

# ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ***

Nous allons généraliser ce que nous avons appris sur la fonction carré. Il est donc judicieux d'avoir relu [ce cours](#) avant de commencer...

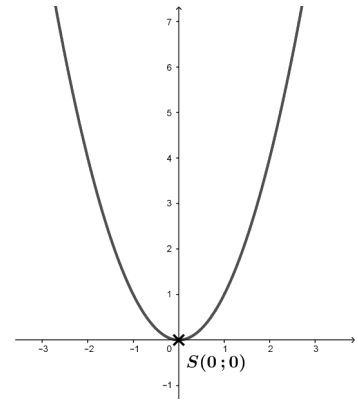
## ***I Jouons avec la parabole***

Notons  $f$  la fonction carré, c'est à dire

$$f: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto x^2 \end{cases} .$$

Nous savons que sa représentation graphique est la parabole d'équation  $y = f(x)$  ou encore  $y = x^2$  .

Nous savons également que son sommet  $S$  a pour coordonnées  $(0 ; 0)$  .



# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## I.1 Premier jeu

Cliquer pour  
Visualiser  
 $y=a(x-\alpha)^2+\beta$

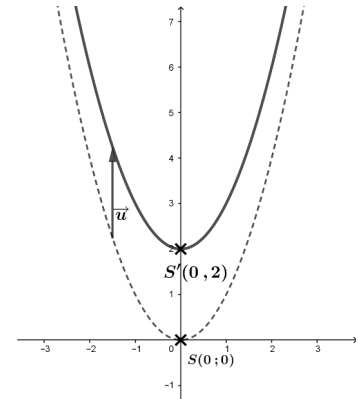
Amusons-nous à tradater cette parabole de deux unités selon l'axe des ordonnées et « vers les positifs » (quelqu'un a parlé d'un vecteur  $\vec{u}$  de coordonnées  $(0 ; 2)$  ? c'est très bien!)

Nous n'avons pas changé les abscisses, par contre nous avons augmenté toutes les ordonnées de 2.

Notre nouvelle parabole a donc pour équation  $y = f(x)+2$  ou encore  $y = x^2+2$ . Elle représente une nouvelle fonction que l'on peut

appeler  $g$  et telle que  $g: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto x^2+2 \end{cases}$

Son sommet  $S'$  a alors pour coordonnées  $(0 ; 2)$ .



# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## I.2 Deuxième jeu

Cliquer pour  
Visualiser

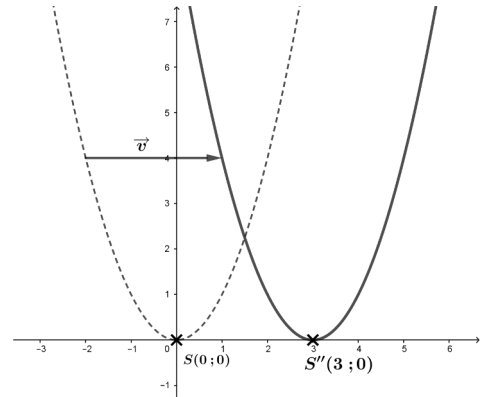
$$y = a(x - \alpha)^2 + \beta$$

Amusons-nous à tradater cette parabole de trois unités selon l'axe des abscisses et « vers les positifs » (quelqu'un a parlé d'un vecteur  $\vec{v}$  de coordonnées  $(3 ; 0)$  ? c'est très bien!)

Nous avons augmenté les abscisses de 3 mais nous n'avons pas changé les ordonnées. C'est à dire que si

$A(x_A ; y_A)$  est un point de la parabole de départ alors son image  $B(x_B ; y_B)$  est telle que :

$$\begin{cases} x_B = x_A + 3 \\ y_B = y_A \end{cases} .$$



De la première égalité, on déduit que  $x_A = x_B - 3$  et de la seconde, on déduit que  $y_B = y_A = f(x_A) = f(x_B - 3)$ . Notre nouvelle parabole a alors pour équation :  $y = f(x - 3)$  ou encore  $y = (x - 3)^2$ . (Comprenez bien d'où vient le « moins »). Elle représente une nouvelle fonction que l'on

peut appeler  $h$  et telle que  $h : \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto (x - 3)^2 \end{cases}$

Son sommet  $S''$  a alors pour coordonnées  $(3 ; 0)$ .

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## I.3 Troisième jeu

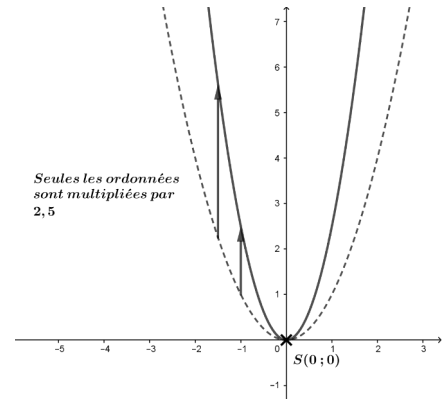
Amusons-nous à « déformer » cette parabole en multipliant les ordonnées par 2,5.

Notre nouvelle parabole a alors pour équation :  $y = 2,5 \times f(x)$  ou encore  $y = 2,5 x^2$ .

Elle représente une nouvelle fonction que l'on peut appeler  $k$  et telle que

$$k : \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto 2,5 x^2 \end{cases}.$$

Son sommet reste le même :  $S(0 ; 0)$



Cliquer pour  
Visualiser

$$y = a(x - \alpha)^2 + \beta$$

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## I.4 Dernier Jeu

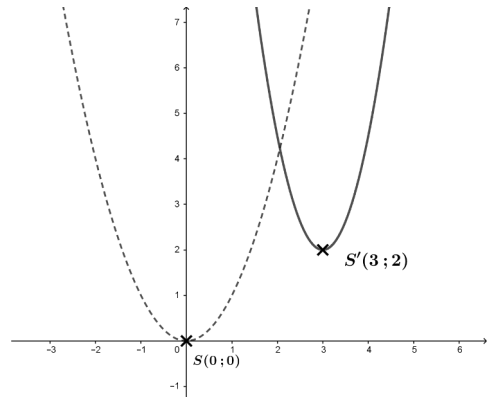
On combine les trois premiers jeux !

