

Edition 2021

mathématiques

Seconde générale

Stéphane Pasquet

**Avec
programmes
Python**



Sommaire

1 Multiples, diviseurs et nombres premiers	1
2 Les nombres réels	24
3 Calcul littéral	54
4 Repérage dans le plan	94
5 Vecteurs	112
6 Équations cartésiennes de droites, systèmes linéaires	154
7 Généralités sur les fonctions	175
8 Fonctions affines et linéaires. Tableaux de signes.	206
9 Fonctions de référence	229
10 Fonctions carrés	273
11 Pourcentages et statistiques	288
12 Probabilités	319
13 Échantillonnage	342

☞ 229 exercices entièrement corrigés

Préface

Le programme de l'enseignement commun de mathématiques en Seconde rentrant en vigueur lors de la réforme du lycée offre une certaine liberté aux enseignants quant à la façon dont ils abordent les notions.

C'est la raison pour laquelle le plan de ce livre ne coïncidera sans doute pas avec celui de l'enseignant-e du lycée.

J'ai toutefois tenté de le structurer de la manière la plus pratique possible. Bien entendu, toute remarque constructive est bonne à prendre donc il ne faudra pas hésiter à laisser vos commentaires sur le site <https://www.mathweb.fr>, seul site sur lequel est vendu ce livre au prix de 10 €.

Les exercices ne sont pas classés par niveau de difficultés : c'est un choix délibéré car ce qui est jugé simple par un-e enseignant-e peut être perçu comme compliqué par un-e élève, et je ne cherche pas à dévaloriser qui que ce soit.

Chaque exercice a son importance : certains sont des applications directes du cours, d'autres sont des exercices de réflexion.

Cette édition est revue et augmentée par rapport à la précédente (parue en 2019) : j'ai ajouté des exercices conformes à ce que pourrait proposer un-e enseignant-e, j'en ai supprimé d'autres (jugés trop anciens et non conformes aux attentes réelles du programme) et j'ai corrigé quelques coquilles. Il se peut cependant qu'il en reste ; n'hésitez donc surtout pas à me les signaler sur mon site internet.

Si vous souhaitez mettre l'accent sur l'apprentissage de Python en mathématiques, n'oubliez pas qu'un livre est spécialement dédié à cela. Il est disponible sur la page :

<https://www.mathweb.fr/euclide/produit/python-en-mathematiques-au-lycee/>

Très bon travail !

Stéphane Pasquet.

Protection du livre : ce livre est soumis au droit d'auteur. Vous n'avez pas le droit de le reproduire ou de reproduire son contenu à des fins de distributions (commerciales ou non). Les fichiers sources sont vendus sur <https://www.mathweb.fr> mais sont destinés uniquement à reproduire une partie de l'ouvrage (quelques énoncés) à des fins pédagogiques. Le non respect de ce dernier point entraînera systématiquement un dépôt de plainte.

Date d'édition : 6 juin 2021.

Multiples, diviseurs et nombres premiers



Plan du chapitre

I	Multiples et diviseurs	2
1	Définitions	2
2	Critères de divisibilité	2
a	Critère de divisibilité par 2	2
b	Critère de divisibilité par 3	3
c	Critère de divisibilité par 5	3
d	Une propriété importante	3
3	Somme de deux multiples	4
4	Carré d'un nombre impair	4
II	ppcm et pgcd	5
1	ppcm	5
2	pgcd	5
III	Nombres premiers	7
1	Définition	7
2	Décomposition en produit de facteurs premiers	7
	Exercices	9
	Corrigés	15

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser principalement aux nombres entiers.

1 - Multiples et diviseurs

1.1 - Définitions

Définition 1

Soit n un nombre entier (naturel ou relatif).

- On appelle **diviseurs** de n tous les nombres entiers q tels que le quotient de n par q est entier.
- On appelle **multiples** de n tous les nombres de la forme $k \times n$, où k est entier.

Exemple 1

1 2 est un diviseur de 12 car $\frac{12}{2} = 6$ et 6 est un nombre entier.

2 45 est un multiple de 9 car $45 = 5 \times 9$.

Remarque 1

Si q est un diviseur de n alors on dit que n est *divisible* par q .

1.2 - Critères de divisibilité

Définition 2

Un **critère de divisibilité** est une règle permettant de savoir si un entier est divisible par un autre entier.

1.2.a - Critère de divisibilité par 2

Propriété 1

Un entier est divisible par 2 si son chiffre des unités est 0, 2, 4, 6 ou 8.

Exemple 2

1 78 est divisible par 2 car son chiffre des unités est 8.

2 106 est divisible par 2 car son chiffre des unités est 6.

Remarque 2

Quand un entier est divisible par 2, on dit qu'il est pair.
Sinon, on dit qu'il est impair.

Propriété 2

Si n est pair alors il existe un entier k tel que $n = 2k$.

Si n est impair alors il existe un entier k tel que $n = 2k + 1$.

1. 2. b - Critère de divisibilité par 3

Propriété 3

Un entier est divisible par 3 si la somme de ses chiffres est elle-même divisible par 3.

Exemple 3

- 1 123 est divisible par 3 car la somme de ses chiffres est $1 + 2 + 3 = 6$, et 6 est divisible par 3.
- 2 10 101 est divisible par 3 car la somme de ses chiffres $1 + 0 + 1 + 0 + 1 = 3$ est divisible par 3.

1. 2. c - Critère de divisibilité par 5

Propriété 4

Un entier est divisible par 5 si son chiffre des unités est 0 ou 5.

Exemple 4

- 1 125 est divisible par 5 car son chiffre des unités est 5.
- 2 10 100 est divisible par 5 son chiffre des unités est 0.

1. 2. d - Une propriété importante

Propriété 5

Soient p et q deux entiers premiers entre eux. Un entier n est divisible par $p \times q$ si et seulement si il est divisible par p et par q .

Exemple 5

- 1 312 est divisible par 2 et par 3 donc il est divisible par 6.
- 2 455 est divisible par 35 donc il est divisible par 7 et par 5.

1.3 - Somme de deux multiples

Propriété 6

Soient a un entier relatif.

Soient m et n deux entiers multiples de a .

Alors $m + n$ est un multiple de a .

Démonstration 1

m est un multiple de a donc il existe un entier k tel que $m = ka$.

De même, n est un multiple de a donc il existe un entier k' tel que $n = k'a$.

Ainsi,

$$m + n = ka + k'a = (k + k')a.$$

Or, k et k' sont entiers, donc $k + k'$ aussi. Ainsi, $(k + k')a$ est un multiple de a .

Donc $m + n$ est un multiple de a .

1.4 - Carré d'un nombre impair

Propriété 7

Soit a un nombre impair.

Alors, a^2 est impair.

Démonstration 2

Si a est impair alors il existe un entier k tel que :

$$a = 2k + 1.$$

Ainsi,

$$a^2 = (2k + 1)^2 = (2k)^2 + 2 \times 2k \times 1 + 1^2 = 4k^2 + 4k + 1 = 2(2k^2 + 2k) + 1.$$

Donc a^2 est de la forme $2N + 1$, avec $N = 2k^2 + 2k$. a est donc impair.

II - PPCM et PGCD

II.1 - PPCM

Définition 3

Soient a et b deux entiers.

On appelle **ppcm** (plus petit commun multiple) de a et b le plus petit nombre m qui est à la fois multiple de a et de b .

On le note $\text{ppcm}(a; b)$.

Exemple 6

Si $a = 6$ et $b = 15$ alors $\text{ppcm}(6; 15) = 30$ car :

- les multiples de 6 sont : 6, 12, 18, 24, 30, 36, etc.
- les multiples de 15 sont : 15, 30, 45, etc.

Le plus petit multiple commun est donc 30.

II.2 - PGCD

Définition 4

Soient a et b deux entiers.

On appelle **pgcd** (plus grand commun diviseur) de a et b le plus grand nombre d qui divise à la fois a et b .

On le note $\text{pgcd}(a; b)$.

Exemple 7

Si $a = 210$ et $b = 49$ alors $\text{pgcd}(210; 49) = 7$ car :

- $210 = 2 \times 3 \times 5 \times 7$. Les diviseurs de 210 sont donc :

1	5	$2 \times 5 = 10$	$7 \times 3 = 21$	$2 \times 3 \times 7 = 42$
2	$2 \times 3 = 6$	$7 \times 2 = 14$	$2 \times 3 \times 5 = 30$	$3 \times 5 \times 7 = 105$
3	7	$5 \times 3 = 15$	$5 \times 7 = 35$	210.

- $49 = 7 \times 7$

Ainsi, le plus grand diviseur commun est 7.

Remarque 3

Dans la pratique, on n'énumère pas les diviseurs car la liste peut être très longue. On préférera utiliser la propriété suivante.

Propriété 8

Soient a et b deux entiers naturels tels que $a = bq + r$, $0 \leq r < b$ et q entier.
Alors, $\text{pgcd}(a; b) = \text{pgcd}(b; r)$.

Pour calculer le pgcd de deux nombres, on utilisera la propriété précédente autant que nécessaire.
Par exemple, pour calculer $\text{pgcd}(126; 24)$:

- on écrit d'abord que $126 = 5 \times 24 + 6$, donc $\text{pgcd}(126; 24) = \text{pgcd}(24; 6)$;
- on écrit ensuite que $24 = 4 \times 6 + 0$, donc $\text{pgcd}(24; 6) = \text{pgcd}(6; 0) = 6$.

L'écriture $a = bq + r$ est appelée la *division euclidienne* de a par b .

Le fait d'écrire les divisions euclidiennes successives tel que nous l'avons fait constitue ce que l'on nomme l'*algorithme d'Euclide*.

Propriété 9

Soient a et b deux entiers naturels. Alors, $\text{pgcd}(a; b)$ est le dernier reste non nul dans l'algorithme d'Euclide.

Exemple 8

$a = 775$ et $b = 372$.

L'algorithme d'Euclide donne :

$$775 = 2 \times 372 + 31$$

$$372 = 12 \times 31 + 0.$$

Le dernier reste non nul est 31 donc $\text{pgcd}(775; 372) = 31$.

Propriété 10

$$\text{pgcd}(a; b) = 1 \iff \frac{a}{b} \text{ est irréductible.}$$

Si $\frac{a}{b}$ n'est pas irréductible alors on divise a et b par $\text{pgcd}(a; b)$ pour simplifier au maximum la fraction.

Exemple 9

$$\text{pgcd}(775; 372) = 31 \text{ (voir exemple précédent) donc } \frac{775}{372} = \frac{775 \div 31}{372 \div 31} = \frac{25}{12}.$$

Propriété 11

Pour tous entiers naturels a et b ,

$$\text{ppcm}(a; b) \times \text{pgcd}(a; b) = ab.$$

III - Nombres premiers

III.1 - Définition

Définition 5

Un entier naturel est **premier** s'il admet deux uniques diviseurs : 1 et lui-même.

Remarque 4

Le nombre « 1 » n'est pas premier car il n'admet qu'un seul diviseur (et non 2).

La liste des nombres premiers commence ainsi :

2 ; 3 ; 5 ; 7 ; 11 ; 13 ; 17 ; 19 ; 23 ; ...

Remarque 5

Cette liste ne s'arrête pas ; on dit que l'ensemble des nombres premiers est infini (mais ce n'est pas au programme...).

III.2 - Décomposition en produit de facteurs premiers

Propriété 12

Tout entier naturel a s'écrit de manière unique sous la forme :

$$a = p_1^{\alpha_1} \times p_2^{\alpha_2} \times p_n^{\alpha_n}$$

où p_1, p_2, \dots, p_n sont des nombres premiers et où $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ sont des entiers naturels.

Exemple 10

$$360 = 2^3 \times 3^2 \times 5.$$

Pour trouver cette décomposition, on peut diviser autant que nécessaire par 2, puis par 3, puis par 5, etc.

	360	2	← on divise par 2 car 360 est pair
résultat de $360 \div 2 \rightarrow$	180	2	← on divise par 2 car 180 est pair
résultat de $180 \div 2 \rightarrow$	90	2	← on divise par 2 car 90 est pair
résultat de $90 \div 2 \rightarrow$	45	3	← on divise par 3 car 45 n'est plus divisible par 2, donc on passe au nombre premier suivant
résultat de $45 \div 3$	15	3	← on continue à diviser par 3
résultat de $15 \div 3$	5	5	← on passe à 5, qui vient après 3
résultat de $5 \div 5$	1	1	← on s'arrête quand on obtient 1.

On a ainsi obtenu que $360 = 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 5$ (on regarde les nombres de droite).

Multiples et diviseurs

Exercice 1.1 (multiples et diviseurs)

Compléter les propositions suivantes à l'aide de l'un des mots : « multiple » ou « diviseur ».

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 45 est un ... de 180. | 4 121 est un ... de 11. |
| 2 3 est un ... de 18. | 5 2 est un ... de 78. |
| 3 50 est un ... de 5. | 6 9 est un ... de 3. |

Solution page 15

Exercice 1.2 (fraction mystère)

Soit la fraction $A = \frac{45\boxed{?}}{357}$.

Déterminer toutes les valeurs que peut prendre le chiffre manquant afin que la fraction A soit irréductible.

Solution page 15

Exercice 1.3 (nombre parfait)

Un nombre parfait est un nombre égal à la somme de tous ses diviseurs, excepté lui-même.

- 1** Vérifier que 6 est un nombre parfait.
- 2** 18 est-il parfait?

Solution page 15

Exercice 1.4 (nombres amicaux)

On dit que deux nombres entiers sont amicaux si la somme des diviseurs de l'un (excepté lui-même) est égal à l'autre.

- 1** Vérifier que 284 et 220 sont amicaux.
- 2** Trouver le nombre x tel que x et 27 soient amicaux.

Solution page 15

Exercice 1.5 (trouver deux multiples de 11)

Déterminer deux nombres x et y multiples de 11, avec $x < y$, tels que $x + y = 132$.

Solution page 16

Exercice 1.6 (divisibilité)

Démontrer que la somme de trois entiers consécutifs est toujours divisible par 3.

Solution page 16

Exercice 1.7 (divisibilité)

On considère un entier naturel n s'écrivant avec 5 chiffres : $n = abcde$.

- 1 Vérifier que $10\,000 = 11k + 1$ et $100 = 11k' + 1$, où k et k' sont deux entiers naturels.
- 2 Vérifier que $1\,000 = 11q - 1$, où q est un entier naturel.
- 3 En déduire l'équivalence suivante :

n est divisible par 11 $\iff (e + c + a) - (d + b)$ est divisible par 11.

- 4 71 632 est-il divisible par 11 ?

Solution page 16

Exercice 1.8 (programme Python mystère)

Qu'affiche le programme Python suivant ?

Code Python 1-1

```
1 for i in range(1,501):
2     if 500%i == 0:
3         print(i)
```

Je rappelle que :

- $\text{range}(a, b)$ désigne tous les nombres entiers de a et $b - 1$;
- $a \% b$ désigne le reste de la division euclidienne de a par b .

Solution page 16

Exercice 1.9 (programme Python mystère)

Que fait la fonction `mystere` Python suivante ?

Code Python 1-2

```
1 def mystere(n):
2     for i in range(2,n):
3         if n % i == 0:
4             return False
5     return True
```

Solution page 17

PGCD

Exercice 1.10 (PGCD)

Calculer le PGCD des nombres a et b pour chacune des questions suivantes.

1 $a = 1\,756$ et $b = 1\,317$.

3 $a = 825$ et $b = 305$.

5 $a = 1\,002$ et $b = 2\,001$.

2 $a = 1\,025$ et $b = 719$.

4 $a = 742$ et $b = 72$.

6 $a = 945$ et $b = 123$.

Solution page 17

Exercice 1.11 (PGCD et simplification de fractions)

En utilisant la notion de PGCD, simplifier au maximum les fractions suivantes.

1 $\frac{756}{441}$

2 $\frac{1\,152}{1\,656}$

3 $\frac{3\,852}{1\,498}$

4 $\frac{20\,755}{9\,488}$

Solution page 18

Exercice 1.12 (PGCD et musique)

Un chef d'orchestre fait répéter 372 choristes hommes et 775 choristes femmes pour un concert. Il veut faire des groupes de répétition de sorte que :

- le nombre de choristes femmes est le même dans chaque groupe ;
- le nombre de choristes hommes est le même dans chaque groupe ;
- chaque choriste appartient à un unique groupe.

1 Quel nombre maximal de groupes pourra-t-il faire ?

2 Combien y aura-t-il alors de choristes hommes et femmes dans chaque groupe ?

Solution page 19

Exercice 1.13 (PGCD et chocolat)

Un chocolatier désire préparer un assortiment de chocolats blancs et chocolats noirs, qu'il mettra dans des boîtes.

Pour cela, il dispose en tout de 3 036 chocolats noirs et 1 056 chocolats blancs et il souhaite tous les utiliser.

1 Combien de boîtes pourra-t-il constituer ?

2 Calculer le nombre de chocolats noirs et de chocolats blancs qu'il y aura dans chacune des boîtes.

Solution page 20

Exercice 1.14 (PGCD et pâtisserie)

Un pâtissier dispose de 411 framboises et de 685 fraises. Afin de préparer des tartelettes, il désire répartir ces fruits en les utilisant tous et en obtenant le maximum de tartelettes identiques.

- 1 Calculer le nombre de tartelettes.
- 2 Calculer le nombre de framboises et de fraises sur chaque tartelette.

