpressionUnaire`** :

```
abstract class ExpressionUnaire implements Expression {
    protected Expression argument;

    void setArgument(Expression a) {
        argument = a;
    }
}
```

Tuyau. Si les explications précédentes vous laissent de marbre voici, à titre d'exemple, deux des classes qui restent à écrire : un opérateur binaire, l'addition, et un opérateur unaire, la fonction sinus. Il ne vous reste plus qu'à vous en inspirer de (très) près pour écrire les autres classes :

```
class Addition extends ExpressionBinaire {

    public Addition(Expression g, Expression d) {
        super(g, d);
    }

    public double valeur(double x) {
        return gauche.valeur(x) + droite.valeur(x);
    }

    public String toString() {
        return gauche + " + " + droite;
    }
}

class Sin extends ExpressionUnaire {

    public double valeur(double x) {
        return Math.sin(argument.valeur(x));
    }

    public String toString() {
        return "sin(" + argument + ")";
    }
}
```

Exo 4.1.2 - Programme d'essai

Correction

Afin de vérifier la correction des classes écrites à l'exercice précédent, définissez dans chacune une méthode `public String toString()`, puis une classe de test avec une méthode `main` qui

- crée « manuellement » (c'est-à-dire en appelant directement les constructeurs des classes correspondantes) une expression,
- l'affiche (grâce aux méthodes `toString` mentionnées),
- en obtient et affiche la valeur pour une ou plusieurs valeurs données de la variable x.

N.B. On vous demande des méthodes `toString` correctes, mais il est inutile de passer du temps à chercher comment minimiser le nombre de parenthèses.

Exemple simple (vous *devez* essayer plusieurs expressions plus complexes !) :

```
public static void main(String[] args) {
    Expression f =
        new Soustraction(
            new Multiplication(new Variable(), new Variable()),
            new Constante(1));

    System.out.println("f(x) = " + f);

    double[] v = { -2, -1, 0, 1, 2 };
    for (int i = 0; i < v.length; i++)
        System.out.println("f(" + v[i] + ") = " + f.valeur(v[i]));
}
```

Affichage obtenu :

```
f(x) = (x)*(x)-(1.0)
f(-2.0) = 3.0
f(-1.0) = 0.0
f(0.0) = -1.0
```

```
f(1.0) = 0.0
f(2.0) = 3.0
```

4.2 - Analyseur

L'analyseur prend en entrée un texte (c'est-à-dire une chaîne de caractères) et produit en sortie l'arbre représentatif de la fonction dont ce texte est l'expression écrite. Durant ce travail, les erreurs de syntaxe dans le texte son détectées et provoquent l'affichage d'un message et l'abandon de l'analyse (une seule erreur est donc détectée chaque fois).

Le travail d'analyse se compose de deux couches distinctes :

- L'*analyse lexicale* prend en entrée des caractères et fournit en sortie des « mots », appelés *unités lexicales* ou *tokens*.

  Par exemple, les 16 caractères de la chaîne **`"sin ( 0.25 * x )"`** sont successivement transformés par l'analyseur lexical dans les 7 unités lexicales **`"sin"`**, **`'('`**, **`"0.25"`**, **`'*'`**, **`"x"`**, **`')'`**, *fin-du-texte*.

  La suite ci-dessus n'est pas homogène, car elle mélange des caractères, c.-à-d. des entiers (**`'('`**, **`'*'`**, **`')'`**, ...) et des chaînes (**`"sin"`**, **`"0.25"`**, **`"x"`**, ...). En réalité, nous utiliserons comme analyseur lexical un objet **`StreamTokenizer`**, qui donnera les unités lexicales suivantes, toutes de type **`int`** : **`TT_WORD`**, **`'('`**, **`TT_NUMBER`**, **`'*'`**, **`TT_WORD`**, **`')'`**, **`TT_EOF`**.

  Dans cette suite, **`TT_WORD`**, **`TT_NUMBER`**, etc., sont des constantes entières conventionnelles de la classe **`StreamTokenizer`**. Lorsque l'analyseur est placé sur une unité de type **`TT_NUMBER`**, le membre **`nval`** permet d'accéder à la valeur numérique (de type **`double`**) dont il s'agit. Si l'analyseur est placé sur une unité de type **`TT_WORD`**, le membre **`sval`** permet d'accéder à la chaîne de caractères en question.