On obtient la parabole d'équation :

$y = 2,5(x-3)^2 + 2$  qui représente une fonction que l'on appelle  $l$  et

telle que  $l: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto 2,5(x-3)^2 + 2 \end{cases}$ .

Son sommet est alors le point  $S'(3; 2)$



Cliquer pour  
Visualiser  
 $y = a(x - \alpha)^2 + \beta$

Sur cette page, vous pourrez faire varier les trois paramètres

(  $a=2,5$  ;  $\alpha=3$  et  $\beta=2$  ) afin d'observer en détail leur influence sur la parabole.

# FONCTIONS POLYNÔMES DU SECOND DEGRÉ E01

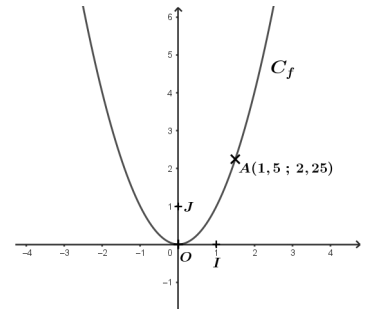
## EXERCICE N°1 *J'ai compris les jeux et je maîtrise les notations*

On note  $f$  la fonction carré, c'est à dire  $f: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto x^2 \end{cases}$  et on note

$C_f$  sa courbe représentative dans un repère orthonormé  $(O, I, J)$ . On donne le point  $A(1,5 ; 2,25)$ .

1) Vérifiez que  $A \in C_f$ .

2) On pose  $g: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto f(x) - 3 \end{cases}$  et  $C_g$  sa courbe représentative.



2.a) Calculez  $g(0)$  et en déduire les coordonnées du sommet de  $C_g$ .

2.b) Déterminez  $g(1,5)$  en vous aidant du point  $A$ .

3) On pose  $h: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto f(x+2) \end{cases}$  et  $C_h$  sa courbe représentative.

3.a) Déterminez  $h(-0,5)$  en vous aidant du point  $A$ .

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## II Expressions des fonctions polynomiales du second degré

### II.1 La forme développée réduite

#### Définition n°1. Le trinôme

On appelle fonction polynomiale du second degré toute fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  et telle que pour tout réel  $x$ , on peut écrire

$$f(x) = ax^2 + bx + c \quad \text{avec } a, b \text{ et } c \text{ des réels et } a \neq 0$$

L'expression  $ax^2 + bx + c$  est appelée : Trinôme

#### Exemple n°1.

Soit  $g$  la fonction définie sur  $\mathbb{R}$  par  $l(x) = 2,5(x-3)^2 + 2$ .

On peut écrire :

$$l(x) = 2,5(x-3)^2 + 2$$

$$l(x) = 2,5[x^2 - 6x + 9] + 2$$

$$l(x) = 2,5x^2 - 15x + 24,5$$

Ainsi  $l(x) = ax^2 + bx + c$  avec  $a = 2,5$ ,  $b = -15$  et  $c = 24,5$

$l$  est donc une fonction polynomiale du second degré.

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ***

### ***Remarque n°1.***

On devine, sur cet exemple, que toute fonction du type de celle que nous avons observée au dernier jeu est une fonction polynomiale du second degré.

### ***Exercice n°1.***

Démontrez-le en partant de l'expression  $a(x - \alpha)^2 + \beta$  où  $a \neq 0$  ;  $\alpha$  et  $\beta$  sont des nombres réels.



# ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E01***

## **EXERCICE N°2    Autour de la forme développée réduite**

Parmi les fonctions suivantes, précisez, en justifiant, lesquelles sont des fonctions polynomiales du second degré.

1)  $f_1: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto (x+3)^2 - 5 \end{cases}$       2)  $f_2: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto 2(x+7) - 5 \end{cases}$       3)  $h_1: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto (4x-3)(2x+7) \end{cases}$

4) La fonction  $g$  définie pour tout réel  $x$  par  $g(x) = 2(x-7)^2 + 1$  .

5) La fonction  $h_2$  définie pour tout  $x \in \mathbb{R}$  par :  $h_2(x) = (2x^2 + 5)(1 - 3x)$

6)  $h_3: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ (2x+1)(7-15x) + (1+6x)(5x-3) \end{cases}$

# ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E01***

## **EXERCICE N°3**    *Autour de la forme développée réduite, je me prépare pour la suite*

### **Deux définitions :**

Soient  $f$  et  $g$  définies toutes les deux pour tout  $x \in \mathbb{R}$ .

▪ On appelle somme de  $f$  et  $g$  et on note  $f+g$  la fonction définie pour tout  $x \in \mathbb{R}$  par :  
 $(f+g)(x) = f(x)+g(x)$

▪ On appelle produit de  $f$  et  $g$  et on note  $fg$  la fonction définie pour tout  $x \in \mathbb{R}$  par :  
 $(fg)(x) = f(x)g(x)$

**1)** Montrer que la somme de deux fonctions affines ne pas être une fonction polynomiale du second degré.

**2)** Déterminer une condition nécessaire et suffisante pour que le produit de deux fonctions affines soit une fonction polynôme du second degré.

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## II.2 La forme canonique

**Propriété n°1.** (et définition)

Si  $f$  est une fonction polynomiale du second degré telle pour tout réel  $x$

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

(avec  $a$ ,  $b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$ ) alors on peut l'écrire sous

sa  $f(x) = a(x - \alpha)^2 + \beta$

avec  $\alpha = \frac{-b}{2a}$  et  $\beta = \frac{-(b^2 - 4ac)}{4a}$

**Remarque n°2.**

C'est bien le « même  $a$  ».