Solution page 20

Exercice 1.15 (PGCD et salle de bain)

Dans une salle de bain, on veut recouvrir le mur situé au-dessus de la baignoire avec un nombre entier de carreaux de faïence de forme carrée dont le côté est un nombre entier de centimètres le plus grand possible.

- 1 Déterminer la longueur du côté d'un carreau sachant que le mur mesure 210 cm de hauteur et 135 cm de largeur.
- 2 Combien faudra-t-il alors de carreaux?

Solution page 20

Exercice 1.16 (programme Python mystère)

On considère le programme Python suivant :

```
Code Python 1-3

1 def euclide(a,b):
2     if a < 0 or b < 0:
3         return False
4     if a < b:
5         a , b = b , a # on intervertit les valeurs de a et b
6
7     while b != 0:
8         a , b = b , a % b
9
10    return a
```

- 1 Exécutez pas à pas la fonction euclide(12,21).
- 2 Que représente le nombre renvoyée par euclide(a,b) ?

Solution page 21

Nombres premiers

Exercice 1.17 (reconnaitre un nombre premier)

Les nombres suivants sont-ils premiers ?

1 97

2 101

3 113

4 73

Solution page 21

Exercice 1.18 (décomposition en produit de facteurs premiers)

Décomposez en produit de facteurs premiers les nombres suivants :

1 75

2 102

3 17 640

4 11 375

Solution page 21

Exercice 1.19 (programme Python mystère)

On considère le programme Python suivant :

Code Python 1-4

```
1 def is_prime(n , L):
2     # n est un nombre, L est une liste
3     for p in L:
4         if n % p == 0:
5             return False
6
7     return True
8
9 def liste(n):
10    L = [] # liste vide
11    for k in range(2,n+1):
12        if is_prime(k , L) == True:
13            L.append(k)
14
15    return L
```

Rappelons que l'instruction « L.append(k) » insère la valeur de k dans la liste L.

Qu'affiche l'instruction suivante dans une console Python ?

```
>>> liste(100)
```

Solution page 22

Exercice 1.20 (un test de primalité)

On souhaite démontrer la propriété suivante :

Soit n un entier naturel non nul.

Si, pour tout entier k inférieur ou égal à \sqrt{n} , n n'est pas divisible par k alors n est un nombre premier.

Nous allons faire un raisonnement par l'absurde, c'est-à-dire que l'on suppose qu'aucun entier k inférieur à \sqrt{n} divise n tout en ayant n non premier.

Cela suppose qu'il existe un entier q tel que $n = k \times q$, avec $k > \sqrt{n}$.

- 1 Montrer alors que q est nécessairement inférieur ou égal à \sqrt{n} .
- 2 Conclure.
- 3 En utilisant cette propriété, montrer que 1 973 est un nombre premier.

Solution page 22

Exercice 1.21 (infinitude des nombres premiers)

On note \mathbb{P} l'ensemble des nombres premiers. Nous souhaitons démontrer que cet ensemble est infini, c'est-à-dire qu'il existe une infinité de nombres premiers. Nous allons faire un *raisonnement par l'absurde*... Laissez-vous guider par les questions.

On suppose que $\mathbb{P} = \{p_1 ; p_2 ; \dots ; p_n\}$, donc que cet ensemble n'est pas infini. Nous allons démontrer que ce n'est pas possible.

On note $x = p_1 \times p_2 \times p_3 \times \dots \times p_n + 1$.

- 1 Justifier que le reste de la division euclidienne de x par p_1 est égal à 1.
- 2 Que dire du reste de la division euclidienne de x par p_2, p_3, \dots, p_n ?
- 3 Que peut-on en déduire alors sur x ? Est-ce possible? Conclure.

Solution page 23

Corrigé de l'exercice 1.1 page 9

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 45 est un diviseur de 180. | 4 121 est un multiple de 11. |
| 2 3 est un diviseur de 18. | 5 2 est un diviseur de 78. |
| 3 50 est un multiple de 5. | 6 9 est un multiple de 3. |

Corrigé de l'exercice 1.2 page 9

$357 = 3 \times 7 \times 17$; ainsi, le numérateur ne doit pas être divisible par 3, 7 et 17.
Notons x le chiffre manquant.

- pas divisible par 3, donc la somme de ses chiffres ne doit pas être divisible par 3.

$$4 + 5 + x = 9 + x$$

donc x ne doit pas être égal à 3, 6 ou 9. Donc x peut être égal à :

0, 1, 2, 4, 5, 7, 8.

- 450 n'est divisible ni par 7, ni par 17 donc $x = 0$ est possible;
451 n'est divisible ni par 7, ni par 17 donc $x = 1$ est possible;
452 n'est divisible ni par 7, ni par 17 donc $x = 2$ est possible;
454 n'est divisible ni par 7, ni par 17 donc $x = 4$ est possible;
455 est divisible par 7 donc $x \neq 0$;
457 n'est divisible ni par 7, ni par 17 donc $x = 7$ est possible;
458 n'est divisible ni par 7, ni par 17 donc $x = 8$ est possible.

Corrigé de l'exercice 1.3 page 9

- Les diviseurs de 6 sont : 1, 2, 3 et 6.
De plus, $1 + 2 + 3 = 6$ donc 6 est un nombre parfait.
- Les diviseurs de 18 sont : 1, 2, 3, 6, 9 et 18.
Or, $1 + 2 + 3 + 6 + 9 = 21$ donc 18 n'est pas parfait.

Corrigé de l'exercice 1.4 page 9

- Les diviseurs de 284 sont : 1, 2, 4, 71, 142 et 284.
De plus, $1 + 2 + 4 + 71 + 142 = 220$, donc 220 et 284 sont amicaux.
- Les diviseurs de 27 sont : 1, 3, 9 et 27.
Or, $1 + 3 + 9 = 13$ donc 13 et 27 sont amicaux.

Corrigé de l'exercice 1.5 page 9

Il existe deux entiers k et k' tels que $x = 11k$ et $y = 11k'$ car x et y sont multiples de 11.

$$x + y = 132 \iff 11(k + k') = 132 \iff k + k' = \frac{132}{11} = 12.$$

De plus, $x < y$ donc $k < k'$. Les différentes valeurs pour k et k' sont :

$$k = 0 \text{ et } k' = 12;$$

$$k = 1 \text{ et } k' = 11;$$

$$k = 2 \text{ et } k' = 10;$$

$$k = 3 \text{ et } k' = 9;$$

$$k = 4 \text{ et } k' = 8;$$

$$k = 5 \text{ et } k' = 7.$$

Corrigé de l'exercice 1.6 page 10

Notons $n - 1$, n et $n + 1$ trois entiers consécutifs quelconques. Leur somme est donc :

$$n - 1 + n + n + 1 = 3n.$$

Ainsi, la somme est un multiple de 3 (car n est un entier). Elle est donc toujours divisible par 3.

Corrigé de l'exercice 1.7 page 10

1 $10000 = 909 \times 11 + 1$ et $100 = 9 \times 11 + 1$.

2 $1000 = 91 \times 11 - 1$.

3
$$\begin{aligned} n &= 10^4 a + 10^3 b + 10^2 c + 10d + e \\ &= (909 \times 11 + 1)a + (91 \times 11 - 1)b + (9 \times 11 + 1)c + (11 - 1)d + e \\ &= 909 \times 11a + a + 91 \times 11b - b + 9 \times 11c + c + 11d - d + e \\ &= 11(909a + 91b + 9c + d) + a - b + c - d + e \\ &= 11(909a + 91b + 9c + d) + (a + c + e) - (b + d) \end{aligned}$$

Ainsi, n est divisible par 11 uniquement si $(a + c + e) - (b + d)$ l'est aussi, ce qui justifie l'équivalence.

4 $2 + 6 + 7 = 15$ et $3 + 1 = 4$; de plus, $15 - 4 = 11$, résultat divisible par 11, donc 71 632 est divisible par 11.

Corrigé de l'exercice 1.8 page 10

Ce programme parcourt tous les nombres entiers de 1 à 500 et pour chacun d'eux, teste si le reste de la division euclidienne de 500 par le nombre est nul, auquel cas cela signifie que 500 est divisible par le nombre et ce dernier est affiché.

Ainsi, le programme affiche tous les diviseurs de 500.

Corrigé de l'exercice 1.9 page 10

Expliquons pas à pas chaque ligne du programme :

- `def mystere(n):`
Une fonction est ici définie : elle admet pour « variable » n (on dit que c'est un *argument* de la fonction Python).
- `for i in range(2,n):`
« for » désigne une *boucle itérative* (« Pour »). Ici, la variable i va prendre ses valeurs dans `range(2,n)`, c'est-à-dire dans la liste $[2, 3, 4, \dots, n-1]$. Donc i vaudra successivement 2, 3, 4, etc. jusqu'à $n-1$.
- `if a % i == 0:`
À chaque itération, c'est-à-dire à chaque fois que i prendra une nouvelle valeur, on teste si le reste de la division euclidienne de n par i vaut « 0 », c'est-à-dire si n est divisible par i . Si c'est le cas, on exécute l'instruction suivante (à savoir : « `return False` »). La fonction renvoie donc ici « False » si n est divisible par i .
- `return True`
Cette instruction est en dehors de la boucle itérative « `for i in range(2,n)` » : elle s'exécute donc si on sort de la boucle, c'est-à-dire si la fonction n'a pas renvoyé « False ».

À la vue de tout ceci, on peut alors dire que la fonction renvoie « False » s'il existe un diviseur de l'argument n , et renvoie « True » dans le cas contraire.

Ce programme teste donc si n est un nombre premier : elle renvoie « True » si c'est le cas, et « False » dans le cas contraire.

Corrigé de l'exercice 1.10 page 11

- 1** Calculons pgcd(1756; 1317) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$1756 = 1 \times 1317 + 439$$

$$1317 = 3 \times 439 + 0$$

On en déduit que pgcd(1756; 1317) = 439.

- 2** Calculons pgcd(1025; 719) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$1025 = 1 \times 719 + 306$$

$$719 = 2 \times 306 + 107$$

$$306 = 2 \times 107 + 92$$

$$107 = 1 \times 92 + 15$$

$$92 = 6 \times 15 + 2$$

$$15 = 7 \times 2 + 1$$

$$2 = 2 \times 1 + 0$$

On en déduit que pgcd(1025; 719) = 1.

3 Calculons pgcd (825; 305) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$825 = 2 \times 305 + 215$$

$$305 = 1 \times 215 + 90$$

$$215 = 2 \times 90 + 35$$

$$90 = 2 \times 35 + 20$$

$$35 = 1 \times 20 + 15$$

$$20 = 1 \times 15 + 5$$

$$15 = 3 \times 5 + 0$$

On en déduit que pgcd (825; 305) = 5.

4 Calculons pgcd (742; 72) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$742 = 10 \times 72 + 22$$

$$72 = 3 \times 22 + 6$$

$$22 = 3 \times 6 + 4$$

$$6 = 1 \times 4 + 2$$

$$4 = 2 \times 2 + 0$$

On en déduit que pgcd (742; 72) = 2.

5 Calculons pgcd (1002; 2001) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$2001 = 1 \times 1002 + 999$$

$$1002 = 1 \times 999 + 3$$

$$999 = 333 \times 3 + 0$$

On en déduit que pgcd (1002; 2001) = 3.

6 Calculons pgcd (945; 123) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$945 = 7 \times 123 + 84$$

$$123 = 1 \times 84 + 39$$

$$84 = 2 \times 39 + 6$$

$$39 = 6 \times 6 + 3$$

$$6 = 2 \times 3 + 0$$

On en déduit que pgcd (945; 123) = 3.

Corrigé de l'exercice 1.1) page 11

1 Calculons pgcd (756; 441) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$756 = 1 \times 441 + 315$$

$$441 = 1 \times 315 + 126$$

$$315 = 2 \times 126 + 63$$

$$126 = 2 \times 63 + 0$$

On en déduit que pgcd (756; 441) = 63.

$$\text{Donc } \frac{756}{441} = \frac{756 \div 63}{441 \div 63} = \frac{12}{7}.$$

2 Calculons pgcd (1152; 1656) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$1656 = 1 \times 1152 + 504$$

$$1152 = 2 \times 504 + 144$$

$$504 = 3 \times 144 + 72$$

$$144 = 2 \times 72 + 0$$

On en déduit que $\text{pgcd}(1152; 1656) = 72$.

$$\text{Donc } \frac{1152}{1656} = \frac{1152 \div 72}{1656 \div 72} = \frac{16}{23}.$$

3 Calculons pgcd (3852; 1498) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$3852 = 2 \times 1498 + 856$$

$$1498 = 1 \times 856 + 642$$

$$856 = 1 \times 642 + 214$$

$$642 = 3 \times 214 + 0$$

On en déduit que $\text{pgcd}(3852; 1498) = 214$.

$$\text{Donc } \frac{3852}{1498} = \frac{3852 \div 214}{1498 \div 214} = \frac{18}{7}.$$

4 Calculons pgcd (20755; 9488) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$20755 = 2 \times 9488 + 1779$$

$$9488 = 5 \times 1779 + 593$$

$$1779 = 3 \times 593 + 0$$

On en déduit que $\text{pgcd}(20755; 9488) = 593$.

$$\text{Donc } \frac{20755}{9488} = \frac{20755 \div 593}{9488 \div 593} = \frac{35}{16}.$$

Corrigé de l'exercice 1.12 page 11

1 Le nombre de groupes créés est nécessairement un diviseur de 775 et 372 (afin de pouvoir partager les groupes des hommes et des femmes). De plus, il faut que ce nombre soit maximal; il s'agit donc du PGCD de 372 et 775.

Calculons pgcd (775; 372) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$775 = 2 \times 372 + 31$$

$$372 = 12 \times 31 + 0$$

On en déduit que $\text{pgcd}(775; 372) = 31$.

Ainsi, il peut faire au maximum 31 groupes de répétition.

2 $775 \div 31 = 25$ et $372 \div 31 = 12$.

Ainsi, il y aura 25 femmes et 12 hommes dans chaque groupe.

Corrigé de l'exercice 1.13 page 11

- 1** Calculons pgcd (3036; 1056) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$3036 = 2 \times 1056 + 924$$

$$1056 = 1 \times 924 + 132$$

$$924 = 7 \times 132 + 0$$

On en déduit que pgcd (3036; 1056) = 132.

Le chocolatier pourra donc constituer 132 boîtes au maximum.

2 $\frac{3036}{132} = 23$ et $\frac{1056}{132} = 8$.

Ainsi, il y aura 23 chocolats noirs et 8 chocolats blancs dans chacune des boîtes.

Corrigé de l'exercice 1.14 page 12

- 1** Calculons pgcd (411; 685) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$685 = 1 \times 411 + 274$$

$$411 = 1 \times 274 + 137$$

$$274 = 2 \times 137 + 0$$

On en déduit que pgcd (411; 685) = 137.

Il pourra donc faire au maximum 137 tartelettes.

- 2** $411 \div 137 = 3$ et $685 \div 137 = 5$; il y aura donc 3 framboises et 5 fraises sur chaque tartelette.

Corrigé de l'exercice 1.15 page 12

- 1** La longueur d'un carreau doit diviser à la fois 210 cm (la hauteur du mur) et 135 cm (la largeur). De plus, il faut qu'elle soit la plus grande possible. Elle est donc égale à pgcd (210; 135).

Calculons pgcd (210; 135) à l'aide de l'algorithme d'Euclide.

$$210 = 1 \times 135 + 75$$

$$135 = 1 \times 75 + 60$$

$$75 = 1 \times 60 + 15$$

$$60 = 4 \times 15 + 0$$

On en déduit que pgcd (210; 135) = 15.

Un carreau doit donc mesurer 15 cm de côté.

- 2** $210 \div 15 = 14$ et $135 \div 15 = 9$ donc il doit y avoir 14 carreau en hauteur et 9 carreaux en largeur, soit $14 \times 9 = 126$ carreaux en tout.

Corrigé de l'exercice 1.16 page 12

- 1** Exécutons pas à pas la fonction `euclide(12, 21)` : il y a avant tout un test pour savoir si a ou b est strictement négatif. Ici, ce n'est pas le cas car $a = 12$ et $b = 21$.

Ensuite, il y a un test pour savoir si $a < b$: c'est en effet le cas, on exécute l'instruction suivante. a et b sont alors intervertis. Ainsi, $a = 21$ et $b = 12$.

S'en suit une boucle conditionnelle « `while` » : tant que b est différent de 0, on exécute les instructions suivantes. On peut présenter les résultats successifs dans un tableau :

$b \neq 0$	-	Vrai	Vrai	Vrai	Faux
a	21	12	9	3	-
b	21	$21 \% 12 = 9$	$12 \% 9 = 3$	$9 \% 3 = 0$	-

La fonction renvoie la dernière valeur de a , c'est-à-dire « 3 ».

- 2** Sur l'exemple précédent, on reconnaît l'algorithme d'Euclide (d'où le nom de la fonction). Cet algorithme renvoie le $\text{pgcd}(a; b)$; c'est la valeur renvoyée par la fonction `euclide(a, b)`.

Corrigé de l'exercice 1.17 page 13

- 1** 97 n'admet pas de diviseurs autre que 1 et 97 ; il est donc premier.
2 101 n'admet pas de diviseurs autre que 1 et 101 ; il est donc premier.
3 113 n'admet pas de diviseurs autre que 1 et 113 ; il est donc premier.
4 73 n'admet pas de diviseurs autre que 1 et 73 ; il est donc premier.