  En définitive, l'analyse lexicale de la chaîne **`"sin ( 0.25 * x )"`** par un objet **`StreamTokenizer`** donnera la suite d'entités : **`TT_WORD`** avec **`sval`** = **`"sin"`**, **`'('`**, `TT_NUMBER` avec **`nval`** = **`0.25`**, **`'*'`**, **`TT_WORD`** avec **`sval`** = **`"x"`**, **`')'`** et **`TT_EOF.`**

  L'analyseur lexical se charge en outre de faire disparaître les caractères blancs (c.-à-d. : espaces, tabulations, fins de ligne).

- L'*analyse syntaxique* prend en entrée les unités lexicales produites par la couche précédente et s'en sert pour construire l'arbre qui représente l'expression analysée.

  C'est dans cette étape que les erreurs de syntaxe sont détectées. Chacune provoquera le lancement d'une exception comportant un texte explicatif de l'erreur.

Principe de l'analyse syntaxique

Le point de départ d'un analyseur syntaxique est la grammaire du langage visé. Dans notre cas, elle est définie par trois règles, *expression*, *terme* et *facteur*, qu'on peut représenter par les diagrammes suivants.

Pour interpréter ces diagrammes, il faut les parcourir dans le sens des flèches, en faisant des choix lorsque des embranchements se présentent. Les éléments écrits dans des cercles ou des boîtes aux extrémités arrondies représentent des unités lexicales (ou *tokens*) qui doivent se présenter tels quels dans le texte analysé. Les éléments écrits dans des rectangles représentent des constructions décrites par d'autres diagrammes.

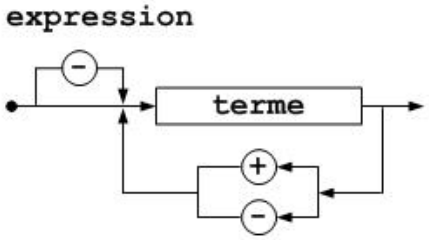


Diagramme 1 - Syntaxe d'une expression

Le diagramme 1 exprime ceci : une expression est constituée par une suite d'un ou plusieurs termes, éventuellement

précédée par un signe –. Quand qui, quand il y en plus d'un, sont séparés entre eux par un de termes séparés entre eux par des opérateurs + ou –

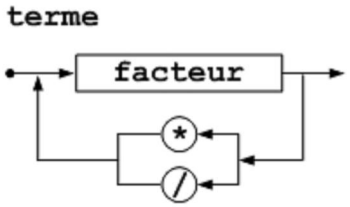


Diagramme 2 - Syntaxe d'un terme

Le diagramme 2 dit : un terme est une suite de facteurs, séparés entre eux par des opérateurs * ou /.

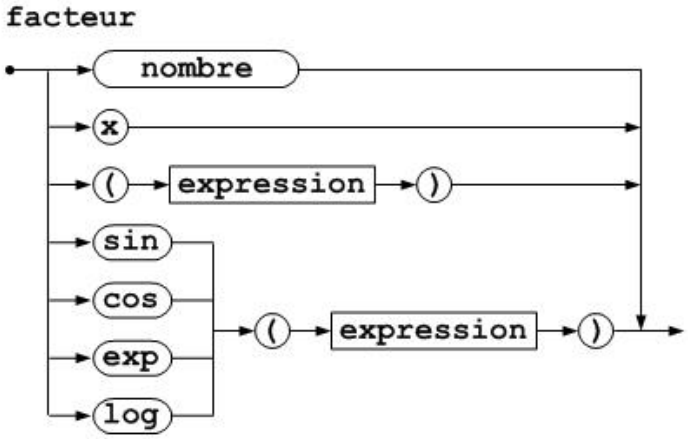


Diagramme 3 - Syntaxe d'un facteur

Enfin, le diagramme 3 affirme : un facteur est soit un nombre, soit une occurrence de la variable **`x`**, soit une expression entre parenthèses, soit enfin le nom d'une fonction standard suivi d'une expression placée entre parenthèses.