Il faut retenir la formule de  $\alpha$  mais pas forcément celle de  $\beta$  car

$\beta = f(\alpha)$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ***

*preuve :*    (*de la propriété*)

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

$$= a \left[ x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{c}{a} \right]$$

$$= a \left[ \left( x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \left( \frac{b}{2a} \right)^2 + \frac{c}{a} \right]$$

(explications à la remarque n°3)

$$= a \left[ \left( x - \frac{-b}{2a} \right)^2 - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{c}{a} \right]$$

$$= a \left[ \left( x - \frac{-b}{2a} \right)^2 - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{4ac}{4a^2} \right]$$

$$= a \left[ \left( x - \frac{-b}{2a} \right)^2 + \frac{-(b^2 - 4ac)}{4a^2} \right]$$

On a réduit au même dénominateur

$$= a \left( x - \frac{-b}{2a} \right)^2 + \frac{-(b^2 - 4ac)}{4a}$$

On a distribué  $a$

$$= a(x - \alpha)^2 + \beta$$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ***

### ***Remarque n°3.***

La troisième ligne semble peu naturelle... L'idée est la suivante :

$x^2 + \frac{b}{a}x$  est forcément le début de la première identité remarquable

$\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2$  . En effet  $\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 = x^2 + \frac{b}{a}x + \left(\frac{b}{2a}\right)^2$  . Le problème est qu'il y a un terme « en trop », il faut donc l'enlever :  $-\left(\frac{b}{2a}\right)^2$

# ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E01***

## **EXERCICE N°4    La méthode de complétion du carré**

### **Le principe**

- 1) Soit  $a$  un nombre réel. Démontrez que, pour tout  $x \in \mathbb{R}$ ,  $x^2 + 2ax = (x+a)^2 - a^2$

### **Application**

- 2) À l'aide de l'égalité que vous venez de démontrer, déterminer la forme canonique des trinômes suivants :

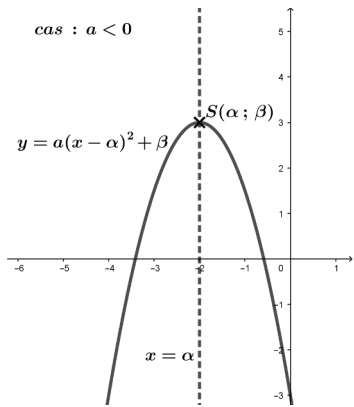
2.a)  $x^2 + 4x + 7$     2.b)  $x^2 + 7x - 8$     2.c)  $x^2 - 3x + 6$     2.d)  $x^2 + bx + 5$   
où  $b \in \mathbb{R}$

- 3) Adaptez la méthode pour déterminer la forme canonique des trinômes suivants

3.a)  $3x^2 - 5x + 8$     3.b)  $6x^2 + 7x - 2$     3.c)  $-4x^2 + 3x - 7$

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

**Remarque n°4.**    *Représentation graphique d'une fonction polynomiale du second degré.*



*Cliquer pour  
Visualiser*

$$y = a(x - \alpha)^2 + \beta$$

D'après nos petits jeux, nous pouvons dire que :

toute fonction polynomiale du second degré est représentée par une parabole

ournée vers le bas si  $a < 0$  , tournée vers le haut si  $a > 0$  ,

de sommet  $(\alpha ; \beta)$  et admettant pour axe de symétrie  $x = \alpha$

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

Remarque n°5. Tableau de variations d'une fonction polynomiale du second degré

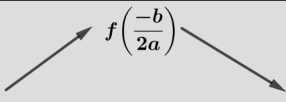
Cliquer pour

Visualiser

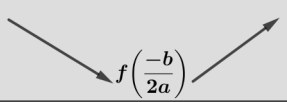
$$y = a(x - \alpha)^2 + \beta$$

Soit  $f$  une fonction polynomiale du second degré telle pour tout réel  $x$ ,  
 $f(x) = ax^2 + bx + c$  (avec  $a$ ,  $b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$ )

$$a < 0$$

$x$	$-\infty$	$-\frac{b}{2a}$	$+\infty$
$f(x)$			

$$a > 0$$

$x$	$-\infty$	$-\frac{b}{2a}$	$+\infty$
$f(x)$			

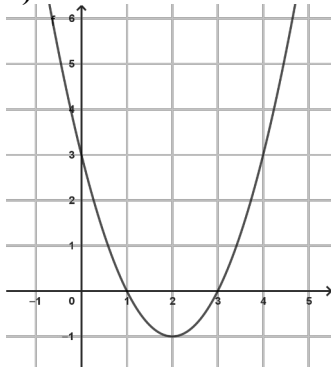


# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E02

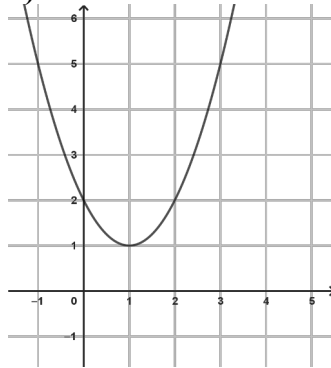
## EXERCICE N°1 *Lien entre la forme canonique et le graphique*

Dans chaque cas, donnez la forme canonique de la fonction polynomiale du second degré qui est représentée.

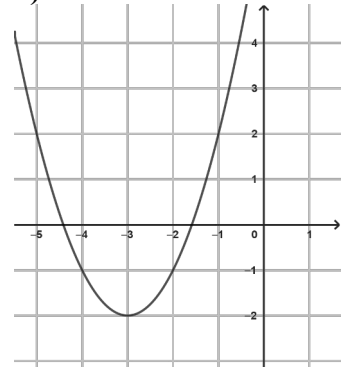
1)



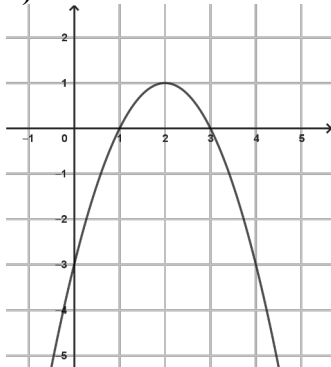
2)



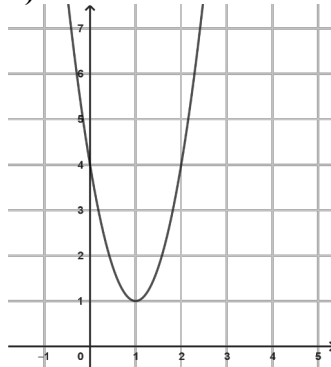
3)



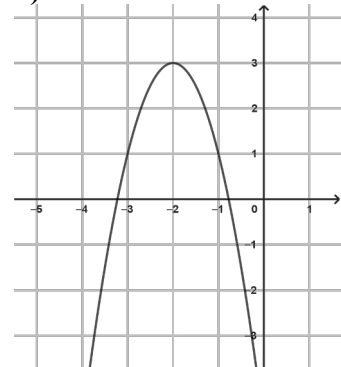
4)



5)



6)



## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E02***

### ***EXERCICE N°2      Quelques tableaux de variations***

Dressez le tableau de variations des fonctions suivantes :

1)  $f_1: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto 3x^2 + 2x - 7 \end{cases}$

2)  $f_2: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto -4x^2 + 5x - 3 \end{cases}$

3)  $f_3: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto -2(x-3)^2 + 5 \end{cases}$

4)  $f_4: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto 2(x+1)(x-2) \end{cases}$

Réviser tout ce qui a été fait dans ce chapitre pour l'interrogation écrite n°1

En particulier :

- le cours du début jusque la remarque n°5 (incluse)

et

- les fiches E01 et E02(ex1 et ex2)

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## II.3 La forme factorisée

Dans ce paragraphe,  $f$  est une fonction polynomiale du second degré définie pour tout réel  $x$  par  $f(x) = ax^2 + bx + c$ . Nous savons que l'on peut écrire  $f(x) = a(x - \alpha)^2 + \beta$

avec  $\alpha = \frac{-b}{2a}$  et  $\beta = \frac{-(b^2 - 4ac)}{4a}$ .

Ajoutons une notation supplémentaire :  $\Delta = b^2 - 4ac$ .

On peut alors écrire :

$$f(x) = a \left[ (x - \alpha)^2 - \frac{\Delta}{4a^2} \right]$$

Si  $\Delta < 0$  alors la factorisation n'est pas possible dans  $\mathbb{R}$ .

Si  $\Delta = 0$   $f(x) = a(x - \alpha)^2$

Si  $\Delta > 0$  alors

$$f(x) = a \left( x - \alpha - \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \right) \left( x - \alpha + \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \right)$$

et comme  $\alpha = \frac{-b}{2a}$  :

$$f(x) = a \left( x - \frac{-b}{2a} - \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \right) \left( x - \frac{-b}{2a} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \right)$$

ou encore

$$f(x) = a \left( x - \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \right) \left( x - \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \right)$$

Nous obtenons la propriété suivante :

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

## Propriété n°2.      Forme factorisée

Soit  $f$  est une fonction polynomiale du second degré telle pour tout réel  $x$ ,

$$f(x) = ax^2 + bx + c \quad (\text{avec } a, b \text{ et } c \text{ des réels et } a \neq 0)$$

et posons  $\Delta = b^2 - 4ac$ ,

▪ Si  $\Delta < 0$  alors  $f(x)$  n'admet pas de factorisation dans  $\mathbb{R}$

▪ Si  $\Delta = 0$  alors  $f(x) = a(x - \alpha)^2$  avec  $\alpha = \frac{-b}{2a}$

▪ Si  $\Delta > 0$  alors  $f(x) = a(x - x_1)(x - x_2)$  avec

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \quad \text{et} \quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$\alpha$  est une *racine double*

$x_1$  et  $x_2$  sont des *racines*

On peut aussi dire *zéros*

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E02***

### ***EXERCICE N°3      Factoriser avec le discriminant***

Factoriser les expressions suivantes à l'aide du discriminant :

$$A = 3x^2 - 3x - 60$$

$$B = -2x^2 - 4x + 30$$

$$C = 2x^2 - 4x - 10,5$$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E02***

### **EXERCICE N°4      *Lien entre les racines et la forme développée réduite***

#### **La théorie :**

On donne  $a$ ,  $b$  et  $c$  des nombres réels avec  $a \neq 0$  ainsi que la fonction  $f$  définie pour tout réel  $x$  par :  $f(x) = ax^2 + bx + c$

On note  $\Delta$  le discriminant du trinôme  $ax^2 + bx + c$  et on suppose  $\Delta > 0$ .

On peut alors poser  $x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$  et  $x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$  les racines de  $f$ .

1) Simplifier les expressions suivantes :

$$s = x_1 + x_2 \text{ et } p = x_1 x_2$$

#### **La pratique :**

2) En remarquant que 1 est une racine évidente de  $3x^2 + 3x - 6$  factorisez cette expression.

3) En remarquant que -1 est une racine évidente de  $-2x^2 - 6x - 4$  factorisez cette expression.

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ***

### **Remarque n°6.    *Résolution des équations du second degré***

La propriété suivante nous donne une méthode de résolution des équations à une inconnue du second degré.

On fait en sorte d'avoir zéro pour le membre de droite puis on réduit le membre de gauche de façon à obtenir un trinôme, on doit alors résoudre :

$$ax^2+bx+c = 0 \quad (\text{avec } a, b \text{ et } c \text{ des réels et } a \neq 0)$$

$$ax^2+bx+c = 0 \quad (\text{avec } a, b \text{ et } c \text{ des réels et } a \neq 0)$$

Posons  $\Delta = b^2 - 4ac$  le **discriminant** de cette équation.

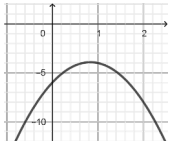
$\Delta < 0$	$\Delta = 0$	$\Delta > 0$
L'équation n'admet aucune solution réelle.	L'équation admet une solution double : $\frac{-b}{2a}$	L'équation admet deux solutions : $x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ

**Remarque n°7.**

$x_1$  et  $x_2$  sont les abscisses des points d'intersection de la parabole avec l'axe des abscisses.

**Exemple n°2.**

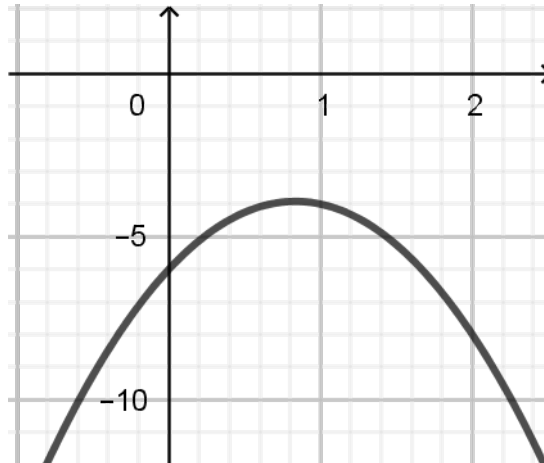


Réolvons les équations suivantes dans  $\mathbb{R}$ .

▪  $-3x^2 + 5x - 6 = 0$

Posons  $\Delta = 5^2 - 4 \times (-3) \times (-6) = -47$  le discriminant de cette équation.