Corrigé de l'exercice 1.18 page 13

1
$$\begin{array}{r|l} 75 & 3 \\ 25 & 5 \\ 5 & 5 \\ 1 & \end{array}$$

Donc $75 = 3 \times 5^2$.

2
$$\begin{array}{r|l} 102 & 2 \\ 51 & 3 \\ 17 & 17 \\ 1 & \end{array}$$

Donc $102 = 2 \times 3 \times 17$.

3
$$\begin{array}{r|l} 17\,640 & 2 \\ 8\,820 & 2 \\ 4\,410 & 2 \\ 2\,205 & 3 \\ 735 & 3 \\ 245 & 5 \\ 49 & 7 \\ 7 & 7 \\ 1 & \end{array}$$

Donc $17\,640 = 2^3 \times 3^2 \times 5 \times 7^2$.

4
$$\begin{array}{r|l} 11\,375 & 5 \\ 2\,275 & 5 \\ 455 & 5 \\ 91 & 7 \\ 13 & 13 \\ 1 & \end{array}$$

Donc $11\,375 = 5^3 \times 7 \times 13^2$.

Corrigé de l'exercice 1.19 page 13

Dans ce programme il y a deux fonctions :

```
def is_prime(n , L):  
    # n est un nombre, L est une liste  
    for p in L:  
        if n % p == 0:  
            return False  
  
    return True
```

On définit ici une fonction prenant deux arguments : un nombre n et une liste L .

Dans la boucle itérative « `for p in L:` », qui parcourt toute la liste L élément par élément, on teste si « `n % p == 0` » c'est-à-dire si le reste de la division euclidienne de n par p est nul, donc si n est divisible par p . Cela sous-entend donc que L est une liste de nombres.

Si tel est le cas, c'est-à-dire si n est divisible par p , la fonction retourne « `False` ».

Une fois la liste L parcourue, si on sort du test « `if n % p == 0` », c'est que n n'est divisible par aucun nombre de la liste L , et la fonction renvoie « `True` ».

```
def liste(n):  
    L = [] # liste vide  
    for k in range(2,n+1):  
        if is_prime(k , L) == True:  
            L.append(k)  
  
    return L
```

On initialise une liste vide L .

Ensuite, il y a une boucle itérative `for k in range(2,n+1):` qui signifie que l'on parcourt tous les nombres entiers de 2 à n . Pour chacun d'eux, on fait appel à la fonction `is_prime` et on teste si elle renvoie « `True` »; si tel est le cas, on ajoute à la liste L le nombre k courant à l'aide de l'instruction `L.append(k)`.

On construit ainsi une liste de nombres qui ne sont pas divisibles par les éléments de cette même liste : ce sont les nombres premiers inférieurs ou égaux à n .

Corrigé de l'exercice 1.20 page 14

- 1** Si n n'est pas premier et si n n'admet aucun diviseur inférieur ou égal à \sqrt{n} , cela signifie que :

$$n = k \times q$$

avec $k \geq \sqrt{n}$.

En multipliant cette inégalité par q , on a :

$$\underbrace{k \times q}_{= n} \geq \sqrt{n} \times q$$

et donc :

$$n \geq \sqrt{n} \times q,$$

qui donne, en divisant les deux membres par \sqrt{n} :

$$\frac{n}{\sqrt{n}} \geq q.$$

$$\text{Or, } \frac{n}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{n} \times \sqrt{n}}{\sqrt{n}} = \sqrt{n} \text{ et donc :}$$

$$\sqrt{n} \geq q.$$

q doit donc nécessairement être inférieur ou égal à \sqrt{n} .

- 2** Or, par hypothèse de départ, on a supposé qu'il n'existait pas de diviseurs de n qui soient inférieurs ou égaux à \sqrt{n} . Cela signifie donc l'affirmation de départ est fausse : s'il n'existe pas de diviseurs de n inférieurs ou égaux à \sqrt{n} , n est nécessairement un nombre premier (car si tel n'est pas le cas, on vient de démontrer que cela mène à une absurdité, à savoir que q est un diviseur de n inférieur ou égal à \sqrt{n}).

Remarque 7

Ce raisonnement tire son nom justement du fait que l'on arrive à une absurdité en supposant le contraire de ce que l'on veut démontrer. Si vous ne comprenez pas cette logique ; ce n'est pas étonnant car c'est assez difficile à concevoir à notre niveau, en classe de Seconde).

- 3** En appliquant cette propriété, pour voir si 1 973 est premier, on peut d'abord calculer sa racine carrée :

$$\sqrt{1973} \approx 44,4.$$

On va donc tester tous les nombres premiers inférieurs à 44 : s'il y en a un qui divise 1 973, cela signifie que 1 973 n'est pas un nombre premier.

Mais la liste des nombres premiers inférieurs à 44 se réduit à : 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43.

En testant un à un, on voit qu'aucun divise 1 973. Donc 1 973 est bien un nombre premier.

Corrigé de l'exercice 1.21 page 14

- 1** On peut écrire $x = q \times p_1 + 1$ donc le reste de la division euclidienne de x par p_1 est égal à 1.
- 2** Dans un cas général, pour tout entier naturel $k \leq n$, on peut écrire : $x = q \times p_k + 1$ donc le reste de la division euclidienne de x par p_k est égal à 1.
- 3** On a supposé que tous les nombres premiers étaient p_1, \dots, p_n et aucun d'eux ne divise x ... Étrange ! Cela nous dit donc que x est lui-même un nombre premier (car il n'admet aucun diviseur premier autre que 1 et lui-même).

Mais $x > p_n$ par définition, ce qui contredit alors l'hypothèse que nous avons faite, à savoir que \mathbb{P} était un ensemble fini.

Ainsi, cette hypothèse est fausse : donc \mathbb{P} est infini.

Les nombres réels



Plan du chapitre

I	Nombres réels	25
1	Des entiers naturels aux nombres réels	25
2	Représentations des ensembles	25
a	La droite des réels	25
b	Diagramme de Venn	26
II	Intervalles	27
1	Définitions et notations	27
2	Appartenance à un intervalle	28
3	Union et intersection d'intervalles	28
4	Inclusion d'intervalles	29
5	Notations particulières	29
III	Valeur absolue d'un nombre réel	30
1	Définition	30
2	Distance entre deux nombres réels	30
3	Résolution de l'équation $|x - a| \leq r$	30
4	Encadrement décimal	31
IV	Racines carrées	32
1	Définition	32
2	Règles de calculs	32
V	Raisonnement par l'absurde	35
1	$\frac{1}{3}$ n'est pas décimal	35
2	$\sqrt{2}$ est irrationnel	36
	Exercices	37
	Corrigés	42

1 - Nombres réels

1.1 - Des entiers naturels aux nombres réels

Définition 6 (symbole d'appartenance)

On considère un ensemble quelconque E.

On dit que x est un *élément* de E si x appartient à l'ensemble E. On note alors :

$$x \in E.$$

Définition 7 (ensembles de nombres)

- L'ensemble des **entiers naturels** est l'ensemble des nombres : 0, 1, 2, ...

On le note \mathbb{N} :

$$\mathbb{N} = \{0; 1; 2; 3; \dots\}$$

- L'ensemble des **entiers relatifs** est l'ensemble composé des entiers naturels et de leur opposés.

On le note \mathbb{Z} :

$$\mathbb{Z} = \{\dots; -3; -2; -1; 0; 1; 2; 3; \dots\}$$

- L'ensemble des **nombres décimaux** est l'ensemble de tous les nombres qui s'écrivent sous la forme $a \times 10^n$, où a et n sont deux entiers relatifs.

On le note \mathbb{D} . C'est l'ensemble des nombres à virgule à écriture *finie*.

$$\mathbb{D} = \{a \times 10^n, a \in \mathbb{Z}, n \in \mathbb{Z}\}$$

- L'ensemble des **nombres rationnels** est l'ensemble de tous les nombres pouvant s'écrire sous la forme $\frac{a}{b}$, où a et b sont deux entiers relatifs, avec $b \neq 0$.

On le note \mathbb{Q} :

$$\mathbb{Q} = \left\{ \frac{a}{b}, a \in \mathbb{Z}, b \in \mathbb{Z}, b \neq 0 \right\}$$

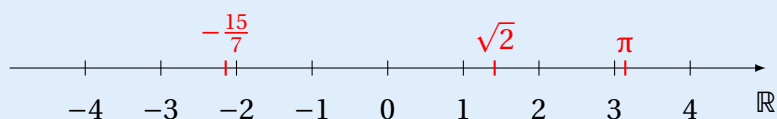
- L'ensemble des **nombres réels** est l'ensemble de tous les nombres pouvant représenter une quantité réelle.

On le note \mathbb{R} .

1.2 - Représentations des ensembles

1.2.a - La droite des réels

L'ensemble des nombres réels est représenté par une droite graduée sur laquelle on peut mettre n'importe quel nombre réel :



1.2.B - Diagramme de Venn

Définition 8 (symbole d'inclusion)

Soient E et F deux ensembles quelconques. Si tous les éléments de F sont aussi dans E, on dit que F est **inclus** dans E, et on note :

$$\begin{cases} F \subset E & \text{si E est plus grand que F} \\ F \subseteq E & \text{si F peut être confondu avec E} \end{cases}$$

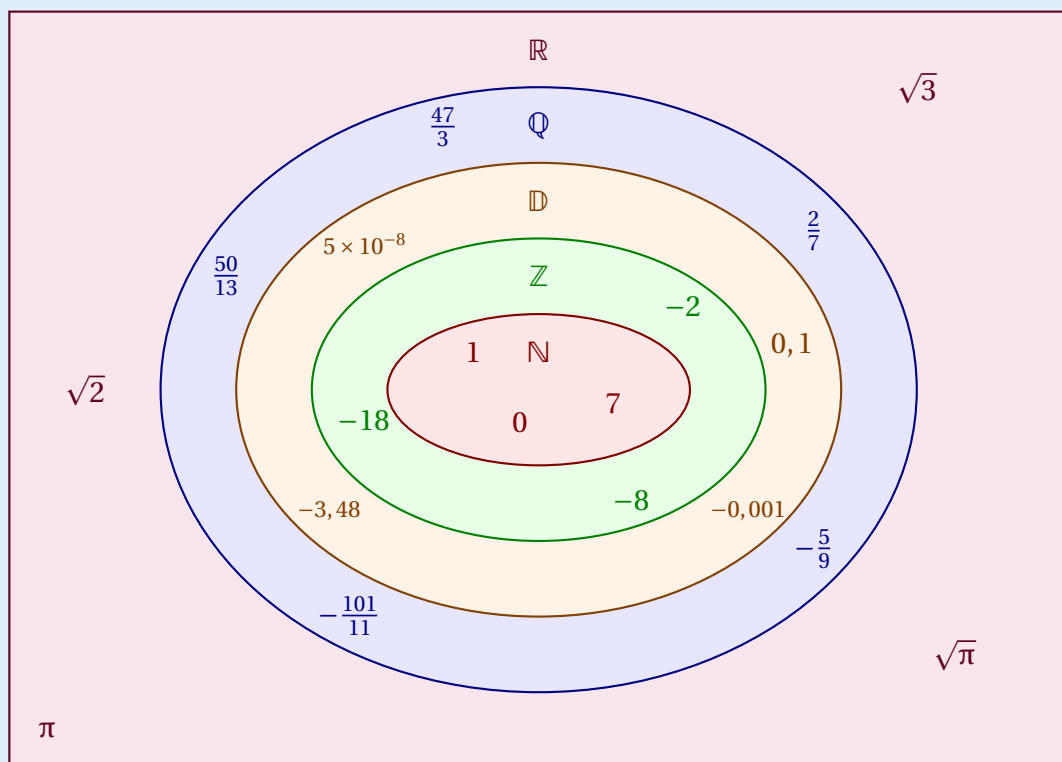
Propriété 13

- Tous les entiers naturels sont aussi des entiers relatifs, donc $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z}$.
- Tous les entiers relatifs sont aussi des nombres décimaux, donc $\mathbb{Z} \subset \mathbb{D}$.
- Tous les nombres décimaux sont aussi des nombres rationnels, donc $\mathbb{D} \subset \mathbb{Q}$.
- Tous les nombres rationnels sont aussi des nombres réels, donc $\mathbb{Q} \subset \mathbb{R}$.

On a donc :

$$\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{D} \subset \mathbb{Q} \subset \mathbb{R}.$$

Cette dernière propriété se représente par le diagramme de Venn suivant :



Définition 9

Si un nombre est réel mais n'est pas rationnel, on dit qu'il est **irrationnel**.

II - Intervalles

II.1 - Définitions et notations

Soient a et b deux nombres réels tels que $a < b$.

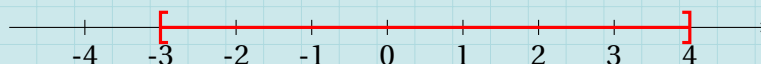
Définition 10 (intervalle fermé)

On notera $[a; b]$ l'ensemble des nombres réels compris entre a et b . Ici, a et b sont compris dans l'intervalle car les crochets sont dirigés vers l'intérieur.

On dira que $[a; b]$ est un **intervalle fermé**.

Exemple 11

On représentera $[-3; 4]$ ainsi :



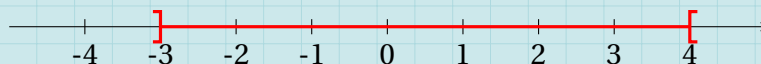
Définition 11 (intervalle ouvert)

On notera $]a; b[$ l'ensemble des nombres compris entre a et b , avec a et b qui ne sont pas compris dans l'intervalle car les crochets sont dirigés vers l'extérieur.

On dira que $]a; b[$ est un **intervalle ouvert**.

Exemple 12

On représentera $] -3; 4[$ ainsi :

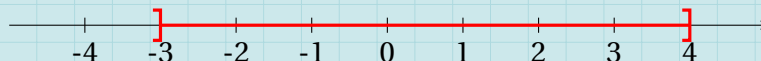


Définition 12 (intervalle semi-ouvert à gauche)

On notera $]a; b]$ l'ensemble des nombres compris entre a et b , avec a non compris dans l'intervalle (car le crochet est dirigé vers l'extérieur du côté de a) et b compris dans l'intervalle (car le crochet est dirigé vers l'intérieur du côté de b).

Exemple 13

On représentera $] -3; 4]$ ainsi :

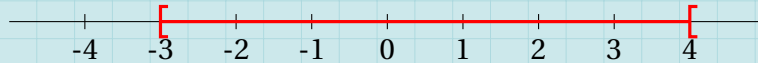


Définition 13 (intervalle semi-ouvert à droite)

On notera $[a; b[$ l'ensemble des nombres compris entre a et b , avec a compris dans l'intervalle (car le crochet est dirigé vers l'intérieur du côté de a) et b non compris dans l'intervalle (car le crochet est dirigé vers l'extérieur du côté de b).

Exemple 14

On représentera $[-3; 4[$ ainsi :



Définition 14 (intervalle infini)

- On notera $]-\infty; a[$ l'ensemble des nombres strictement plus petits que a .
- On notera $]-\infty; a]$ l'ensemble des nombres plus petits que a ou égaux à a .
- On notera $]a; +\infty[$ l'ensemble des nombres strictement plus grands que a .
- On notera $]a; +\infty]$ l'ensemble des nombres plus grands que a ou égaux à a .

Remarque 8

Le crochet est toujours *ouvert* du côté de l'infini (car on ne peut jamais atteindre l'infini).

II. 2 - Appartenance à un intervalle

Pour écrire qu'un nombre x appartient à un intervalle $[a; b]$, on écrira :

$$x \in [a; b].$$

Cela signifie que x est compris entre a et b et on pourra donc l'écrire aussi :

$$a \leq x \leq b.$$

Attention !

Les signes d'inégalité sont choisis en fonction du sens des crochets de l'intervalle :

$$x \in [a; b] \Longrightarrow a \leq x \leq b$$

$$x \in]a; b[\Longrightarrow a < x < b$$

$$x \in]a; b] \Longrightarrow a < x \leq b$$

$$x \in [a; b[\Longrightarrow a \leq x < b$$

$$x \in [a; +\infty[\Longrightarrow x \geq a$$

$$x \in]-\infty; a[\Longrightarrow x < a$$

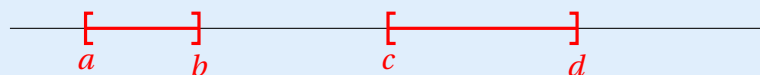
Pour écrire qu'un nombre x n'appartient pas à un intervalle $[a; b]$, on écrira : $x \notin [a; b]$.

II. 3 - Union et intersection d'intervalles

- Pour écrire qu'un nombre x appartient à un intervalle $[a; b]$ **ou** à un intervalle $[c; d]$, on écrira :

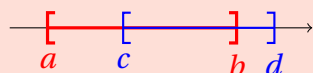
$$x \in [a; b] \cup [c; d].$$

On représentera l'union ainsi :



Attention 2

Si les deux intervalles se chevauchent,



devient :



Dans ce cas (et uniquement dans ce cas), $[a; b] \cup [c; d] = [a; d]$.