Exo 4.2.1 - Ecriture de l'analyseur

Correction

L'analyse lexicale sera prise en charge par la classe **`java.io.StreamTokenizer`**, fournie dans la bibliothèque standard. Un objet **`StreamTokenizer`** fait l'analyse lexicale d'un flot (*stream*) de caractères, alors que nous aurons ici une chaîne (*string*) de caractères : il faudra donc transformer cette dernière en un flot, cela est le rôle d'un objet **`StringReader`**.

(*Attention*. La bibliothèque Java offre aussi une classe **`java.util.StringTokenizer`**. Mais elle n'est pas équivalente à **`StreamTokenizer`**, en fait elle ne couvre pas nos besoins.)

L'essentiel du travail à faire ici est donc l'écriture d'une classe **`Analyseur`**. Elle comporte un constructeur public **`Analyse(String texte)`**, une méthode publique **`Expression analyser()`** qui représente l'analyse de la chaîne donnée au constructeur, et trois méthodes privées, appelées par exemple **`analyserExpression`**, **`analyserTerme`** et **`analyserFacteur`**.

Pour fixer les idées, voici un programme de test, une application Java qui analyse le texte donné en premier argument, affiche l'expression obtenue ainsi que les valeurs que cette expression prend pour des valeurs de **`x`** données comme autres arguments (vous ajouterez cette méthode à votre classe **`Analyseur`** afin de la tester) :

```
public static void main(String[] args) {

    try {
        Analyseur analyseur = new Analyseur(args[0]);
        Expression expression = analyseur.analyser();

        System.out.println("f(x) = " + expression);

        for (int i = 1; i < args.length; i++) {
            double x = Double.parseDouble(args[i]);
            System.out.println("f(" + x + ") = " + expression.valeur(x));
        }
    } catch (Exception exception) {
        exception.printStackTrace();
    }
```

```
}
```

Exécution de ce programme :

```
C:\>java Analyseur  "x * x - 1"  -2  -1  0  1  2
f(x) = (x)*(x)-(1.0)
f(-2.0) = 3.0
f(-1.0) = 0.0
f(0.0) = -1.0
f(1.0) = 0.0
f(2.0) = 3.0
```

Indications. Voici le constructeur de la classe **Analyseur** :

```
private StreamTokenizer lexical;

public Analyseur(String texteSource) throws IOException {
    lexical = new StreamTokenizer(new StringReader(texteSource));
    lexical.ordinaryChar('/');
    lexical.ordinaryChar('-');
}
```

(Par défaut, un **StreamTokenizer** considère que le caractère '/' est le début d'un commentaire et que '-' peut faire partie d'un identificateur ; cela explique les deux réglages ci-dessus).

Une fois l'objet **StreamTokenizer** créé, on le « fait avancer » (c.-à-d. on le positionne sur l'unité suivante) en appelant sa méthode **nextToken()**. Pour connaître l'unité courante on consulte la variable d'instance **ttype**.

Egalement à titre d'exemple, voici le texte intégral de la méthode **analyser** :

```
public Expression analyser() throws IOException, ErreurDeSyntaxe {
    lexical.nextToken();
    Expression resultat = analyserExpression();
    if (lexical.ttype != StreamTokenizer.TT_EOF)
        throw new ErreurDeSyntaxe("caractère inattendu à la fin du texte");
    return resultat;
}
```

Quand on écrit un analyseur syntaxique il est important de se donner une règle précise définissant le positionnement de l'analyseur lexical. Ici, on se donne la règle suivante : juste avant et juste après l'appel de chacune des méthodes **analyserExpression**, **analyserTerme** et **analyserFacteur**, *l'unité lexicale courante est la prochaine unité à examiner*.

La méthode **analyser** illustre cela. D'une part, c'est pour respecter cette règle qu'on fait précéder l'appel de **analyserExpression** par un appel de **nextToken**. D'autre part, c'est parce qu'on fait confiance à cette règle qu'au retour de **analyserExpression** on peut tester **ttype** sans qu'il faille le faire avancer.