Comme  $\Delta < 0$ , cette équation n'admet aucune solution réelle.





## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ***

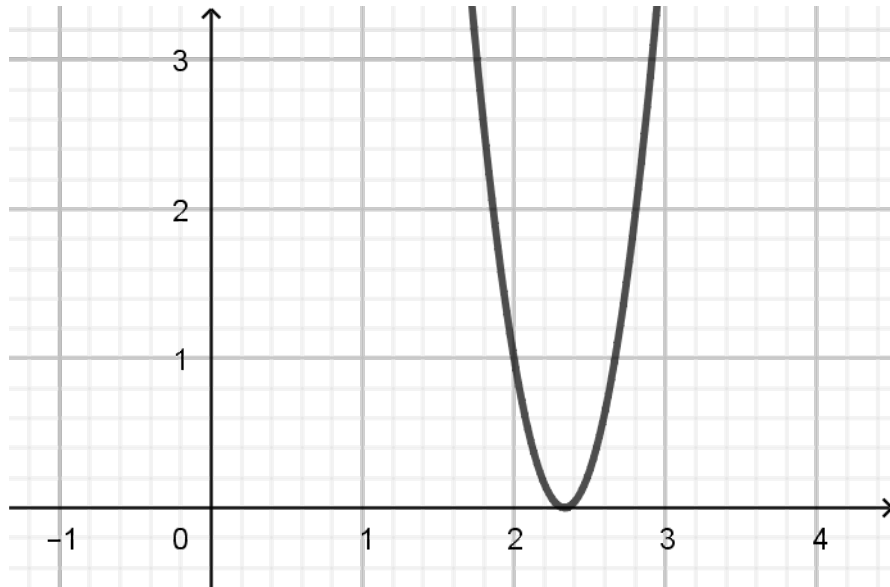
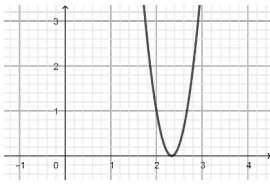
▪  $9x^2 - 42x + 49 = 0$

Posons  $\Delta = (-42)^2 - 4 \times 9 \times 49 = 0$  le discriminant de cette équation.

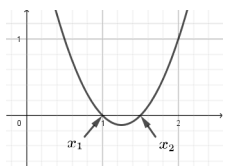
Comme  $\Delta = 0$ , cette équation admet une

unique solution :  $\frac{7}{3}$

$$\left( \frac{-(-42)}{2 \times 9} = \frac{2 \times 3 \times 7}{2 \times 3 \times 3} \right)$$



## FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ



$$\blacksquare \quad 2x^2 - 5x + 3 = 0$$

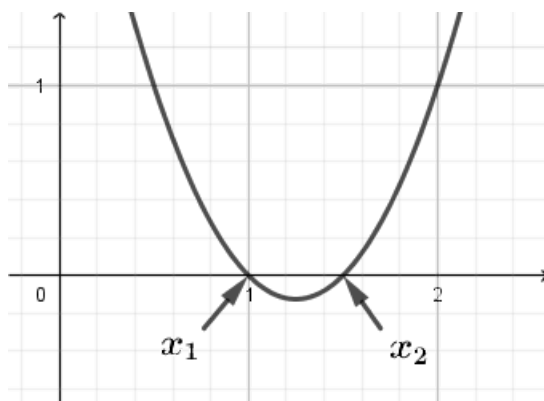
Posons  $\Delta = (-5)^2 - 4 \times 2 \times 3 = 1$  le discriminant de cette équation.

Comme  $\Delta > 0$ , cette équation admet deux solutions : 1 et 1,5

$$x_1 = \frac{-(-5) - \sqrt{1}}{2 \times 2} = 1 \quad \text{et} \quad x_2 = \frac{-(-5) + \sqrt{1}}{2 \times 2} = 1,5$$

**Remarque n°8.**

Dans l'exemple précédent, nous n'avons pas défini  $a$ ,  $b$  et  $c$ , nous n'avons donc pas utilisé ces lettres...



## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E03***

### ***EXERCICE N°1      Discriminant pour résoudre des équations***

Résoudre les équations suivantes dans  $\mathbb{R}$  .

1)  $3x^2 + 6x - 24 = 0$

2)  $5x^2 + 10\sqrt{2}x - 30 = 0$

3)  $2x^2 - 12x + 19 = 0$

4)  $2x^2 + 11x - 6 = 4x^2 - 10x + 4$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E03***

### ***EXERCICE N°2      Discriminant oui mais pas toujours !***

Résoudre les équations suivantes dans  $\mathbb{R}$  .

**1)**     $4x^2 - 28x + 49 = 0$

**2)**     $5x^2 - 2x = 0$

**3)**     $(3x-1)^2 - (2x+5)^2 = 0$

**4)**     $x^2 = 49$

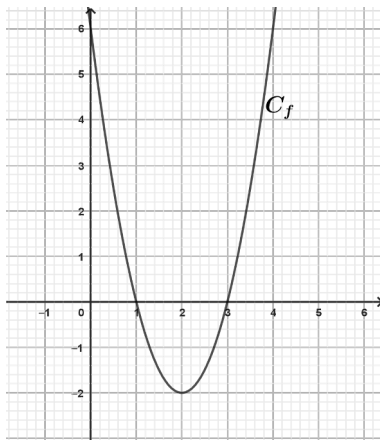
# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E03

## EXERCICE N°3 Le lien entre les racines et la parabole

Dans chaque question, les fonctions définies sur  $\mathbb{R}$  et leur représentation graphique est une parabole.

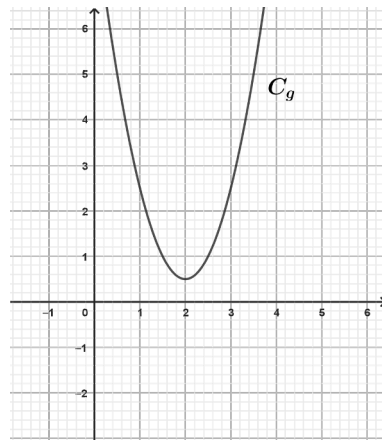
Dans chaque cas déterminez les racines quand elles existent, donnez l'ensemble des solutions de l'équation proposée et déterminez la forme factorisée du trinôme quand c'est possible.