- Pour écrire qu'un nombre x appartient à un intervalle $[a; b]$ **et** à un intervalle $[c; d]$, on écrira :

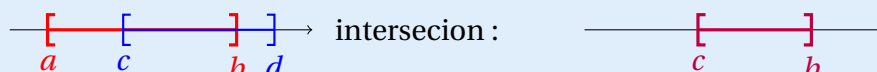
$$x \in [a; b] \cap [c; d].$$

- Si les deux intervalles ne se chevauchent pas, l'intersection est vide (n'existe pas).

On notera alors :

$$[a; b] \cap [c; d] = \emptyset.$$

- Si les deux intervalles se chevauchent, l'intersection est l'ensemble en commun aux deux intervalles :

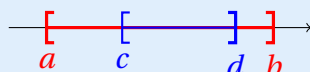


II . 4 - Inclusion d'intervalles

Si un intervalle $[c; d]$ est inclus dans un autre intervalle $[a; b]$, on écrira :

$$[c; d] \subset [a; b].$$

Cela se schématise de la façon suivante :



II . 5 - Notations particulières

L'ensemble des nombres réels auquel on enlève le nombre 0 est noté : \mathbb{R}^* ou $\mathbb{R} \setminus \{0\}$.

L'ensemble des nombres réels auquel on enlève le nombre a est noté : $\mathbb{R} \setminus \{a\}$.

De plus, on notera :

$$]-\infty; 0] = \mathbb{R}_- \quad ; \quad]-\infty; 0[= \mathbb{R}_-^* \quad ; \quad [0; +\infty[= \mathbb{R}_+ \quad ; \quad]0; +\infty[= \mathbb{R}_+^*.$$

Remarque 9

L'étoile est toujours en haut, tout comme les étoiles sont toujours en haut, dans le ciel... (poétique non ?)

III - Valeur Absolue d'un nombre réel

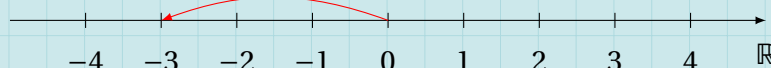
III . 1 - Définition

Définition 15

Soit a un nombre réel. On appelle **valeur absolue** de a la distance qui sépare a de 0 sur la droite des réels. On la note $|a|$.

Exemple 15

$|-3| = 3$ car « -3 » est à 3 unités de « 0 »



Remarque 10

On a donc :
$$\begin{cases} |a| = a & \text{si } a \geq 0 \\ |a| = -a & \text{si } a < 0. \end{cases}$$

III . 2 - Distance entre deux nombres réels

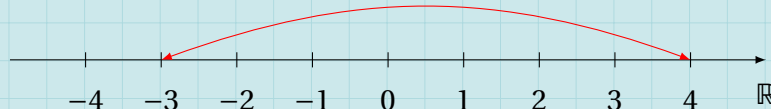
Propriété 14

Soient a et b deux nombres réels.

La distance entre a et b est égale à $|a - b|$ (ou $|b - a|$, ce qui est la même chose).

Exemple 16

$|-3 - 4| = |-7| = 7$



-3 et 4 sont distants de 7 unités car $|-3 - 4| = |-7| = 7$.

III . 3 - Résolution de l'équation $|x - a| \leq r$

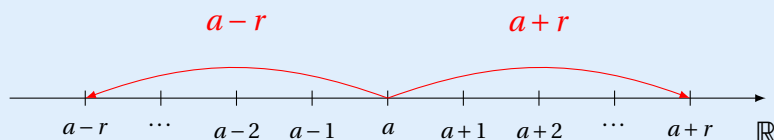
Propriété 15

Soient a et r deux nombres réels, avec $r > 0$.

$$|x - a| \leq r \iff x \in [a - r; a + r].$$

$$|x - a| < r \iff x \in]a - r; a + r[.$$

En effet, dire que $|x - a| \leq r$ signifie que la distance entre x et a est inférieure ou égale à r :



Exemple 17

$$\begin{aligned} |x+5| \leq 3 &\iff |x - (-5)| \leq 3 \\ &\iff x \in [-5-3; -5+3] \\ &\iff x \in [-8; -2]. \end{aligned}$$

III. 4 - Encadrement décimal

Définition 16

Soient x un nombre réel et n un entier naturel.

Trouver un encadrement décimal de x à 10^{-n} près signifie trouver un intervalle $[a; b]$ tel que $|x - a| \leq 10^{-n}$ et $|x - b| \leq 10^{-n}$.

Exemple 18

1 Un encadrement de π à 10^{-2} près est :

$$3,14 \leq \pi \leq 3,15$$

$$\text{car } |\pi - 3,14| \approx 0,0016 \leq 10^{-2} \text{ et } |\pi - 3,15| \approx 0,008 \leq 10^{-2}.$$

2 Un encadrement de $\sqrt{2}$ à 10^{-3} près est :

$$1,414 \leq \sqrt{2} \leq 1,415$$

$$\text{car } |\sqrt{2} - 1,414| \approx 0,0002 \leq 10^{-3} \text{ et } |\sqrt{2} - 1,415| \approx 0,0008 \leq 10^{-3}.$$

Remarque 11

Trouver un encadrement décimal à 10^{-n} près de la forme $[a; b]$ revient à écrire a et b sous la forme décimale avec n chiffres après la virgule.

Remarque 12

Quand on connaît une valeur approchée de x , pour obtenir un encadrement décimal à 10^{-n} près,

- a est la troncature de la partie décimale de x avec n chiffres après la virgule ;
- b est obtenu à partir de a en ajoutant « 1 » au dernier chiffre de la partie décimale.

Par exemple, pour $\pi \approx 3,14159\dots$, pour un encadrement à 10^{-3} , on prend 3 chiffres après la virgule pour obtenir a ($a = 3,141$) et on ajoute 1 au dernier chiffre de la partie décimale de a pour obtenir b ($141 + 1 = 142$ donc $b = 3,142$). On obtient alors :

$$3,141 \leq \pi \leq 3,142.$$

IV - Racines carrées

IV . 1 - Définition

Définition 17

Soit x un nombre réel positif ou nul.

On dit que y est la **racine carrée** de x , et on écrit $y = \sqrt{x}$, si $y^2 = x$ et $y \geq 0$.

Exemple 19

1 3 est la racine carrée de 9 car $3^2 = 9 : \sqrt{9} = 3$.

2 10 est la racine carrée de 100 car $10^2 = 100 : \sqrt{100} = 10$.

Remarque 13

$(-3)^2 = 9$ mais -3 n'est pas la racine carrée de 9 car la définition dit bien que la racine carrée d'un nombre est positive ou nulle ($y \geq 0$).

Propriété 16

Quel que soit le nombre réel a ,

$$\sqrt{a^2} = |a|.$$

Exemple 20

1 $\sqrt{(-5)^2} = |-5| = 5$.

2 $\sqrt{(-8)^2} = |-8| = 8$.

3 $\sqrt{7^2} = |7| = 7$.

IV . 2 - Règles de calculs

Propriété 17

Quels que soient les nombres réels a et b positifs ou nuls,

$$\sqrt{ab} = \sqrt{a} \times \sqrt{b}.$$

Démonstration 3

Nous avons d'une part :

$$(\sqrt{ab})^2 = ab;$$

d'autre part,

$$(\sqrt{a} \times \sqrt{b})^2 = (\sqrt{a})^2 \times (\sqrt{b})^2 = a \times b = ab.$$

Or, $\sqrt{ab} \geq 0$ et $\sqrt{a} \times \sqrt{b} \geq 0^{(*)}$, donc :

$$(\sqrt{ab})^2 = (\sqrt{a} \times \sqrt{b})^2 \iff \sqrt{ab} = \sqrt{a} \times \sqrt{b}.$$

Remarque 14

Il fallait ici préciser les conditions (*) car dans un cas général, ce n'est pas parce que l'on a $x^2 = y^2$ que $x = y$.

Par exemple, $(-3)^2 = 3^2$. Les conditions de positivité sont donc ici nécessaires car si $x \geq 0$ et $y \geq 0$ alors on peut dire que $x^2 = y^2$ implique que $x = y$.

Nous en dirons plus sur cela dans le chapitre qui traitera de la fonction carré.

Exemple 21

1 $\sqrt{8} = \sqrt{4 \times 2} = \sqrt{4} \times \sqrt{2} = 2\sqrt{2}.$

2 $\sqrt{75} = \sqrt{25 \times 3} = \sqrt{25} \times \sqrt{3} = 5\sqrt{3}.$

Propriété 18

Quels que soient les nombres réels a et b positifs, avec $b \neq 0$,

$$\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}.$$

Démonstration 4

On a d'une part : $\left(\sqrt{\frac{a}{b}}\right)^2 = \frac{a}{b}$; d'autre part, $\left(\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}\right)^2 = \frac{(\sqrt{a})^2}{(\sqrt{b})^2} = \frac{a}{b}.$

Or, $\sqrt{\frac{a}{b}} \geq 0$ et $\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} \geq 0$ donc $\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}.$

Exemple 22

1 $\sqrt{\frac{25}{9}} = \frac{\sqrt{25}}{\sqrt{9}} = \frac{5}{3}.$

2 $\sqrt{\frac{16}{36}} = \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{36}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}.$

Attention 3

$$\sqrt{a+b} \neq \sqrt{a} + \sqrt{b}.$$

Pour s'en convaincre, il suffit de calculer par exemple :



$$\begin{cases} \sqrt{1+4} = \sqrt{5} \\ \sqrt{1} + \sqrt{4} = 1 + 2 = 3. \end{cases}$$

On voit alors que les deux résultats ne sont pas égaux.

Remarque 15

Le symbole du radical (c'est-à-dire le symbole « $\sqrt{\quad}$ ») est dû au mathématicien allemand Christoff Rudolff (1499 - 1545).

Dans l'écriture \sqrt{a} , « a » est appelé le *radicande*.

Simplifier un radical par décomposition en produit de facteurs premiers

Pour simplifier $\sqrt{17\,146\,080}$ (par exemple), on peut avant tout décomposer le radicande en produit de facteurs premiers :

- 17 146 080 est divisible par 2 donc on commence par diviser par 2 :

$$\begin{array}{r} 17146080 \\ 2 \overline{) 17146080} \\ \underline{11} \\ 14 \\ \underline{06} \\ 008 \\ \underline{0} \\ 0 \end{array}$$

- Le quotient obtenu est encore divisible par 2 donc on continue :

$$\begin{array}{r} 8573040 \\ 2 \overline{) 8573040} \\ \underline{05} \\ 17 \\ \underline{13} \\ 10 \\ \underline{04} \\ 0 \end{array}$$

- Le quotient est encore divisible par 2 donc on continue jusqu'à obtenir un quotient impair. On obtient alors :

$$17\,146\,080 = 2^5 \times 535\,815.$$

- 535815 est divisible par 3 (car la somme de ses chiffres est elle-même divisible par 3) donc on divise par 3 :

$$\begin{array}{r|l} 535815 & 3 \\ \hline 23 & 178605 \\ 25 & \\ 18 & \\ 015 & \\ 0 & \end{array}$$

- Le quotient obtenu est encore divisible par 3 donc on continue jusqu'à obtenir un quotient non multiple de 3. On obtient alors :

$$535815 = 3^7 \times 245.$$

- On passe au nombre premier qui suit 3 : c'est 5. 245 est divisible par 5, et :

$$245 = 5 \times 49 = 5 \times 7^2.$$

- Finalement, le radicande s'écrit :

$$17146080 = 2^5 \times 3^7 \times 5 \times 7^2.$$

Comme nous souhaitons simplifier une racine carrée, seuls les exposants pairs nous intéressent; on écrit donc :

$$17146080 = 2^4 \times 2 \times 3^6 \times 3 \times 5 \times 7^2.$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} \sqrt{17146080} &= \sqrt{2^4} \times \sqrt{3^6} \times \sqrt{7^2} \times \sqrt{2 \times 3 \times 5} \\ &= 2^2 \times 3^3 \times 7^1 \times \sqrt{30} \\ &= \underline{756\sqrt{30}}. \end{aligned}$$

V - RAISONNEMENT PAR L'ABSURDE

Définition 18

Un **raisonnement par l'absurde** est un raisonnement dans lequel on part d'une donnée contraire à ce que l'on veut démontrer afin d'arriver à une contradiction mathématique.

V.1 - $\frac{1}{3}$ n'est pas décimal

On considère la propriété :

$$(P) : \quad \left\langle \frac{1}{3} \text{ n'est pas décimal} \right\rangle.$$

- **Étape 1 : on suppose que le contraire de (P) est vraie.**

On suppose alors que $\frac{1}{3}$ est décimal.

- **Étape 2 : on exploite cette supposition pour arriver à une absurdité.**

Si $\frac{1}{3}$ est décimal alors, par définition d'un nombre décimal,

$$\frac{1}{3} = \frac{a}{10^n}, \quad \text{où } a \in \mathbb{N}, n \in \mathbb{N}$$

car $0 < \frac{1}{3} < 1$.

Ainsi, les produits en croix sont égaux :

$$1 \times 10^n = 3 \times a \quad \text{soit} \quad 10^n = 3a.$$

Ce qui signifie que 10^n est un multiple de 3, ce qui n'est pas le cas car un nombre est multiple de 3 uniquement si la somme de ses chiffres est elle-même un multiple de 3.

Or, $10^n = 1000 \dots$ donc la somme des chiffres de $10^n = 1$, qui n'est pas un multiple de 3.

- **Étape 3 : conclusion.**

Supposer que $\frac{1}{3}$ est un décimal implique que 10^n est un multiple de 3, ce qui est absurde.

Par conséquent, $\frac{1}{3}$ n'est pas un décimal.

✓ . 2 - $\sqrt{2}$ est irrationnel

Supposons que $\sqrt{2}$ soit rationnel. Alors, il existe deux nombres p et q premiers entre eux tels que :

$$\sqrt{2} = \frac{p}{q}.$$

Ainsi, en élevant au carré, on a :

$$(\sqrt{2})^2 = \left(\frac{p}{q}\right)^2 \quad \text{soit} \quad 2 = \frac{p^2}{q^2}.$$

Donc,

$$p^2 = 2q^2.$$

p^2 est donc un nombre pair, ce qui signifie que p est aussi un nombre pair (en effet, si p était impair, en l'élevant au carré, on obtiendrait encore un nombre impair).

Donc :

$$p = 2k.$$

Alors,

$$(2k)^2 = 2q^2 \quad \text{soit} \quad 4k^2 = 2q^2.$$

En divisant par 2 à droite et à gauche du signe « = », on obtient :

$$2k^2 = q^2.$$

Cela signifie que q^2 est pair, et donc que q est aussi pair.

On arrive alors au fait que p et q sont tous les deux pairs, ce qui est impossible car on a supposé que p et q étaient premiers entre eux.

Ainsi, $\sqrt{2}$ ne peut pas s'écrire sous la forme $\frac{p}{q}$; $\sqrt{2}$ n'est donc pas rationnel.

Ensembles, intervalles

Exercice 2.1 (Appartenance à un ensemble)

À quel ensemble les nombres suivants appartiennent-ils? Donner le plus petit ensemble possible.

1 $\sqrt{\pi}$

3 $\sqrt{(-5)^2}$

5 $\frac{5}{3}$

7 $\sqrt{3^2 + 4^2}$

9 $\frac{7}{10^8}$

2 $\frac{7}{4}$

4 $\frac{1}{\pi}$

6 π^2

8 $-\frac{48}{4}$

10 $\frac{7}{6}$

Solution page 42

Exercice 2.2 (Appartenance à un intervalle)

Compléter les affirmations suivantes avec l'un des symboles : \in ou \notin .

1 $\frac{1}{3} \dots \left[-1; \frac{1}{2}\right]$

4 $-\frac{9}{7} \dots [-2; -1]$

8 $\frac{15}{14} \dots [1,06; 1,07]$

2 $\frac{7}{5} \dots [0; 1]$

5 $\frac{9}{4} \dots [2; 3]$

9 $-\frac{20}{21} \dots [-1; -0,9]$

3 $\frac{8}{9} \dots [0; 1]$

6 $\frac{8}{5} \dots]1,6; 1,7[$

10 $-\frac{78}{79} \dots]-0,99; -0,98[$

Solution page 42

Exercice 2.3 (encadrement)

Donner un encadrement décimal des nombres suivants à 10^{-n} .

1 $\pi^2, n = 4$

4 $\frac{1}{\pi}, n = 1$

6 $\frac{2}{3}, n = 2$

8 $-\frac{7}{11}, n = 5$

2 $\sqrt{3}, n = 3$

5 $\sqrt{7} + \sqrt{11}, n = 0$

7 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, n = 4$

3 $\sqrt{5}, n = 5$

Solution page 43

Exercice 2.4 ($0,999\dots = 1$)

On pose $x = 0,999\dots$

1 Justifier que $10x = 9 + x$.

2 En déduire que $x = 1$.

Solution page 43

Exercice 2.5 (trouver l'écriture rationnelle d'un nombre décimal)

On pose $x = 0,718718718\dots$

- 1 Justifier que $1000x = 718 + x$.
- 2 En déduire l'écriture rationnelle de x .