Encore à titre d'exemple, voici la méthode **analyserTerme** (observez comment cette méthode « colle » au diagramme 2) :

```
private Expression analyserTerme() throws IOException, ErreurDeSyntaxe {

    Expression resultat = analyserFacteur();

    while (lexical.ttype == '*' || lexical.ttype == '/') {
        boolean estUnProduit = (lexical.ttype == '*');
        lexical.nextToken();
        Expression facteur = analyserFacteur();
        if (estUnProduit)
            resultat = new Multiplication(resultat, facteur);
        else
            resultat = new Division(resultat, facteur);
    }
    return resultat;
}
```

Il ne vous reste plus qu'à écrire **analyserExpression** et **analyserFacteur**, et à tester le tout le plus exhaustivement possible.

N.B. A certains endroits de l'analyseur des erreurs de syntaxe sont détectées (parenthèse manquante, identificateur non reconnu, etc.). Il faut alors lancer une exception, qui sera une instance d'une classe spécialement définie à cet effet

```
public class ErreurDeSyntaxe extends Exception {
    ErreurDeSyntaxe(String message) {
        super(message);
    }
}
```

Comme exemple d'utilisation, voici un court extrait de **`analyserFacteur`** :

```
...
else if (lexical.ttype == '(') {
    lexical.nextToken();
    resultat = analyserExpression();
    if (lexical.ttype != ')')
        throw new ErreurDeSyntaxe(") attendue");
    lexical.nextToken();
}
...
```

4.3 - Interface graphique

Exo 4.3.1 - Cadre principal

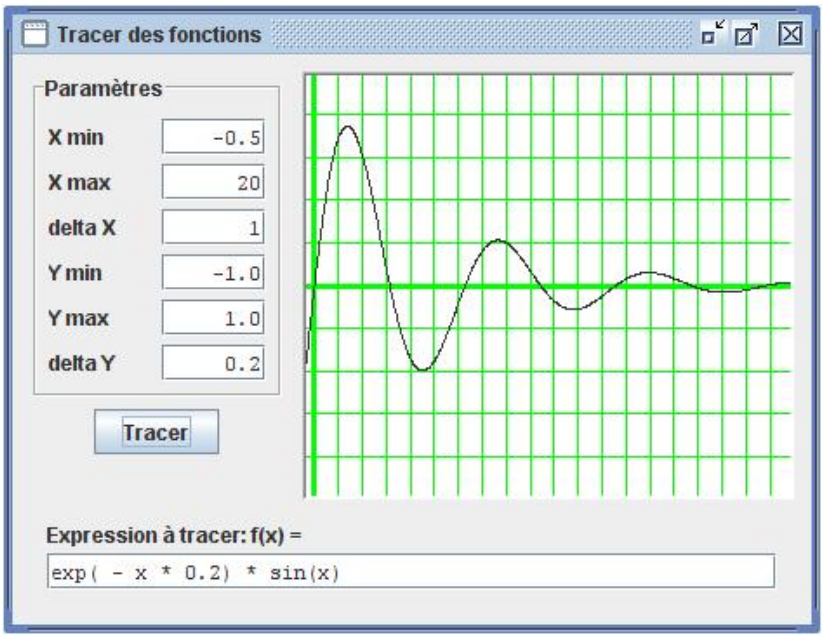
Correction

L'exercice consiste ici à mettre en place les éléments de l'interface graphique sans nous occuper du tracé effectif de la fonction (pour commencer, un simple **`JPanel`** vide prendra la place du panneau de tracé).