1)



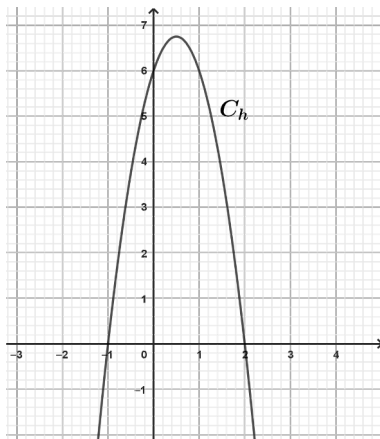
$C_f$  a pour équation réduite  $y=f(x)$  .  
Résoudre dans  $\mathbb{R}$  ,  $f(x) = 0$

2)



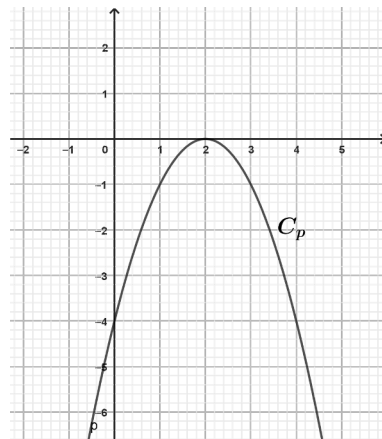
$C_g$  a pour équation réduite  $y=g(x)$  .  
Résoudre dans  $\mathbb{R}$  ,  $g(x) = 0$

3)



$C_h$  a pour équation réduite  $y=h(x)$  .  
Résoudre dans  $\mathbb{R}$  ,  $h(x) = 0$

4)



$C_p$  a pour équation réduite  $y=p(x)$  .  
Résoudre dans  $\mathbb{R}$  ,  $p(x) = 0$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E03***

### **EXERCICE N°4    *Comment résoudre des inéquations ?***

Résoudre les inéquations suivantes dans  $\mathbb{R}$  .

Exemples généraux :

1)  $2x^2 + 11x - 6 \leq 4x^2 - 10x + 4$

2)  $9x^2 - 6x + 1 > 4x^2 + 20x + 25$

Des cas particuliers :

3)  $5x^2 - 7x + 21 < 3x^2 - 5x + 2$

4)  $x^2 \geq 64$

Réviser tout ce qui a été fait dans ce chapitre pour l'interrogation écrite n°2

En particulier :

- le cours de la remarque n°5 (incluse) jusque la remarque n°8 (incluse)
- et
- les fiches E02(ex3 et ex4) et E03

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E04

## EXERCICE N°1 Du concret ! (Suivi de sportif)

Afin de participer aux compétitions dans sa catégorie, un karatéka surveille son poids (ou plutôt sa masse). Pour cela, il se pèse toutes les semaines de l'année 2024. Sa courbe de poids peut être modélisée par la fonction polynomiale  $f$  définie pour tout  $x \in [0 ; 52]$  par  $f(x) = 0,008x^2 - 0,4x + 75$  où  $x$  correspond au temps passé en semaine à partir du premier Janvier 2024.

### • Hommes :

- -60 kg
- -67 kg
- -75 kg
- -84 kg
- +84 kg
- OPEN (Tous poids confondus)

Source: Wikipedia

1) Dressez le tableau de variations de la fonction  $f$ .

2) En utilisant cette modélisation, répondez aux questions suivantes :

2.a) Quel était son poids maximal sur l'année ? Quand l'a-t-il atteint ?

2.b) Quel était son poids minimal sur l'année ? Quand l'a-t-il atteint ?

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E04

## EXERCICE N°2 Du concret ! (Éthologie)

Extrait du sésamath 1<sup>er</sup> spé

Une femelle kangourou porte un bébé kangourou dans sa poche et décide de sauter. La trajectoire du bébé est modélisée par la parabole d'équation  $y = -\frac{1}{4}x^2 + x + 0,5$  où  $x$  et  $y$  représentent des distances en mètres.

- 1) Avant de sauter, à quelle distance du sol se trouve le bébé ?
- 2) Quelle est l'altitude maximale atteinte par le bébé au cours de ce saut ?
- 3) Quelle est la distance parcourue par le bébé lors du saut ?



Créateur : John Torcasio



# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E04

## EXERCICE N°3 Du concret ! (Tennis)

Extrait du sésamath 1<sup>er</sup> spé

Un joueur de tennis frappe dans une balle avant qu'elle touche le sol.

La trajectoire de la balle est alors définie par la parabole d'équation :

$y = -0,03x^2 + 0,3x + 0,75$  où  $x$  correspond à la distance entre le joueur de tennis et la balle et  $y$  correspond à la hauteur de la balle.

- 1) Le filet se trouve à 5 m du joueur et la hauteur du filet est de 1 m. La balle passe-t-elle au-dessus du filet ? Justifier.
- 2) Déterminer à quelle distance du joueur la balle est retombée par terre. On donnera une valeur arrondie au centième. Justifier.
- 3) À quelle(s) distance(s) du joueur la balle a-t-elle une hauteur supérieure ou égale à 1,02 m ? Justifier.



Créateur : Yann Caradec

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E04

## EXERCICE N°4 Du concret ! (Aménagement extérieur)

Extrait du sésamath 1<sup>er</sup> spé

François décide d'aménager sa piscine, qui a une forme carrée et qui mesure  $x$  mètres de côté.

Il veut acheter une bâche de sécurité, qui coûte 20 € par m<sup>2</sup>.

Il veut installer une clôture faisant tout le tour de sa piscine, à une distance de deux mètres de la piscine. Le prix est 100 € par mètre de clôture.

Enfin, il veut acheter une échelle de piscine qui coûte 150 €.

On note  $f(x)$  le prix total que François va payer.



Générée par ChatGPT

- 1) Montrer que  $f(x) = 20x^2 + 400x + 1750$ .
- 2) Combien payera-t-il si la piscine fait 5 mètres de côté ?
- 3) Quelle est la taille de la piscine s'il paye 8155 € ?

Commencer les révisions pour le Devoir Surveillé n°1 :

Relire le cours, les paragraphes III et IV (jusque la propriété n°3 incluse) sont à connaître parfaitement. C'est le moment de préparer vos questions sur les points qui pourraient vous sembler encore un peu flous.