Solution page 43

Valeurs absolue

Exercice 2.6 (exprimer sans valeur absolue)

Exprimer sans valeur absolue les nombres suivants :

- 1 $|\pi - 3|$
- 2 $|2\pi + 7|$
- 3 $|7 - 3\pi|$
- 4 $|\pi - 4|$

Solution page 44

Exercice 2.7 (exprimer sans valeur absolue)

Exprimer sans valeur absolue les nombres suivants :

- 1 $|\pi^2 - \pi|$
- 2 $|2\pi - \pi^2|$
- 3 $\left|7 - \frac{1}{7}\right|$
- 4 $\left|\pi - \frac{1}{4}\right|$

Solution page 44

Exercice 2.8 (exprimer sans valeur absolue)

Calculer :

- 1 $\left|\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right|$
- 2 $\left|\frac{1}{5} - \frac{1}{3}\right|$
- 3 $\left|\frac{2}{7} - \frac{7}{2}\right|$
- 4 $\left|\frac{2}{3} - \frac{2}{5}\right|$

Solution page 44

Exercice 2.9 (exprimer sans valeur absolue)

Calculer :

- 1 $|\sqrt{2} - 4|$
- 2 $|2\sqrt{3} - \pi|$
- 3 $\left|\frac{2}{7} - \sqrt{7}\right|$
- 4 $|\sqrt{2} - \sqrt{3}|$

Solution page 45

Exercice 2.10 (exprimer sans valeur absolue)

Exprimer sans valeur absolue les nombres suivants :

- 1 $|x + 4|$, où $x \in [-10; -5]$.

- 2** $|8 - x|$, où $x \in [2; 7]$.
- 3** $|2x - 3|$, où $x \in]2; 5[$.
- 4** $|7 - 5x|$, où $x \in [5; 7]$

Solution page 45

Exercice 2.11 (équation et inéquations)

Résoudre dans \mathbb{R} les équations et inéquations suivantes :

- 1** $|x - 3| = 7$
- 2** $|x + 4| < 5$
- 3** $|x - 6| \geq 2$

Solution page 46

Exercice 2.12 (équation et inéquations)

Résoudre dans \mathbb{R} les équations et inéquations suivantes :

- 1** $|x + 8| = -1$
- 2** $|x - 1| \leq 1$
- 3** $|x + 2| > 2$

Solution page 46

Exercice 2.13 (équation et inéquations)

Résoudre dans \mathbb{R} les équations et inéquations suivantes :

- 1** $|x - 7| = 3$
- 2** $|x - 4| \leq 8$
- 3** $|x + 7| \geq 3$

Solution page 47

Exercice 2.14 (équations et inéquation)

Résoudre dans \mathbb{R} les équations et inéquations suivantes :

- 1** $|x - \pi| = 2\pi$
- 2** $|x - 4| = \pi$
- 3** $|x + 1| > 2\pi$

Solution page 47

Exercice 2.15 (inéquations)

Résoudre les inéquations suivantes.

- 1** $|x - 8| \leq 3$
- 3** $|x + 4| \leq 4$
- 5** $|3x + 9| < 12$
- 2** $|x - 7| < 7$
- 4** $|2x - 8| \leq 10$
- 6** $|7x - 21| < 14$

Solution page 47

Racines carrées

Exercice 2.16 (calculs simples)

Compléter les égalités suivantes :

$$\begin{array}{ccccc}\sqrt{1} = \dots & \sqrt{4} = \dots & \sqrt{9} = \dots & \sqrt{36} = \dots & \sqrt{25} = \dots \\ \sqrt{16} = \dots & \sqrt{81} = \dots & \sqrt{100} = \dots & \sqrt{49} = \dots & \sqrt{64} = \dots\end{array}$$

Solution page 48

Exercice 2.17 (simplifications)

Simplifier au maximum les racines carrées suivantes :

1 $\sqrt{175}$

3 $\sqrt{48}$

5 $\sqrt{44}$

2 $\sqrt{117}$

4 $\sqrt{98}$

6 $\sqrt{500}$

Solution page 48

Exercice 2.18 (expressions conjuguées)

On appelle *expression conjuguée* de $a + b\sqrt{n}$ le nombre $a - b\sqrt{n}$.

En utilisant l'expression conjuguée du dénominateur, écrire les fractions suivantes de sorte qu'il n'y ait plus de racine carrée au dénominateur.

1 $\frac{5}{1 + \sqrt{2}}$

2 $\frac{8}{3 - \sqrt{7}}$

3 $\frac{1 - \sqrt{3}}{1 + \sqrt{3}}$

4 $\frac{5 + 2\sqrt{2}}{3 - \sqrt{2}}$

Solution page 49

Exercice 2.19 (développements)

Développer les expressions suivantes de sorte à obtenir une expression de la forme $a + b\sqrt{n}$, où a et b sont deux entiers relatifs, et n un entier naturel.

1 $(5 + \sqrt{3})^2$

3 $(-1 + 2\sqrt{7})^2$

2 $(7 - \sqrt{2})^2$

4 $(-3 - 4\sqrt{2})^2$

Solution page 50

Exercice 2.20 (écritures plus simples)

- 1** a. Écrire $(7 - 3\sqrt{2})^2$ sous la forme $a + b\sqrt{2}$, où a et b sont deux entiers.
b. Quel est le signe de $7 - 3\sqrt{2}$?
c. En déduire une autre écriture du nombre $\sqrt{67 - 42\sqrt{2}}$.

- 2** a. Écrire $((1 - 5\sqrt{3})^2)$ sous la forme $a + b\sqrt{2}$, où a et b sont deux entiers.
 b. Quel est le signe de $1 - 5\sqrt{3}$?
 c. En déduire une autre écriture du nombre $\sqrt{76 - 10\sqrt{3}}$.

Solution page 51

Exercice 2.21 (simplifications)

Décomposer en produit de facteurs premiers les radicandes des racines carrées suivantes (c'est-à-dire les nombres sous la racine carrée), puis en déduire leur écriture simplifiée.

1 $\sqrt{392}$

4 $\sqrt{111\,132}$

7 $\sqrt{5010005}$

2 $\sqrt{4608}$

5 $\sqrt{6272}$

8 $\sqrt{27783}$

3 $\sqrt{8820}$

6 $\sqrt{13552}$

9 $\sqrt{226800}$

Solution page 52

Exercice 2.22 (simplifications)

Simplifier les radicaux suivants de sorte que les résultats finaux soient sous la forme $a\sqrt{b}$, où $a \in \mathbb{Q}$ et $b \in \mathbb{N}$.

1 $\sqrt{\frac{50}{49}}$

3 $\sqrt{\frac{128}{25}}$

5 $\sqrt{\frac{343}{448}}$

7 $\sqrt{\frac{114}{78}}$

2 $\sqrt{\frac{75}{36}}$

4 $\sqrt{\frac{48}{735}}$

6 $\sqrt{\frac{320}{150}}$

8 $\sqrt{\frac{1575}{224}}$

Solution page 52

Corrigé de l'exercice 2.1 page 37

- 1 $\sqrt{\pi} \in \mathbb{R}$ car il ne peut pas s'écrire sous la forme $\frac{a}{b}$; il n'est donc pas rationnel.
- 2 $\frac{7}{4} = 7 \div 4 = 1,75$; sa partie décimale est finie donc $\frac{7}{4} \in \mathbb{D}$.
- 3 $\sqrt{(-5)^2} = \sqrt{25} = 5 \in \mathbb{N}$.
- 4 $\frac{1}{\pi} \in \mathbb{R}$ (quand on voit π dans un calcul, en général, le nombre est irrationnel, donc réel).
- 5 $\frac{5}{3} \in \mathbb{Q}$ car $\frac{5}{3} \notin \mathbb{D}$ (en effet, $5 \div 3 \approx 1,666\dots$ donc sa partie décimale est infinie; il n'est donc pas décimal).
- 6 $\pi^2 \in \mathbb{R}$.
- 7 $\sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5 \in \mathbb{N}$.
- 8 $-\frac{48}{4} = -48 \div 4 = -12 \in \mathbb{Z}$.
- 9 $\frac{7}{10^8} \in \mathbb{D}$ car il s'écrit sous la forme $\frac{a}{10^n}$.
- 10 $\frac{7}{6}$ n'est pas simplifiable (car 7 et 6 n'ont pas de facteurs communs) donc $\frac{7}{6} \in \mathbb{Q}$.

Corrigé de l'exercice 2.2 page 37

- 1 $\frac{1}{3} \in \left[-1; \frac{1}{2}\right]$ car $\frac{1}{3} \approx 0,333\dots$
- 2 $\frac{7}{5} \notin [0; 1]$ car $\frac{7}{5} = 1,4$.
- 3 $\frac{8}{9} \in [0; 1]$ car $0 < 8 < 9$.
- 4 $-\frac{9}{7} \in [-2; -1]$ car $-\frac{9}{7} \approx -1,2857\dots$
- 5 $\frac{9}{4} \in [2; 3]$ car $\frac{9}{4} = 2,25$.
- 6 $\frac{8}{5} \notin]1,6; 1,7[$ car $\frac{8}{5} = 1,6$ (attention aux crochets ouverts!)
- 7 $\frac{1}{\pi} \notin [\pi; \pi + 1]$ car $0 < \frac{1}{\pi} < 1$ et $\pi > 1$.
- 8 $\frac{15}{14} \notin [1,06; 1,07]$ car $\frac{15}{14} \approx 1,0714\dots$
- 9 $-\frac{20}{21} \in [-1; -0,9]$ car $-\frac{20}{21} \approx -0,95\dots$
- 10 $-\frac{78}{79} \in]-0,99; -0,98[$ car $-\frac{78}{79} \approx -0,987\dots$

Corrigé de l'exercice 2.3 page 37

- 1 $\pi^2 \approx 9,86960440109$ donc $9,8696 < \pi^2 < 9,8697$.
- 2 $\sqrt{3} \approx 1,73205080757$ donc $1,732 < \sqrt{3} < 1,733$.
- 3 $\sqrt{5} \approx 2,2360679775$ donc $2,23606 < \sqrt{5} < 2,23607$.
- 4 $\frac{1}{\pi} \approx 0,318309886184$ donc $0,3 < \frac{1}{\pi} < 0,4$.
- 5 $\sqrt{7} + \sqrt{11} \approx 5,96237610142$ donc $5 < \sqrt{7} + \sqrt{11} < 6$.
- 6 $\frac{2}{3} \approx 0,666\dots$ donc $0,66 < \frac{2}{3} < 0,67$.
- 7 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \approx 0,816496580928$ donc $0,8164 < \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} < 0,8165$.
- 8 $-\frac{7}{11} \approx -0,636363636364$ donc $-0,63637 < -\frac{7}{11} < -0,63636$.

Corrigé de l'exercice 2.4 page 37

- 1 $x = 0,999\dots$ donc : $10x = 10 \times 0,999\dots$
 $= 9,999\dots$
 $= 9 + 0,999\dots$
 $10x = 9 + x$
- 2 De l'égalité $10x = 9 + x$ on déduit : $10x - x = 9$, soit : $9x = 9$. En divisant par 9 de part et d'autre du signe « = » :
$$x = \frac{9}{9} = 1.$$

On déduit donc que :
$$0,999\dots = 1.$$

Remarque 23

il n'est pas rare de voir un nombre avec différentes écritures. Par exemple, $1 = \sqrt{1}$.

Corrigé de l'exercice 2.5 page 38

- 1 $x = 0,718718718\dots$
 $\Leftrightarrow 1000x = 1000 \times 0,718718718\dots$
 $\Leftrightarrow 1000x = 718,718718718\dots$
 $\Leftrightarrow 1000x = 718 + 0,718718718\dots$
 $\Leftrightarrow 1000x = 718 + x$
- 2 $1000x = 718 + x \Leftrightarrow 1000x - x = 718$
 $\Leftrightarrow 999x = 718$
 $\Leftrightarrow x = \frac{718}{999}.$

Corrigé de l'exercice 2.6 page 38

- 1 $\pi \approx 3,14$ donc $\pi > 3$; ainsi, $\pi - 3 > 0$ et donc $|\pi - 3| = \pi - 3$.
- 2 $2\pi + 7 > 0$ donc $|2\pi + 7| = 2\pi + 7$.
- 3 $3\pi \approx 10$ donc $7 - 3\pi < 0$. Ainsi, $|7 - 3\pi| = -(7 - 3\pi)$, c'est-à-dire $|7 - 3\pi| = 3\pi - 7$.
- 4 $\pi \approx 3,14$ donc $|\pi - 4| - 4 < 0$. Ainsi, $|\pi - 4| = 4 - \pi$.

Corrigé de l'exercice 2.7 page 38

- 1 $\pi^2 > \pi$ donc $|\pi^2 - \pi| = \pi^2 - \pi$.
- 2 $\pi^2 > 2\pi$ donc $|2\pi - \pi^2| = -(2\pi - \pi^2)$, c'est-à-dire $|2\pi - \pi^2| = \pi^2 - 2\pi$.
- 3 $7 > \frac{1}{7}$ donc $7 - \frac{1}{7} > 0$. Ainsi, $\left|7 - \frac{1}{7}\right| = 7 - \frac{1}{7}$. Il n'était pas demandé de *calculer*, mais nous aurions pu aussi écrire : $\left|7 - \frac{1}{7}\right| = 7 - \frac{1}{7} = \frac{49}{7} - \frac{1}{7} = \boxed{\frac{48}{7}}$.
- 4 $\pi > \frac{1}{4}$ donc $\pi - \frac{1}{4} > 0$. Ainsi, $\left|\pi - \frac{1}{4}\right| = \pi - \frac{1}{4}$.

Corrigé de l'exercice 2.8 page 38

- 1 $\left|\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right| = \left|\frac{3}{6} - \frac{2}{6}\right|$
 $= \left|\frac{1}{6}\right|$
 $\boxed{\left|\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right| = \frac{1}{6}}$
- 2 $\left|\frac{1}{5} - \frac{1}{3}\right| = \left|\frac{3}{15} - \frac{5}{15}\right|$
 $= \left|-\frac{2}{15}\right|$
 $\boxed{\left|\frac{1}{5} - \frac{1}{3}\right| = \frac{2}{15}}$
- 3 $\left|\frac{2}{7} - \frac{7}{2}\right| = \left|\frac{4}{14} - \frac{49}{14}\right|$
 $= \left|-\frac{45}{14}\right|$
 $\boxed{\left|\frac{2}{7} - \frac{7}{2}\right| = \frac{45}{14}}$

$$\begin{aligned} 4 \quad \left| \frac{2}{3} - \frac{2}{5} \right| &= \left| \frac{10}{15} - \frac{6}{15} \right| \\ &= \left| \frac{4}{15} \right| \end{aligned}$$

$$\left| \frac{2}{3} - \frac{2}{5} \right| = \frac{4}{15}$$

Corrigé de l'exercice 2.9 page 38

$$1 \quad \sqrt{2} < 4 \text{ donc } \sqrt{2} - 4 < 0. \text{ Ainsi, } |\sqrt{2} - 4| = -(\sqrt{2} - 4), \text{ soit } \underline{|\sqrt{2} - 4| = 4 - \sqrt{2}}.$$

$$2 \quad 2\sqrt{3} \approx 2 \times 1,732 \approx 3,4 \text{ donc } 2\sqrt{3} > \pi \text{ et donc } 2\sqrt{3} - \pi > 0. \text{ Ainsi, } \underline{|2\sqrt{3} - \pi| = 2\sqrt{3} - \pi}.$$

$$3 \quad \sqrt{7} \approx 2,6 \text{ et } \frac{2}{7} < 1 \text{ donc } \frac{2}{7} < \sqrt{7}, \text{ d'où } \frac{2}{7} - \sqrt{7} < 0. \text{ Ainsi, } \left| \frac{2}{7} - \sqrt{7} \right| = -\left(\frac{2}{7} - \sqrt{7} \right), \text{ c'est-à-dire}$$

$$\underline{\left| \frac{2}{7} - \sqrt{7} \right| = \sqrt{7} - \frac{2}{7}}.$$

$$4 \quad \sqrt{2} < \sqrt{3} \text{ donc } \sqrt{2} - \sqrt{3} < 0. \text{ Ainsi, } \underline{|\sqrt{2} - \sqrt{3}| = \sqrt{3} - \sqrt{2}}.$$

Corrigé de l'exercice 2.10 page 38

$$1 \quad x \in [-10; -5] \text{ donc } x < -4, \text{ d'où } x + 4 < 0. \text{ Ainsi, } \underline{|x + 4| = -(x + 4)} \text{ ou encore } \underline{|x + 4| = -x - 4}.$$

$$2 \quad x \in [2; 7] \text{ donc } x < 8, \text{ d'où } 8 - x > 0. \text{ Ainsi, } \underline{|8 - x| = 8 - x}.$$

$$3 \quad x \in [2; 5] \text{ donc } 2 < x < 5. \text{ En multipliant par 2, on obtient :}$$

$$4 < 2x < 10$$

et en soustrayant 3, on arrive à :

$$4 - 3 < 2x - 3 < 10 - 3$$

c'est-à-dire :

$$1 < 2x - 3 < 7.$$

$$\text{Ainsi, } 2x - 3 > 0 \text{ et donc } \underline{|2x - 3| = 2x - 3}.$$

$$4 \quad x \in [5; 7] \iff 5 \leq x \leq 7$$

$$\iff -5 \times 7 \leq -5x \leq -5 \times 5$$

$$\iff -35 \leq -5x \leq -25$$

$$\iff -35 + 7 \leq -5x + 7 \leq -25 + 7$$

$$\iff -28 \leq 7 - 5x \leq -18$$

$$\text{Ainsi, } 7 - 5x < 0 \text{ et donc } \underline{|7 - 5x| = -(7 - 5x), \text{ soit } |7 - 5x| = 5x - 7}.$$

Corrigé de l'exercice 2.11 page 39

$$\begin{aligned} 1 \quad |x-3| = 7 &\Leftrightarrow x-3=7 \quad \text{ou} \quad x-3=-7 \\ &\Leftrightarrow x=10 \quad \text{ou} \quad x=-4 \end{aligned}$$

$$\text{D'où } S = \{-4; 10\}$$

$$\begin{aligned} 2 \quad |x+4| < 5 &\Leftrightarrow x+4 < 5 \quad \text{ou} \quad -(x+4) < 5 \\ &\Leftrightarrow x < 5-4 \quad \text{ou} \quad x+4 > -5 \\ &\Leftrightarrow x < 1 \quad \text{ou} \quad x > -9 \end{aligned}$$

$$\text{D'où } S =]-9; 1[$$

Remarque 24

On pourrait aussi résoudre cette inéquation en disant que $|x+4| = |x-(-4)|$ représente la distance entre x et -4 . Donc $|x+4| < 5$ signifie que la distance entre x et -4 est strictement inférieure à 5, ce qui signifie que x est compris entre $-4-5$ et $-4+5$, c'est-à-dire entre -9 et 1 .

$$\begin{aligned} 3 \quad |x-6| \geq 2 &\Leftrightarrow x-6 \geq 2 \quad \text{ou} \quad -(x-6) \geq 2 \\ &\Leftrightarrow x \geq 2+6 \quad \text{ou} \quad x-6 \leq -2 \\ &\Leftrightarrow x \geq 8 \quad \text{ou} \quad x \leq 4 \end{aligned}$$

$$\text{D'où } S =]-\infty; 4] \cup [8; +\infty[$$

Remarque 25

$|x-6| \geq 2$ signifie que la distance entre x et 6 doit être supérieure ou égale à 2 et donc que x doit être supérieur ou égal à $6+2$ (donc à 8) ou inférieur ou égal à $6-2$ (donc à 4).