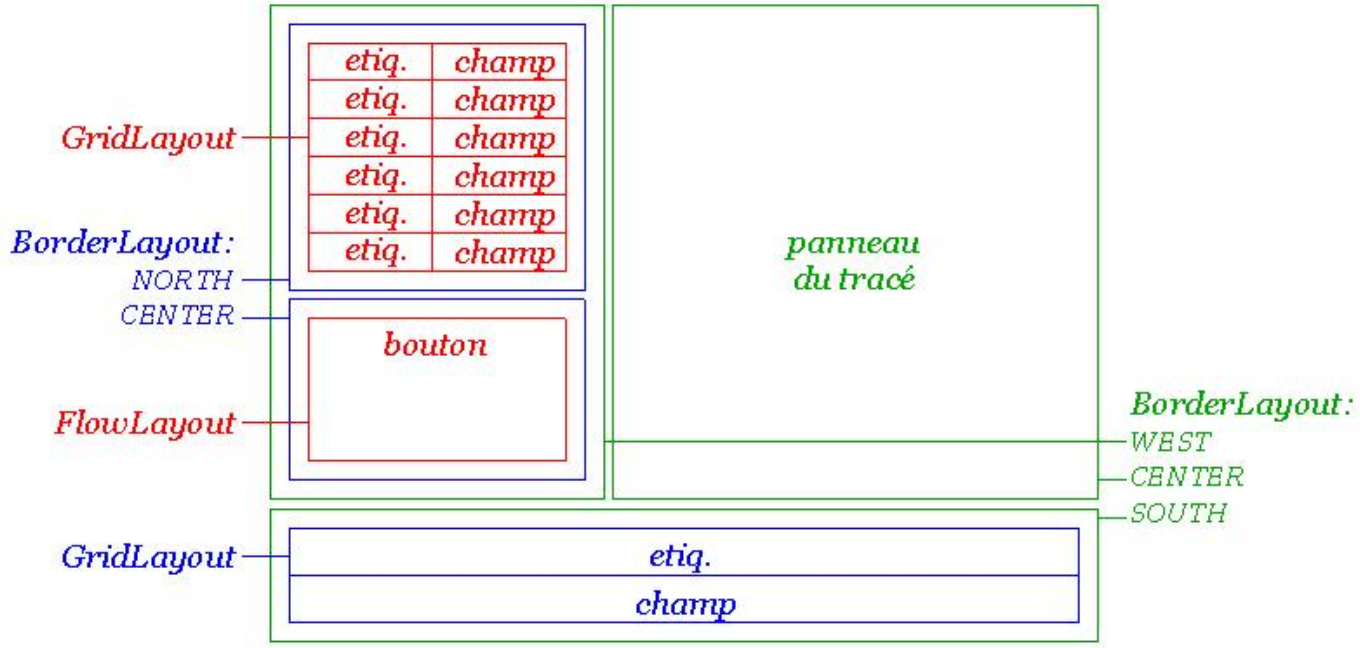
Indications. Le cadre principal est défini par une sous-classe de **`JFrame`**, nommée par exemple **`CadrePrincipal`**, munie d'un certain nombre de variables d'instance :

- un tableau de 6 champs de texte (**`JTextField`**) pour y saisir les paramètres du tracé,
- un tableau de 6 nombres (**`double`**) dans lesquels sont rangés, lorsque la saisie est validée - bouton *Tracer* - les valeurs des paramètres,
- un tableau constant de 6 chaînes (**`String`**) contenant les noms des paramètres (**`"X min"`**, **`"X max"`**, etc.),
- un champ de texte (**`JTextField`**) pour y saisir la fonction à tracer,
- un objet **`Expression`** destiné à recevoir la représentation interne de la fonction à tracer, lorsqu'on a pu analyser avec succès la chaîne contenue dans le champ précédent,
- un panneau (**`JPanel`**) dans lequel, ultérieurement, sera tracée la fonction.

N.B. D'autres éléments sont nécessaires pour fabriquer l'interface voulue. S'ils ne sont pas déclarés comme variables d'instance c'est que leur portée est réduite au seul constructeur de la classe.



Pour obtenir une présentation comme celle montrée ci-dessus, la partie la plus... agaçante du travail est la mise en place d'un système de panneaux imbriqués, chacun avec le gestionnaire de disposition adéquat, afin d'avoir l'aspect recherché quelle que soit la taille et la forme du cadre principal. Voici une suggestion :



Exo 4.3.2 - Événements

Correction

Un seul événement nous intéresse ici, l'appui sur le bouton *Tracer*. Cela devra provoquer l'appel d'une méthode nommée, par exemple, *preparerLeDessin* qui doit

- obtenir les six valeurs des paramètres à partir des champs de texte correspondants,
- obtenir la représentation interne de la fonction à tracer à partir du contenu du champ *Expression à tracer*.

Toutes ces opérations sont des analyses qui peuvent échouer de diverses manières (principalement : « champ vide » et « syntaxe incorrecte »). De telles erreurs, signalées au moyen d'exceptions, doivent provoquer l'affichage d'une boîte de dialogue de type *Information message* (voyez les méthodes `show...Dialog` de la classe `JOptionPane`).