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E05***

### ***EXERCICE N°1      Méthode de Horner : découverte***

Nous allons apprendre à factoriser rapidement l'expression développée réduite de certaines fonctions polynomiales du troisième degré.

Autrement dit on va apprendre à factoriser une expression du type  $Ax^3+Bx^2+Cx+D$  en  $(x-\alpha)(ax^2+bx+c)$  où  $A ; B ; C ; D ; \alpha ; a ; b$  et  $c$  sont tous des réels.

# FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E05

## Le principe

Soit  $\alpha$  ;  $a$  ;  $b$  et  $c$  des nombres réels

1) Développez et réduisez l'expression  $(x - \alpha)(ax^2 + bx + c)$  afin de vérifier que  
 $(x - \alpha)(ax^2 + bx + c) = ax^3 + (b - \alpha a)x^2 + (c - \alpha b)x - \alpha c$

C'est sur cette égalité qu'est basée la méthode.

Par identification :

$$a = A ;$$

$$B = b - \alpha a \text{ ou plutôt } b = B + \alpha a ;$$

$$C = c - \alpha b \text{ ou plutôt } c = C + \alpha b \text{ et}$$

$$D = -\alpha c \text{ ou plutôt } D + \alpha c = 0$$

Par conséquent si on connaît  $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$  et  $\alpha$ , on peut trouver  $ax^2 + bx + c$  en suivant le schéma suivant :



[La méthode en vidéo](#)

	$A$	$B$	$C$	$D$
$\alpha$	$\downarrow$	$\nearrow \alpha a$ $\downarrow$	$\nearrow \alpha b$ $\downarrow$	$\nearrow \alpha c$ $\downarrow$
	$a$	$b = B + \alpha a$	$c = C + \alpha b$	$D + \alpha c = 0$

**Remarque n°9.** Ça marche si on arrive à trouver  $\alpha$  (on parle alors de racine évidente)

Une « astuce » est donnée dans la vidéo : décomposer  $D$  en facteurs premiers et les tester ainsi que leur opposé.

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E05***

**On applique**

- 2) On se donne la fonction polynomiale  $f$  définie pour tout réel  $x$  par :

$$f(x) = 2x^3 - 7x^2 - 17x + 10$$

Calculez  $f(-2)$  et déduisez-en une factorisation de  $f(x)$  .

- 3) À l'aide de ce qui précède factorisez complètement  $f(x)$

# ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E05***

## ***EXERCICE N°2      Méthode de Horner : utilisation***

On donne  $g$  la fonction définie pour tout réel  $x$  par  $g(x) = x^3 + x^2 - 10x + 8$

- 1) Calculez  $g(1)$  .
- 2) En déduire la résolution dans  $\mathbb{R}$  de l'équation  $g(x) = 0$  .

## FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E05

### EXERCICE N°3 Méthode de Horner : en python

```
1 def horner(coef_poly,alpha):
2     """coef_poly = [A,B,C,D] pour Ax^3+Bx^2+Cx+D"""
3     coef_facteur = [coef_poly[0]]
4     for place in range(1,4):
5         coef_facteur.append(alpha*coef_facteur[-1]+coef_poly[place])
6     return coef_facteur
```

Utilisez la fonction [horner](#) pour résoudre l'équation  $x^3+2x^2-11x-12 = 0$  sachant que  $-1$  est une solution.

# ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

## ***EXERCICE N°1 Deux nouvelles identités remarquables***

**Le but :**

Soit  $x$  et  $a$  deux nombres réels,  $a \neq 0$  et  $n$  un entier naturel,  $n \geq 2$   
On veut factoriser  $x^n - a^n$

Pour  $n = 2$ , on sait faire :  $x^2 - a^2 = (x - a)(x + a)$

Pour  $n = 3$ , on connaît la méthode de Horner :

- 1) En remarquant que  $a$  est une racine évidente de  $x^3 - a^3$ , factoriser  $x^3 - a^3$ .



## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

Pour  $n = 4$ , on peut ... encore appliquer la méthode de Horner :

- 2) En remarquant que  $a$  est une racine évidente de  $x^4 - a^4$ , factoriser  $x^4 - a^4$ .

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

***Remarque n°10.***

On pourrait factoriser  $x^5 - a^5$ , mais on a compris que la méthode de Horner va fonctionner quelque soit la valeur de  $n$  ...

Faisons plutôt fonctionner la méthode sur un exemple :

**3)** Factoriser  $x^7 - 5^7$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

Passons à la justification de la formule générale :

(pour que les notations suivantes soient correctes, on suppose  $n > 2$  ) :

**4)** Développer et réduire l'expression suivante :

$$(x-a)(x^{n-1}+ax^{n-2}+a^2x^{n-3}+\dots+a^{n-3}x^2+a^{n-2}x+a^{n-1})$$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

***Remarque n°11.***

On dit que les termes se télescopent (retenez cela pour la suite de vos études...)

On retient donc notre première nouvelle identité remarquable :

$$x^n - a^n = (x - a)(x^{n-1} + ax^{n-2} + a^2x^{n-3} + \dots + a^{n-3}x^2 + a^{n-2}x + a^{n-1})$$

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

Le cas particulier où  $a = 1$

- 5) Réécrire la formule précédente pour  $a = 1$  (que l'on retiendra également)

## ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

On applique :

- 6) Factoriser  $x^{11} - 1$

# ***FONCTIONS POLYNOMIALES DU SECOND DEGRÉ E06***

Jouer avec les méthodes

7) En remarquant  $x^6 - a^6 = (x^3)^2 - (a^3)^2$  proposer une factorisation  $x^6 - a^6$

Penser à préparer une copie double (voir le modèle sur Landatome)

### III Le résumé du cours

Fonction  
polynôme du  
second degré,  
Trinôme

On appelle fonction polynomiale du second degré toute fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  et telle que pour tout réel  $x$ , on peut écrire

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

avec  $a, b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$

L'expression  $ax^2 + bx + c$  est appelée : Trinôme

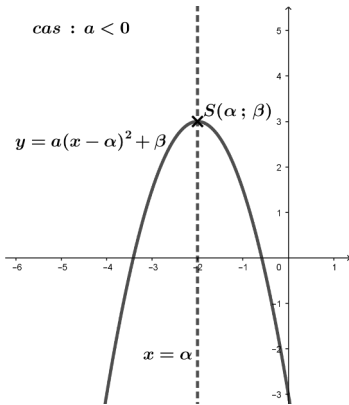
Forme canonique

Si  $f$  est une fonction polynomiale du second degré telle pour tout réel  $x$ ,  $f(x) = ax^2 + bx + c$