Corrigé de l'exercice 2.12 page 39

1 $|x+8| = -1$ est impossible car une valeur absolue est toujours positives ou nulle. Ainsi, $S = \emptyset$ (ensemble vide).

$$\begin{aligned} 2 \quad |x-1| \leq 1 &\Leftrightarrow x-1 \leq 1 \quad \text{ou} \quad -(x-1) \leq 1 \\ &\Leftrightarrow x \leq 1+1 \quad \text{ou} \quad x-1 \geq -1 \\ &\Leftrightarrow x \leq 2 \quad \text{ou} \quad x \geq 0 \end{aligned}$$

$$\text{Donc } S = [0; 2]$$

$$\begin{aligned} 3 \quad |x+2| > 2 &\Leftrightarrow x+2 > 2 \quad \text{ou} \quad -(x+2) > 2 \\ &\Leftrightarrow x > 2-2 \quad \text{ou} \quad x+2 < -2 \\ &\Leftrightarrow x > 0 \quad \text{ou} \quad x < -4 \end{aligned}$$

$$\text{D'où } S =]-\infty; -4[\cup]0; +\infty[$$

Corrigé de l'exercice 2.13 page 39

$$\begin{aligned} 1 \quad |x-7| = 3 &\iff x-7=3 \quad \text{ou} \quad -(x-7)=3 \\ &\iff x=3+7 \quad \text{ou} \quad x-7=-3 \\ &\iff x=10 \quad \text{ou} \quad x=4 \end{aligned}$$

$$\text{D'où } S = \{4; 10\}$$

$$\begin{aligned} 2 \quad |x-4| \leq 8 &\iff x-4 \leq 8 \quad \text{ou} \quad -(x-4) \leq 8 \\ &\iff x \leq 8+4 \quad \text{ou} \quad x-4 \geq -8 \\ &\iff x \leq 12 \quad \text{ou} \quad x \geq -4 \end{aligned}$$

$$\text{Donc } S = [-4; 12]$$

$$\begin{aligned} 3 \quad |x+7| \geq 3 &\iff x+7 \geq 3 \quad \text{ou} \quad -(x+7) \geq 3 \\ &\iff x \geq 3-7 \quad \text{ou} \quad x+7 \leq -3 \\ &\iff x \geq -4 \quad \text{ou} \quad x \leq -10 \end{aligned}$$

$$\text{D'où } S =]-\infty; -10] \cup [-4; +\infty[$$

Corrigé de l'exercice 2.14 page 39

$$\begin{aligned} 1 \quad |x-\pi| = 2\pi &\iff x-\pi=2\pi \quad \text{ou} \quad -(x-\pi)=2\pi \\ &\iff x=2\pi+\pi \quad \text{ou} \quad x-\pi=-2\pi \\ &\iff x=3\pi \quad \text{ou} \quad x=-\pi \end{aligned}$$

$$\text{Ainsi, } S = \{-\pi; 3\pi\}$$

$$\begin{aligned} 2 \quad |x-4| = \pi &\iff x-4=\pi \quad \text{ou} \quad -(x-4)=\pi \\ &\iff x=\pi+4 \quad \text{ou} \quad x-4=-\pi \\ &\iff x=\pi+4 \quad \text{ou} \quad x=-\pi+4 \end{aligned}$$

$$\text{Donc } S = \{4-\pi; 4+\pi\}$$

$$\begin{aligned} 3 \quad |x+1| > 2\pi &\iff x+1 > 2\pi \quad \text{ou} \quad -(x+1) > 2\pi \\ &\iff x > 2\pi-1 \quad \text{ou} \quad x+1 < -2\pi \\ &\iff x > 2\pi-1 \quad \text{ou} \quad x < -2\pi-1 \end{aligned}$$

$$\text{Ainsi, } S =]-\infty; -2\pi-1[\cup]2\pi-1; +\infty[$$

Corrigé de l'exercice 2.15 page 39

$$1 \quad |x-8| \leq 3 \iff x \in [8-3; 8+3] \iff \underline{x \in [5; 11]}.$$

$$2 \quad |x-7| < 7 \iff x \in]7-7; 7+7[\iff \underline{x \in]0; 14]}.$$

$$\begin{aligned} 3 \quad |x+4| \leq 4 &\iff |x-(-4)| \leq 4 \\ &\iff x \in [-4-4; -4+4] \\ &\iff \underline{x \in [-8; 0]}. \end{aligned}$$

$$4 \quad |2x-8| \leq 10 \iff |2(x-4)| \leq 10$$

$$\iff 2|x-4| \leq 10$$

$$\iff |x-4| \leq 5$$

$$\iff x \in [4-5; 4+5]$$

$$\iff \underline{x \in [-1; 9]}.$$

$$5 \quad |3x+9| < 12 \iff |3(x+3)| < 12$$

$$\iff 3|x+3| < 12$$

$$\iff |x+3| < 4$$

$$\iff |x-(-3)| < 4$$

$$\iff x \in]-3-4; -3+4[$$

$$\iff \underline{x \in]-7; 1]}.$$

$$6 \quad |7x-21| < 14 \iff 7|x-3| < 14$$

$$\iff |x-3| < 2$$

$$\iff x \in]3-2; 3+2[$$

$$\iff \underline{x \in]1; 5]}.$$

Corrigé de l'exercice 2.16 page 40

$$\sqrt{1} = 1$$

$$\sqrt{16} = 4$$

$$\sqrt{4} = 2$$

$$\sqrt{81} = 9$$

$$\sqrt{9} = 3$$

$$\sqrt{100} = 10$$

$$\sqrt{36} = 6$$

$$\sqrt{49} = 7$$

$$\sqrt{25} = 5$$

$$\sqrt{64} = 8$$

Remarque 26

Il est très important de connaître ces valeurs.

Corrigé de l'exercice 2.17 page 40

$$1 \quad \sqrt{175} = \sqrt{25 \times 7} = \sqrt{25} \times \sqrt{7} = \underline{5\sqrt{7}}.$$

$$2 \quad \sqrt{117} = \sqrt{9 \times 13} = \sqrt{9} \times \sqrt{13} = \underline{3\sqrt{13}}.$$

$$3 \quad \sqrt{48} = \sqrt{16 \times 3} = \sqrt{16} \times \sqrt{3} = \underline{4\sqrt{3}}.$$

$$4 \quad \sqrt{98} = \sqrt{49 \times 2} = \sqrt{49} \times \sqrt{2} = \underline{7\sqrt{2}}.$$

$$5 \quad \sqrt{44} = \sqrt{4 \times 11} = \sqrt{4} \times \sqrt{11} = \underline{2\sqrt{11}}.$$

$$6 \quad \sqrt{500} = \sqrt{100 \times 5} = \sqrt{100} \times \sqrt{5} = \underline{10\sqrt{5}}.$$

Corrigé de l'exercice 2.18 page 40

$$\begin{aligned}
 1 \quad \frac{5}{1+\sqrt{2}} &= \frac{5(1-\sqrt{2})}{(1+\sqrt{2})(1-\sqrt{2})} \\
 &= \frac{5(1-\sqrt{2})}{1^2 - (\sqrt{2})^2} \\
 &= \frac{5(1-\sqrt{2})}{1-2} \\
 &= \frac{5(1-\sqrt{2})}{-1}
 \end{aligned}$$

$$\frac{5}{1+\sqrt{2}} = -5(1-\sqrt{2})$$

Remarque 27

L'intérêt de multiplier le numérateur et le dénominateur de la fraction par l'expression conjuguée de son dénominateur est de faire apparaître en bas (au dénominateur) une identité de la forme $(a-b)(a+b) = a^2 - b^2$, qui supprime la racine carrée (en élevant au carré), rendant ainsi le dénominateur entier.

$$\begin{aligned}
 2 \quad \frac{8}{3-\sqrt{7}} &= \frac{8(3+\sqrt{7})}{(3-\sqrt{7})(3+\sqrt{7})} \\
 &= \frac{8(3+\sqrt{7})}{3^2 - (\sqrt{7})^2} \\
 &= \frac{8(3+\sqrt{7})}{9-7} \\
 &= \frac{8(3+\sqrt{7})}{2}
 \end{aligned}$$

$$\frac{8}{3-\sqrt{7}} = 4(3+\sqrt{7})$$

$$\begin{aligned}
 3 \quad \frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}} &= \frac{(1-\sqrt{3})(1-\sqrt{3})}{(1+\sqrt{3})(1-\sqrt{3})} \\
 &= \frac{(1-\sqrt{3})^2}{1^2 - (\sqrt{3})^2} \\
 &= \frac{(1-\sqrt{3})^2}{1-3} \\
 &= \frac{(1-\sqrt{3})^2}{-2} \\
 &= \frac{1^2 - 2 \times 1 \times \sqrt{3} + (\sqrt{3})^2}{-2} \\
 &= \frac{1 - 2\sqrt{3} + 3}{-2}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{4 - 2\sqrt{3}}{-2}$$

$$= \frac{-2(-2 + \sqrt{3})}{-2}$$

$$\boxed{\frac{1 - \sqrt{3}}{1 + \sqrt{3}} = -2 + \sqrt{3}}$$

$$\begin{aligned} 4 \quad \frac{5 + 2\sqrt{2}}{3 - \sqrt{2}} &= \frac{(5 + 2\sqrt{2})(3 + \sqrt{2})}{(3 - \sqrt{2})(3 + \sqrt{2})} \\ &= \frac{5 \times 3 + 5 \times \sqrt{2} + 2\sqrt{2} \times 3 + 2\sqrt{2} \times \sqrt{2}}{3^2 - (\sqrt{2})^2} \\ &= \frac{15 + 5\sqrt{2} + 6\sqrt{2} + 4}{9 - 2} \end{aligned}$$

$$\boxed{\frac{5 + 2\sqrt{2}}{3 - \sqrt{2}} = \frac{19 + 11\sqrt{2}}{7}}$$

Corrigé de l'exercice 2.19 page 40

Pour cet exercice, il faut se souvenir des identités remarquables :

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \quad \text{et} \quad (a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2.$$

$$\begin{aligned} 1 \quad (5 + \sqrt{3})^2 &= 5^2 + 2 \times 5 \times \sqrt{3} + (\sqrt{3})^2 \\ &= 25 + 10\sqrt{3} + 3 \\ &= \underline{28 + 10\sqrt{3}}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \quad (7 - \sqrt{2})^2 &= 7^2 - 2 \times 7 \times \sqrt{2} + (\sqrt{2})^2 \\ &= 49 - 14\sqrt{2} + 2 \\ &= \underline{51 - 14\sqrt{2}}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \quad (-1 + 2\sqrt{7})^2 &= (-1)^2 + 2 \times (-1) \times 2\sqrt{7} + (2\sqrt{7})^2 \\ &= 1 - 4\sqrt{7} + 2^2(\sqrt{7})^2 \\ &= 1 - 4\sqrt{7} + 4 \times 7 \\ &= 1 - 4\sqrt{7} + 28 \\ &= \underline{29 - 4\sqrt{7}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \quad (-3 - 4\sqrt{2})^2 &= [(-1)(3 + 4\sqrt{2})]^2 \\ &= (-1)^2(3 + 4\sqrt{2})^2 \\ &= (3 + 4\sqrt{2})^2 \\ &= 3^2 + 2 \times 3 \times 4\sqrt{2} + (4\sqrt{2})^2 \\ &= 9 + 24\sqrt{2} + 4^2(\sqrt{2})^2 \\ &= 9 + 24\sqrt{2} + 16 \times 2 \end{aligned}$$

$$= 9 + 24\sqrt{2} + 32$$

$$= \underline{41 + 24\sqrt{2}}.$$

Corrigé de l'exercice 2.20 page 40

- 1** a. Pour développer $((7 - 3\sqrt{2})^2)$, on utilise l'identité remarquable :

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

en prenant $a = 7$ et $b = 3\sqrt{2}$, ce qui donne :

$$\begin{aligned} ((7 - 3\sqrt{2})^2) &= 7^2 - 2 \times 7 \times 3\sqrt{2} + (3\sqrt{2})^2 \\ &= 49 - 42\sqrt{2} + 3^2(\sqrt{2})^2 \\ &= 49 - 42\sqrt{2} + 9 \times 2 \\ &= 49 - 42\sqrt{2} + 18 \end{aligned}$$

$$\boxed{((7 - 3\sqrt{2})^2 = 67 - 42\sqrt{2})}$$

- b. On cherche à trouver le signe de $7 - 3\sqrt{2}$.

On sait que $2 < 4$ donc $\sqrt{2} < \sqrt{4}$, c'est-à-dire $\sqrt{2} < 2$. En multipliant par -3 , on obtient :

$$-3\sqrt{2} > -3 \times 2 \quad \text{soit} \quad -3\sqrt{2} > -6$$

et en ajoutant 7, on arrive à :

$$7 - 3\sqrt{2} > 1$$

donc $7 - 3\sqrt{2} > 0$.

- c. Du calcul de la question a., on déduit :

$$\sqrt{((7 - 3\sqrt{2})^2)} = \sqrt{67 - 42\sqrt{2}}$$

Or, $7 - 3\sqrt{2} > 0$ donc $\sqrt{((7 - 3\sqrt{2})^2)} = 7 - 3\sqrt{2}$.

Finalement, on obtient :

$$\boxed{\sqrt{67 - 42\sqrt{2}} = 7 - 3\sqrt{2}}$$

- 2** a. On a :

$$\begin{aligned} ((1 - 5\sqrt{3})^2) &= 1^2 - 2 \times 1 \times 5\sqrt{3} + (5\sqrt{3})^2 \\ &= 1 - 10\sqrt{3} + 25 \times 3 \end{aligned}$$

$$\boxed{((1 - 5\sqrt{3})^2 = 76 - 10\sqrt{3})}$$

- b. Il est assez flagrant que $5\sqrt{3} > 1$ donc $1 - 5\sqrt{3} < 0$.

c. De la question a., on déduit :

$$\sqrt{((1-5\sqrt{3})^2} = \sqrt{76-10\sqrt{3}}$$

Or, $1-5\sqrt{3} < 0$ donc $\sqrt{((1-5\sqrt{3})^2} = |1-5\sqrt{3}| = 5\sqrt{3}-1$. Ainsi,

$$5\sqrt{3}-1 = \sqrt{76-10\sqrt{3}}$$

Corrigé de l'exercice 2.21 page 41

- 1 $\sqrt{392} = \sqrt{2^2 \times 7^2 \times 2} = 2 \times 7 \times \sqrt{2} = \underline{14\sqrt{2}}$.
- 2 $\sqrt{4608} = \sqrt{2^9 \times 3^2} = \sqrt{2^8 \times 3^2 \times 2^1} = 2^4 \times 3 \times \sqrt{2} = \underline{48\sqrt{2}}$.
- 3 $\sqrt{8820} = \sqrt{2^2 \times 3^2 \times 7^2 \times 5} = 2 \times 3 \times 7 \times \sqrt{5} = \underline{42\sqrt{5}}$.
- 4 $\sqrt{111132} = \sqrt{2^2 \times 3^4 \times 7^3} = 2 \times 3^2 \times 7 \sqrt{7} = \underline{126\sqrt{7}}$.
- 5 $\sqrt{6272} = \sqrt{2^7 \times 7^2} = 2^3 \times 7 \sqrt{2} = \underline{56\sqrt{2}}$.
- 6 $\sqrt{13552} = \sqrt{2^4 \times 7 \times 11^2} = 2^2 \times 11 \sqrt{7} = \underline{44\sqrt{7}}$.
- 7 $\sqrt{5010005} = \sqrt{5 \times 7^2 \times 11^2 \times 13^2} = 7 \times 11 \times 13 \sqrt{5} = \underline{1001\sqrt{5}}$.
- 8 $\sqrt{27783} = \sqrt{3^4 \times 7^3} = 3^2 \times 7 \sqrt{7} = \underline{63\sqrt{7}}$.
- 9 $\sqrt{226800} = \sqrt{2^4 \times 3^4 \times 5^2 \times 7} = 2^2 \times 3^2 \times 5 \sqrt{7} = \underline{180\sqrt{7}}$.