Exo 4.3.3 - Panneau de tracé

Correction

S'occuper du tracé c'est essentiellement écrire la méthode `paint` du panneau qui occupe la partie supérieure droite de l'interface graphique. Il faudra écrire une classe, nommée par exemple `PanneauDessin`, sous-classe de `JPanel`, dans laquelle nous écrirons cette méthode `paint`. Le panneau de tracé sera un objet `PanneauDessin`.

Selon votre préférence, vous écrirez la classe `PanneauDessin` soit à l'intérieur de la classe `CadrePrincipal` soit à l'extérieur de cette classe, dans un fichier séparé. Dans le second cas il faudra que `PanneauDessin` ait une variable d'instance de type `CadrePrincipal`, initialisé lors de la construction, lui permettant d'accéder aux divers membres du `CadrePrincipal`.

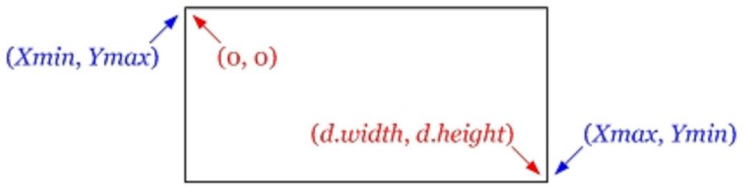
Pour commencer ne vous occupez pas de tracer la grille et les axes, mais uniquement la fonction.

Le principe du tracé d'une fonction $y = f(x)$ est simple : on se donne une constante entière *nbr* (par exemple, *nbr* = 1000) , on considère la suite des *nbr* + 1 valeurs $x_i = Xmin + i * h$, avec $h = (Xmax - Xmin) / nbr$ et les valeurs de y correspondantes $y_i = f(x_i)$. Pour tracer la fonction il suffit de tracer les segments $[(x_{i-1}, y_{i-1}), (x_i, y_i)]$.

Mais il faut régler le problème du changement de coordonnées : la fonction est exprimée en coordonnées « de l'utilisateur » (x_u, y_u) , il faut passer en coordonnées « écran » (x_e, y_e) . Pour cela on transforme les valeurs de x d'un côté et celles de y de l'autre par deux transformations affines :

$$x_e = A_x * x_u + B_x$$
$$y_e = A_y * y_u + B_y$$

Pour trouver les coefficients A_x, B_x, A_y et B_y il suffit de considérer la figure suivante, dans laquelle les coordonnées de l'utilisateur sont bleues et les coordonnées écran rouges :



Ci-dessus, *d* représente la dimension du panneau de dessin (on l'obtient par la méthode **`getSize()`**).

Exo 4.3.4 - Grille et axes

Correction

Il ne reste plus qu'à ajouter le tracé de la grille et des axes de coordonnées.

Pour expliquer comment tracer la grille, examinons le cas des droites verticales (les droites horizontales se traitent de la même manière, en échangeant *x* et *y*). L'écartement entre ces droites est défini par le paramètre $delta_X$: cela signifie qu'on doit tracer les droites d'équations $x = 0$, $x = deltaX$, $x = 2 * deltaX$, etc., c'est-à-dire les droites d'équation $x = k * delta_X$ où *k* est un entier tel que cette droite soit visible à l'écran :

$$k = \ldots -2, -1, 0, 1, 2, \ldots \quad \text{et} \quad xMin <= k * deltaX <= xMax$$

ou, de manière équivalente

$$k = \ldots -2, -1, 0, 1, 2, \ldots \quad \text{et} \quad xMin / deltaX <= k <= xMax / deltaX$$

c'est-à-dire qu'on doit rechercher les entiers $k = k_0, k_0 + 1, \ldots k_1 - 1, k_1$ avec

k_0 = le plus petit entier supérieur ou égal à $xMin / deltaX$
k_1 = le plus grand entier inférieur ou égal à $xMax / deltaX$

N.B. Dans beaucoup de langages, les deux entiers mentionnés ci-dessus s'obtiennent facilement avec des fonctions appelées souvent *ceil* et *floor*.

Pour finir, il n'y a pas de difficulté à trouver comment tracer les axes. Pour les dessiner plus épais que les autres droites, la classe **`Graphics`** n'offre pas de moyen spécifique. On se contentera de tracer deux traits à distance d'un pixel.

La suite des TP...