(avec  $a, b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$ ) alors on peut l'écrire sous

sa forme canonique :  $f(x) = a(x - \alpha)^2 + \beta$

avec  $\alpha = \frac{-b}{2a}$  et  $\beta = \frac{-(b^2 - 4ac)}{4a}$  on a aussi  $\beta = f(\alpha)$



Cliquer pour  
Visualiser  
 $y = a(x - \alpha)^2 + \beta$

Tableau de  
variation

toute fonction polynomiale du second degré est représentée par une parabole

tournée vers le bas si  $a < 0$ , tournée vers le haut si  $a > 0$ ,

de sommet  $(\alpha; \beta)$  et admettant pour axe de symétrie  $x = \alpha$

Soit  $f$  une fonction polynomiale du second degré telle pour tout réel  $x$ ,  $f(x) = ax^2 + bx + c$  (avec  $a, b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$ )

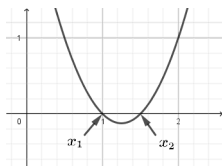
$a < 0$

$x$	$-\infty$	$\frac{-b}{2a}$	$+\infty$
$f(x)$		$f\left(\frac{-b}{2a}\right)$	

$a > 0$

$x$	$-\infty$	$\frac{-b}{2a}$	$+\infty$
$f(x)$		$f\left(\frac{-b}{2a}\right)$	

Forme factorisée



Soit  $f$  est une fonction polynomiale du second degré telle pour tout réel  $x$ ,  $f(x) = ax^2 + bx + c$  (avec  $a, b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$ )

et posons  $\Delta = b^2 - 4ac$ ,

▪ Si  $\Delta < 0$  alors  $f(x)$  n'admet pas de factorisation dans  $\mathbb{R}$

▪ Si  $\Delta = 0$  alors  $f(x) = a(x - \alpha)^2$  avec  $\alpha = \frac{-b}{2a}$

▪ Si  $\Delta > 0$  alors  $f(x) = a(x - x_1)(x - x_2)$  avec

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ et } x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$ax^2 + bx + c = 0$  (avec  $a, b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$ )

Posons  $\Delta = b^2 - 4ac$  le **discriminant** de cette équation.

$\Delta < 0$

Aucune solution réelle.

$\Delta = 0$

Une solution double :

$$\frac{-b}{2a}$$

$\Delta > 0$

Deux solutions :

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$$

et

$$x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

Équation du  
second degré



## IV Le résumé des exercices et activités

### Méthode n°1.

Pour un exemple  
(voir E02 ex4  
et M02 ex4)

### Somme et produit des racines pour factoriser

Soit  $f$  est une fonction polynomiale du second degré telle pour tout réel  $x$ ,  $f(x) = ax^2 + bx + c$  (avec  $a$ ,  $b$  et  $c$  des réels et  $a \neq 0$ ) et posons  $\Delta = b^2 - 4ac$   
Si  $\Delta > 0$  alors les racines  $x_1$  et  $x_2$  vérifient les relations :

$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a} \quad \text{et} \quad x_1 x_2 = \frac{c}{a}$$

Cas particulier : Si  $a = 1$

En posant  $S = x_1 + x_2$  et  $P = x_1 x_2$ , on peut écrire :

$$x^2 + bx + c = x^2 - Sx + P$$

### Méthode n°2.

Pour un exemple  
(voir E03 ex4  
et M03 ex4)

### Tableaux de signes et résolution d'inéquation

Pour résoudre, de manière générale une inéquation du second degré, on s'arrange pour avoir zéro dans l'un des deux membres et on factorise l'autre à l'aide du discriminant. On dresse un tableau des signes grâce à la propriété n°4 et on s'en sert pour trouver l'ensemble des solutions.

### Propriété n°3.

### Signe d'une fonction polynomiale du second degré

Soit  $f$  une fonction polynomiale de degré 2 telle que pour tout  $x \in \mathbb{R}$ ,  $f(x) = ax^2 + bx + c$  avec  $a$ ,  $b$  et  $c$  des réels,  $a \neq 0$  et possédant deux racines distinctes alors

Si  $a < 0$

$x$	$-\infty$	$x_1$	$x_2$	$+\infty$	
$f(x)$	-	0	+	0	-

Si  $a > 0$

$x$	$-\infty$	$x_1$	$x_2$	$+\infty$		
$f(x)$		+	0	-	0	+

On retient avec l'une des deux phrases suivantes :

Le trinôme est du signe de moins  $a$  entre les racines.

Ou

Le trinôme est du signe de  $a$  à l'extérieur des racines.

(Retenez en une sur les deux et oubliez l'autre!)

### Méthode n°3.

Pour un exemple  
(voir E05  
et M05)

### Méthode de Horner

Pour factoriser des expressions du type  $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$  en

$(x - \alpha)(ax^2 + bx + c)$  où  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $\alpha$ ,  $a$ ,  $b$  et  $c$  sont tous des réels.

Si on connaît  $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$  et  $\alpha$  une racine, on peut trouver  $ax^2 + bx + c$  en suivant le schéma suivant :

	$A$	$B$	$C$	$D$
$\alpha$	$\downarrow$	$\swarrow \alpha a$ $\downarrow$	$\swarrow \alpha b$ $\downarrow$	$\swarrow \alpha c$ $\downarrow$
	$a$	$b = B + \alpha a$	$c = C + \alpha b$	$D + \alpha c = 0$

$$Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = (x - \alpha)(ax^2 + bx + c)$$

### Propriété n°4.

Pour un exemple  
(voir E06  
et M06)

### Deux nouvelles identités remarquables

Pour tous réels  $x$  et  $a$  ( $a \neq 0$ ) et tout entier naturel  $n$  ( $n \geq 2$ ) :

$$x^n - a^n = (x - a)(x^{n-1} + ax^{n-2} + a^2x^{n-3} + \dots + a^{n-2}x + a^{n-1})$$

En particulier :

$$x^n - 1 = (x - a)(x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x + 1)$$



Cliquez-moi