Corrigé de l'exercice 2.22 page 41

- 1 $\sqrt{\frac{50}{49}} = \frac{\sqrt{50}}{\sqrt{49}} = \frac{\sqrt{25 \times 2}}{7} = \boxed{\frac{5}{7}\sqrt{2}}$.
- 2 $\sqrt{\frac{75}{36}} = \frac{\sqrt{25 \times 3}}{\sqrt{36}} = \boxed{\frac{5}{6}\sqrt{3}}$.
- 3 $\sqrt{\frac{128}{25}} = \frac{\sqrt{64 \times 2}}{\sqrt{25}} = \boxed{\frac{8}{5}\sqrt{2}}$.
- 4 $\sqrt{\frac{48}{735}} = \frac{\sqrt{16 \times 3}}{\sqrt{49 \times 15}} = \frac{4\sqrt{3}}{7\sqrt{15}}$.

On ne peut pas s'arrêter à ce dernier résultat car il n'est pas sous la forme $a\sqrt{b}$, avec $a \in \mathbb{Q}$ et $b \in \mathbb{N}$.

Remarque 28

Quand on a un radical au dénominateur d'une fraction, on multiplie le numérateur et le dénominateur de la fraction par ce radical afin d'avoir un nombre entier au dénominateur.

On a donc :

$$\sqrt{\frac{48}{735}} = \frac{4\sqrt{3} \times \sqrt{15}}{7\sqrt{15} \times \sqrt{15}} = \frac{4\sqrt{45}}{7 \times 15} = \frac{4\sqrt{9 \times 5}}{7 \times 3 \times 5} = \frac{4 \times 3\sqrt{5}}{7 \times 3 \times 5} = \boxed{\frac{4\sqrt{5}}{35}}$$

Remarque 29

On peut aussi simplifier le radicande avant de simplifier le radical :

$$\sqrt{\frac{48}{735}} = \sqrt{\frac{3 \times 16}{3 \times 245}} = \frac{4}{7\sqrt{5}} \times \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{5}} = \frac{4\sqrt{5}}{35}.$$

$$\mathbf{5} \quad \sqrt{\frac{343}{448}} = \sqrt{\frac{7 \times 49}{7 \times 64}} = \frac{\sqrt{49}}{\sqrt{64}} = \boxed{\frac{7}{8}}.$$

$$\mathbf{6} \quad \sqrt{\frac{320}{150}} = \sqrt{\frac{10 \times 32}{10 \times 15}} = \frac{\sqrt{16 \times 2}}{\sqrt{15}} = \frac{4\sqrt{2}}{\sqrt{15}} \times \frac{\sqrt{15}}{\sqrt{15}} = \boxed{\frac{4}{15}\sqrt{30}}.$$

$$\mathbf{7} \quad \sqrt{\frac{114}{78}} = \sqrt{\frac{19}{13}} = \frac{\sqrt{19}}{\sqrt{13}} \times \frac{\sqrt{13}}{\sqrt{13}} = \boxed{\frac{1}{13}\sqrt{247}}.$$

$$\mathbf{8} \quad \sqrt{\frac{1575}{224}} = \sqrt{\frac{9 \times 25 \times 7}{16 \times 7 \times 2}} = \frac{3 \times 5}{4\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \boxed{\frac{15}{8}\sqrt{2}}.$$

Plan du chapitre

I	Puissances à exposants relatifs	55
1	Définition	55
2	Propriétés algébriques	55
II	Identités remarquables	56
III	Expressions fractionnaires	57
IV	Propriétés sur les inégalités	57
1	Conservation de l'ordre par addition	57
2	Produit d'une inégalité par un réel	58
3	Somme de deux inégalités	58
4	Inégalité sur racines carrées	59
	Exercices	60
	Corrigés	68

1 - Puissances à exposants relatifs

1.1 - Définition

Définition 19

Soient x un nombre réel.

On appelle communément **puissance de x** tout nombre s'écrivant sous la forme x^n , où n est un entier relatif.

Remarque 30

En réalité, on devrait définir tout nombre s'écrivant x^n comme une puissance *d'exposant entier*, mais c'est un peu long, on préfère raccourcir en *puissance de x* .

Exemple 23

1 $1\,024$ est une puissance de 2 car $1\,024 = 2^{10}$.

2 $\frac{1}{27}$ est une puissance de 3 car $\frac{1}{27} = \frac{1}{3^3} = 3^{-3}$.

1.2 - Propriétés algébriques

Propriété 19

Soient a et b deux nombres réels. Soient m et n deux entiers relatifs. Alors :

1 $a^n \times a^m = a^{n+m}$

2 $\frac{a^n}{a^m} = a^{n-m}$

3 $(a^n)^m = a^{n \times m}$

4 $(ab)^n = a^n \times b^n$

Exemple 24

1 $5^3 \times 5^{-7} = 5^{3-7} = 5^{-4} = \frac{1}{5^4}$.

2 $\frac{7^8}{7^5} = 7^{8-5} = 7^3$.

3 $(2^7)^3 = 2^{7 \times 3} = 2^{21}$.

4 $15^3 = (3 \times 5)^3 = 3^3 \times 5^3$.

11 - Identités remarquables

Propriété 20 (identités remarquables)

Pour tous nombres réels a et b ,

1 $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$

2 $(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$

3 $(a - b)(a + b) = a^2 - b^2$

Remarque 31

Ces égalités sont à connaître par cœur.

Exemple 25 (développements)

1 $(3x + 4)^2 = (3x)^2 + 2 \times 4 \times 3x + 4^2 = 9x^2 + 24x + 16.$

2 $(5 - 3x)^2 = 5^2 - 2 \times 5 \times 3x + (3x)^2 = 25 - 30x - 9x^2.$

3 $(8x - 7)(8x + 7) = (8x)^2 - 7^2 = 64x^2 - 49.$

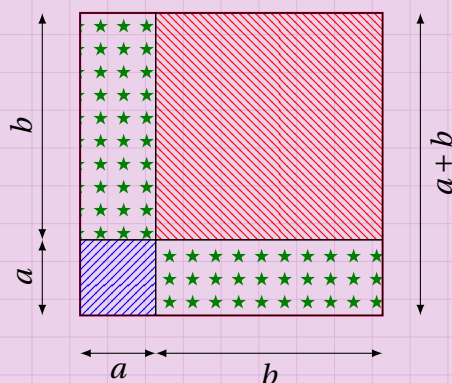
Exemple 26 (factorisations)

1 $4x^2 + 4x + 1 = (2x)^2 + 2 \times 1 \times 2x + 1^2 = (2x + 1)^2.$

2 $100 - 80x + 16x^2 = 10^2 - 2 \times 10 \times 4x + (4x)^2 = (10 - 4x)^2.$

3 $49x^2 - 25 = (7x)^2 - 5^2 = (7x - 5)(7x + 5).$

Démonstration 5 $((a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2)$



Le grand carré bleu a pour dimension $a + b$; son aire est donc égale à $(a + b)^2$.

Ce grand carré est constitué de deux carrés de côtés a et b , donc d'aires a^2 et b^2 , ainsi que de deux rectangles identiques de dimensions $a \times b$, donc d'aire ab .

L'aire totale est donc égale à : $a^2 + b^2 + 2ab$.

Les deux expressions $(a + b)^2$ et $a^2 + b^2 + 2ab$ représentant la même aire, elle sont nécessairement égales.

III - Expressions fractionnaires

Propriété 21

Soient a, b, c et d quatre nombres relatifs non nuls. Alors,

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad + bc}{bd}.$$

Exemple 27

$$\begin{aligned}\frac{2}{x+8} - \frac{3x+1}{2x-7} &= \frac{2(2x-7) - (3x+1)(x+8)}{(x+8)(2x-7)} \\ &= \frac{4x-14 - (3x^2+24x+x+8)}{(x+8)(2x-7)} \\ &= \frac{4x-14-3x^2-24x-x-8}{2x^2-7x+16x-56} \\ &= \frac{-3x^2-21x-22}{2x^2+9x-56}.\end{aligned}$$

IV - Propriétés sur les inégalités

IV . 1 - Conservation de l'ordre par addition

Propriété 22

Soient a, b et k trois nombres réels.

$$a < b \iff a + k < b + k.$$

On peut se servir de cette propriété pour résoudre des inéquations.

Exemple 28

$$\begin{aligned}x+3 < 2x-8 &\iff x+3-\color{red}{x} < 2x-8-\color{red}{x} \\ &\iff 3 < x-8 \\ &\iff 3+\color{blue}{8} < x-8+\color{blue}{8} \\ &\iff 11 < x\end{aligned}$$

L'ensemble solution de toutes les valeurs de x telles que $x+3 < 2x-8$ est donc l'ensemble des valeurs de x qui sont strictement plus grandes que 11.

On note en général cet ensemble S :

$$S =]11; +\infty[.$$

IV . 2 - Produit d'une inégalité par un réel

Propriété 23

Soient a et b deux nombres réels tels que $a < b$.

- Si $k > 0$ alors $ka < kb$ et $\frac{a}{k} < \frac{b}{k}$.
- Si $k < 0$ alors $ka > kb$ et $\frac{a}{k} > \frac{b}{k}$.

Exemple 29

1 $2x > 6 \iff \frac{2x}{2} > \frac{6}{2}$ (on n'inverse pas le signe car on divise par un positif)
 $\iff x > 3.$

2 $-5x > 15 \iff \frac{-5x}{-5} < \frac{15}{-5}$ (on inverse le signe car on divise par un négatif)
 $\iff x < -3.$

Remarque 32

Autrement dit, on change l'inégalité quand on la multiplie ou divise par un nombre négatif.

IV . 3 - Somme de deux inégalités

Propriété 24

Soient a, b, m et n quatre nombres réels.

$$\text{si } a < b \text{ et } m < n \text{ alors } a + m < b + n.$$

Exemple 30

On sait que $x + 5 < 12$ et que $2x - 1 < 4$ donc :

$$(x + 5) + (2x - 1) < 12 + 4$$

et donc :

$$3x + 4 < 16 \quad \text{soit} \quad 3x < 12 \quad \text{donc} \quad x < 4.$$

Attention 4



La réciproque n'est pas nécessairement vraie : si $a + m < b + n$ alors on n'a pas toujours $a < b$ et $m < n$.

De plus, la propriété n'est plus vraie si on soustrait.

IV . 4 - Inégalité sur racines carrées

Propriété 25 (Inégalité sur les racines carrées)

Soient a et b deux nombres réels strictement positifs. Alors,

$$\sqrt{a+b} < \sqrt{a} + \sqrt{b}.$$

Démonstration 6

On a d'une part $(\sqrt{a+b})^2 = a+b$ et d'autre part $(\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 = a + 2\sqrt{ab} + b > a+b$, donc :

$$(\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 > (\sqrt{a+b})^2$$

et comme $\sqrt{a} + \sqrt{b}$ et $\sqrt{a+b}$ sont deux nombres positifs, cela signifie que :

$$\sqrt{a} + \sqrt{b} > \sqrt{a+b}.$$

Manipulation d'expressions algébriques

Exercice 3.1

On sait que le volume d'un cylindre de hauteur h et de base circulaire de rayon r est donné par la formule $V = \pi r^2 h$.

Donner la formule permettant de calculer le rayon de la base quand on connaît le volume et le hauteur du cylindre.

Solution page 68

Exercice 3.2

Soient a, b, c, x et y cinq nombres réels, avec $b \neq 0$.

Sachant que $ax + by + c = 0$, exprimer y en fonction des quatre autres nombres.

Solution page 68

Exercice 3.3

La distance d , exprimée en mètres, parcourue par un objet est égale au produit de sa vitesse v (exprimée en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit en mètres par seconde) et du temps t du trajet (exprimé en secondes).

- 1 Calculer la distance parcourue par un objet allant à $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en 5 secondes.
- 2 Calculer le temps nécessaire pour qu'un objet allant à $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ parcourt une distance de 10 km.
- 3 Calculer la vitesse (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) d'un objet parcourant 10 km en 5 minutes.

Solution page 68

Exercice 3.4 (conversions Celsius-Fahrenheit)

Quand on connaît une température en degrés Celsius C et que l'on souhaite connaître son équivalent en degrés Fahrenheit F , on utilise la formule suivante : $F = \frac{9}{5}C + 32$.

Déterminer la formule pour passer des degrés Fahrenheit aux degrés Celsius.

Solution page 68

Exercice 3.5 (IMC)

L'Indice de Masse Corporelle (IMC) d'une personne est donné par la formule : $\text{IMC} = \frac{m}{T^2}$, où m est la masse (exprimée en kg) et T la taille (en mètres).

Calculer la taille d'une personne dont l'IMC est égal à 32 et dont la masse est égale à 75 kg.

Solution page 69

Développements

Exercice 3.6 (double distributivité)

Développer les expressions suivantes :

1 $A = (x + 2)(x + 3)$

2 $B = (3x + 2)(5x + 3)$

3 $C = (3 - 5x)(2x - 7)$

4 $D = (5x - 4)(-3x - 2)$

5 $E = (4x - 1)(2x + 4) + (2x - 1)(5x + 3)$

6 $F = (x - 4)(x + 3) - 2(x + 1)(x - 2)$

7 $G = (x + 5)(2x - 1) - 5(x + 7)(x + 1)$

Solution page 69

Exercice 3.7 (identités remarquables)

Développer les expressions suivantes :

1 $A = (x + 2)^2$

2 $B = (3x + 2)^2$

3 $C = (3 - 5x)^2$

4 $D = (5x - 4)^2$

5 $E = (4x - 1)^2$

6 $F = (x - 4)(x + 4)$

7 $G = (2x + 5)(2x - 5)$

8 $H = (3x - 7)(3x + 7)$

Solution page 70

Exercice 3.8 (florilège de développements)

Développer les expressions suivantes :

1 $A = (2x - 5)(x + 3) + (x + 6)^2$

2 $B = (3x + 4)^2 - (x - 1)(x + 1)$

3 $C = (5x - 4)(5x + 4) - 2(x + 3)(x - 3)$

4 $D = (8x + 3)(3x - 8) - 3(x + 9)^2$

5 $E = (7x - 1)(7x + 1) - 5(3x - 2)^2$

6 $F = 3(2x - 1)^2 + (5x - 3)^2$

Solution page 70

Exercice 3.9

Soient a et b deux nombres réels.

En utilisant l'identité remarquable permettant de développer $(a + b)^2$, donner le développement de $(a + b)^n$, pour $n = 3$, $n = 4$ puis $n = 5$.

Donner alors le développement de $(1 + x)^n$ pour $n = 2$, $n = 3$, $n = 4$ et $n = 5$.

Solution page 71

Exercice 3.10

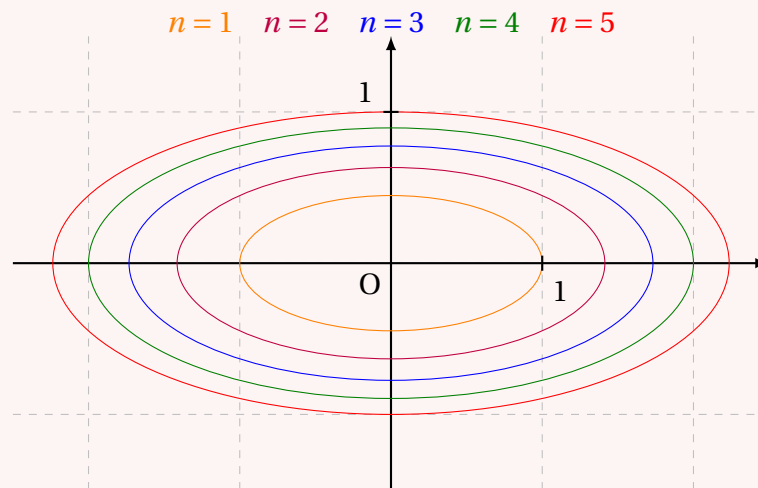
Développer l'expression $(a + b + c)^2$, où a , b et c sont trois nombres réels.

Solution page 72

Exercice 3.11 (pour les balaises... et pas que les Pascal !)

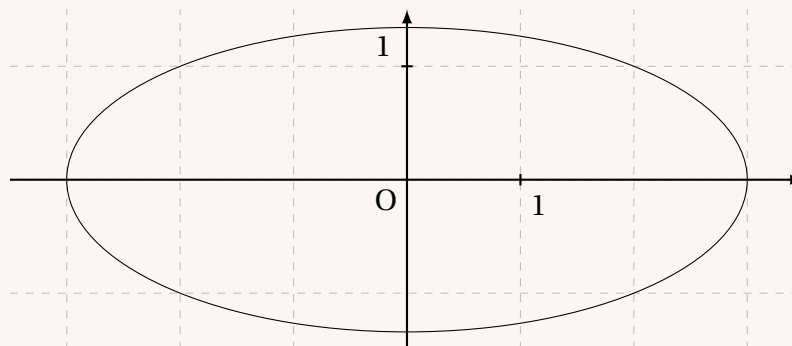
- 1** Développer $(x + y\sqrt{5})^2$, où x et y sont deux nombres réels.

On a tracé ci-dessous dans un repère les ensembles des points $M(x; y)$ tels que $x^2 + 5y^2 = n$, pour n entier variant de 1 à 5.



- 2** Le point $M(1; 0)$ appartient-il à l'ensemble **orange**?
En remplaçant x par 1 et y par 0 dans le développement de la question **1**, quelle égalité obtient-on?
- 3** Existe-t-il des points à coordonnées entières sur les ensembles qui ne sont pas **orange**?
Si oui, quelle(s) égalité(s) cela nous permet-il d'écrire?

Pour $n = 9$, on a l'ensemble des points suivant :



- 4** À l'aide des coordonnées entières d'un point de cet ensemble, montrer que :

$$\sqrt{9 + 4\sqrt{5}} = 2 + \sqrt{5}.$$

- 5** Pour $n = 14$, on peut constater que le point $Q(3; 1)$ appartient à l'ensemble des points de coordonnées $(x; y)$ tels que $x^2 + 5y^2 = 14$.

En déduire une écriture simplifiée du nombre $\sqrt{14 + 6\sqrt{5}}$.

- 6** **a.** Montrer que pour tout entier naturel n ,

$$\sqrt{n^2 + 5 + 2n\sqrt{5}} = n + \sqrt{5}.$$

- b.** Trouver alors l'écriture simplifiée du nombre $\sqrt{405 + 40\sqrt{5}}$.

Solution page 72

Exercice 3.12 (extrait du livre X des Éléments d'Euclide)

Montrer l'égalité suivante, où a et b sont des nombres réels tels que $a^2 \geq b$:

$$\sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2}} + \sqrt{\frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}} = \sqrt{a + \sqrt{b}}.$$

Solution page 74

Factorisations

Exercice 3.13 (Avec facteur commun évident)

Factoriser chacune des expressions suivantes sachant que le facteur commun est explicite dans chaque terme.

1 $A = (2x + 1)(x + 3) - 2(x + 3)(5x + 6)$

2 $B = (x - 4)(2x + 9) + 3(x - 4)(7x + 3)$

3 $C = (3x - 1)(5x + 2) - (5x + 2)(9x + 8)$

Solution page 75

Exercice 3.14 (en faisant apparaître le facteur commun)

Factoriser chacune des expressions suivantes sachant que le facteur commun n'est pas explicite dans chaque terme mais que l'on peut le faire apparaître sans l'aide d'une identité remarquable.

1 $D = (9x + 6)(4x + 1) + (3x + 2)(1 - 4x)$

2 $E = (2x + 3)(5x - 10) - 3(x - 2)(5x + 9)$

3 $F = (3x - 1)(2x + 7) - 4(1 - 3x)(7 - 2x)$

Solution page 75

Exercice 3.15 (À l'aide des identités remarquables)

Factoriser chacune des expressions suivantes sachant que le facteur commun n'est pas explicite dans chaque terme mais que l'on peut le faire apparaître à l'aide d'une identité remarquable.

1 $G = 9x^2 + 6x + 1 - (3x + 1)(4x - 1)$

2 $H = 4x^2 - 12x + 9 + (2x - 3)(7x + 1)$

3 $I = 25x^2 - 4 + 3(5x - 2)(x + 3)$

Solution page 76

Exercice 3.16 (À l'aide de la troisième identité remarquable)

Factoriser chacune des expressions suivantes à l'aide de la troisième identité remarquable :

$$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b).$$

1 $A = (x + 1)^2 - (x - 1)^2$

2 $B = (2x + 3)^2 - (3x - 2)^2$

3 $C = (3 - 4x)^2 - (5x + 1)^2$

4 $D = (8 - 4x)^2 + (6x + 4)^2$

5 $E = 36(x - 4)^2 - 64(x + 3)^2$

6 $F = 25(3 - 7x)^2 - 9(2x + 5)^2$

Solution page 76

Exercice 3.17 (À l'aide d'une identité remarquable)

Factoriser chacune des expressions suivantes sachant que l'on peut faire apparaître une identité remarquable de la forme $a^2 - b^2$ pour factoriser.

1 $J = (9x + 18)(x + 2) - (4x + 20)(x + 5)$

2 $K = 2(2x + 3)(4x + 6) - 3(3x + 2)(9x + 6)$

3 $L = 7(7x + 1)(49x + 7) + (1 - 4x)(16x - 4)$

Solution page 78

Exercice 3.18 (À l'aide des identités remarquables)

Factoriser chacune des expressions suivantes à l'aide d'une des trois identités remarquables.

1 $A = x^2 + 2x + 1$

2 $B = 9x^2 - 12x + 4$

3 $C = x^2 - 9$

4 $D = 4x^2 + 12x + 9$

5 $E = \frac{1}{4}x^2 - 5x + 25$

6 $F = 25 - 4x^2$

7 $G = 81x^2 + 126x + 49$

8 $H = 121x^2 - 64$

Solution page 78

Exercice 3.19 (Calculs astucieux)

Sans utiliser la calculatrice, donner le résultat des opérations suivantes :

1 $A = 897526^2 - 897525 \times 897527$

2 $B = 100001^2 - 99999^2$

Solution page 80

Équations

Exercice 3.20

Résoudre les équations suivantes :

1 $-3x + 7 = 0$

2 $\frac{3}{5}x - 6 = 0$

3 $-\frac{2}{7}x + \frac{1}{2} = \frac{2}{21}x + 2$

4 $(-3x + 1)(5x - 7) = 0$

5 $\left(-\frac{1}{2}x - 5\right)\left(\frac{3}{4}x + 2\right) = 0$

6 $2x(5x - 1)(2x + 3) = 0$

7 $\frac{x^2 + 1}{x - 1} = \frac{2x}{x - 1}$

8 $\frac{1}{x + 2} = \frac{1}{x^2 - 4}$

9 $\frac{1}{x} + \frac{1}{x + 1} = 2$

10 $\frac{2}{x - 1} = 1 - \frac{x}{x + 1}$

Solution page 81

Exercice 3.21 (équations avec carrés)

Résoudre les équations suivantes :

1 $(3x - 5)^2 = 16$

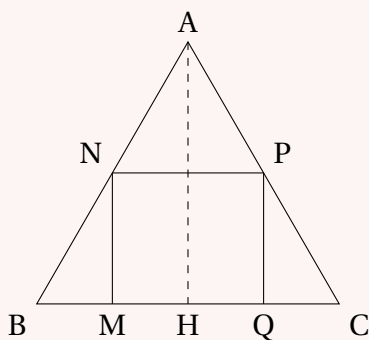
2 $(x^2 - 4)^2 = 81$

3 $(3x^2 - 4)^2 = 9$

4 $\left(\frac{2x - 1}{x - 7}\right)^2 = 25$

Solution page 82

Exercice 3.22 (dans un triangle équilatéral)



Soit ABC un triangle équilatéral tel que $AB = 6$ et soit H le milieu de [BC].

M est un point de [BH]. On place les points N et P respectivement sur [AB] et [AC] tels que MNPQ soit un rectangle d'axe de symétrie (AH).

On pose $BM = x$.

1 a. Exprimer MN en fonction de x .

b. Justifier que $MQ = 6 - 2x$.

2 On veut que MNPQ soit un carré.

a. Montrer alors que $x\sqrt{3} = 6 - 2x$.

b. Calculer x .

Solution page 84

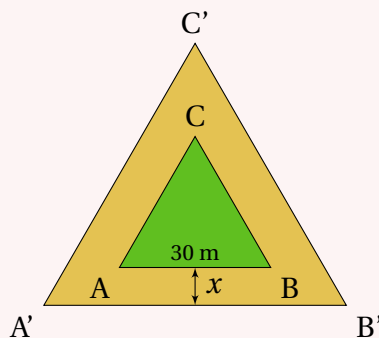
Exercice 3.23 (mise en équation)

Le jardin ABC est un triangle équilatéral de côté 30 mètres, entouré d'une allée de largeur x mètres (représentée en jaune ci-contre). Le triangle A'B'C' est lui aussi équilatéral.

On cherche à déterminer la valeur de x pour laquelle l'aire de l'allée est égale à celle du jardin.

On admettra les valeurs suivantes :

$$\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} ; \quad \tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}.$$



- 1 a. On note h la hauteur de ABC. Montrer que $h = 15\sqrt{3}$ mètres.
b. Montrer alors que l'aire de ABC est : $\mathcal{A} = 225\sqrt{3} \text{ m}^2$.
- 2 a. En considérant le point P de [A'B'] de sorte que A'AP soit un triangle rectangle d'hypoténuse AA', montrer que $A'B' = 30 + 2x\sqrt{3}$.
b. En déduire que l'aire de A'B'C' est : $\mathcal{A}' = (15 + x\sqrt{3})^2 \sqrt{3}$.
- 3 a. Montrer que chercher x pour que l'aire de l'allée soit égale à celle du jardin revient à résoudre l'équation $\mathcal{A}' = 2\mathcal{A}$.
b. Trouver alors la valeur exacte, puis approchée, de x .

Solution page 85

Exercice 3.24 (équations avec racines carrées)

Résoudre les équations suivantes :

1 $\sqrt{3x-2} = 7.$

2 $\sqrt{\frac{5x-4}{3x+1}} = 3.$

3 $\sqrt{x^2+x+1} = x+1.$

4 $x\sqrt{7} + \sqrt{2} = \sqrt{7} - x\sqrt{2}.$

5 $\sqrt{(x-2)(3x+4)} = 2(3x+4).$

Solution page 87

Inéquations et inégalités

Exercice 3.25

Soient a et b deux nombres positifs tels que $a \neq b$.

On appelle *moyenne arithmétique* de a et b le nombre $m = \frac{a+b}{2}$.

On appelle *moyenne géométrique* de a et b le nombre $g = \sqrt{ab}$.

Montrer que $g < m$.

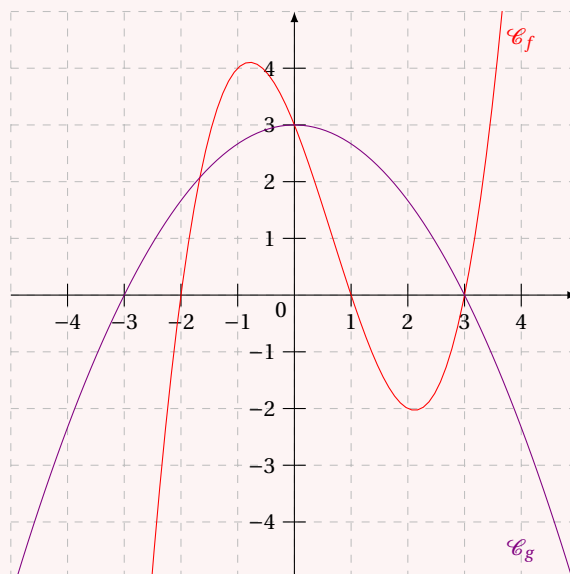
Aide : on pourra regarder la démonstration de la propriété 25 du cours de ce livre pour se donner une idée.

Solution page 90

Exercice 3.26 (résolutions graphiques)

Résoudre graphiquement sur $[-5;5]$ les inéquations suivantes à l'aide du graphique ci-contre :

- 1 $f(x) > g(x)$
- 2 $f(x) \geq 0$
- 3 $g(x) \leq 0$



Solution page 90

Exercice 3.27 (nombre minimal de contrats)

Le salaire d'un représentant est calculé de la façon suivante : un salaire fixe de 800 €, et une commission de 152 € sur chaque contrat qu'il vend.

Quel nombre minimal de contrats doit-il vendre pour obtenir un salaire de 2 300 €?

Solution page 92

Algorithmes et programmation

Exercice 3.28

On considère le nombre : $U_n = 2^n$, où n est un entier naturel.

- 1 Écrire un algorithme permettant de calculer et d'afficher la première valeur de n pour laquelle $U_n > 10^6$.
- 2 Écrire le programme Python qui correspond à cet algorithme.

Solution page 92

Exercice 3.29

On considère le nombre : $U_n = 3^{-n}$, où n est un entier naturel.

- 1 Écrire un algorithme permettant de calculer et d'afficher la première valeur de n pour laquelle $U_n < 10^{-8}$.
- 2 Écrire le programme Python qui correspond à cet algorithme.

Solution page 93

Corrigé de l'exercice 3.1 page 60

$$V = \pi r^2 h \iff \frac{V}{\pi h} = r^2$$

$$\iff r = \sqrt{\frac{V}{\pi h}}$$

Corrigé de l'exercice 3.2 page 60

$$ax + by + c = 0 \iff by = -ax - c$$

$$\iff y = \frac{-ax - c}{b}$$

Corrigé de l'exercice 3.3 page 60

$$1 \quad d = v \times t \iff d = 50 \times 5$$

$$\iff \underline{d = 250 \text{ m.}}$$

$$2 \quad v = d \times t \iff t = \frac{v}{d}$$

$$\iff t = \frac{80}{10}$$

$$\iff \underline{t = 8 \text{ h.}}$$

$$3 \quad d = v \times t \iff v = \frac{d}{t}$$

$$\iff v = \frac{10000 \text{ m}}{5 \times 60 \text{ s}}$$

$$\iff \underline{v \approx 33,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.}$$

Corrigé de l'exercice 3.4 page 60

$$F = \frac{9}{5}C + 32 \iff F - 32 = \frac{9}{5}C$$

$$\iff \frac{5}{9} \times (F - 32) = \frac{5}{9} \times \frac{9}{5}C \text{ (on multiplie par l'inverse de } \frac{9}{5} \text{ pour supprimer cette fraction)}$$

$$\iff \boxed{C = \frac{5}{9}(F - 32)}$$

Corrigé de l'exercice 3.5 page 60

$$\text{IMC} = \frac{p}{T^2} \iff 32 = \frac{75}{T^2}$$

$$\iff T^2 \times 32 = 75 \text{ (égalité des produits en croix)}$$

$$\iff T^2 = \frac{75}{32}$$

$$\iff T = \sqrt{\frac{75}{32}}$$

$$\iff \boxed{T \approx 1,53}$$

La personne mesure donc environ 1,53 mètres.

Remarque 36

Chez les adultes, l'IMC devrait être compris entre 18,5 et 25. Au-delà, la personne est définie comme en *surpoids* (ou en *obésité* si l'IMC dépasse 30). Pour un IMC en-dessous de 18,5, la personne est définie comme en *insuffisance pondérale* (maigreur).

Corrigé de l'exercice 3.6 page 61

$$\begin{aligned} \text{1} \quad A &= (x+2)(x+3) \\ &= x^2 + 3x + 2x + 6 \end{aligned}$$

$$\boxed{A = x^2 + 6x + 6}$$

$$\begin{aligned} \text{2} \quad B &= (3x+2)(5x+3) \\ &= 15x^2 + 9x + 10x + 6 \end{aligned}$$

$$\boxed{B = 15x^2 + 19x + 6}$$

$$\begin{aligned} \text{3} \quad C &= (3-5x)(2x-7) \\ &= 6x - 21 - 10x^2 + 35x \end{aligned}$$

$$\boxed{C = -10x^2 + 41x - 21}$$

$$\begin{aligned} \text{4} \quad D &= (5x-4)(-3x-2) \\ &= -15x^2 - 10x + 12x + 8 \end{aligned}$$

$$\boxed{D = -15x^2 + 2x + 8}$$

$$\begin{aligned} \text{5} \quad E &= (4x-1)(2x+4) + (2x-1)(5x+3) \\ &= (8x^2 + 16x - 2x - 4) + (10x^2 + 6x - 5x - 3) \end{aligned}$$

$$\boxed{E = 18x^2 + 15x - 7}$$

$$\begin{aligned} \text{6} \quad F &= (x-4)(x+3) - 2(x+1)(x-2) \\ &= (x^2 + 3x - 4x - 12) - 2(x^2 - 2x + x - 2) \\ &= x^2 - x - 12 - 2x^2 + 2x + 4 \end{aligned}$$

$$\boxed{F = -x^2 + x - 8}$$

$$\begin{aligned}
 7 \quad G &= (x+5)(2x-1) - 5(x+7)(x+1) \\
 &= (2x^2 - x + 10x - 5) - 5(x^2 + x + 7x + 7) \\
 &= 2x^2 + 9x - 5 - 5x^2 - 40x - 35 \\
 G &= -3x^2 - 31x - 40
 \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 3.7 page 61

$$\begin{aligned}
 1 \quad A &= (x+2)^2 = x^2 + 2 \times 2 \times x + 2^2 = x^2 + 4x + 4 \\
 2 \quad B &= (3x+2)^2 = (3x)^2 + 2 \times 2 \times 3x + 2^2 = 9x^2 + 12x + 4 \\
 3 \quad C &= (3-5x)^2 = 3^2 - 2 \times 3 \times 5x + (5x)^2 = 9 - 30x + 25x^2 \\
 4 \quad D &= (5x-4)^2 = (5x)^2 - 2 \times 4 \times 5x + 4^2 = 25x^2 - 40x + 16 \\
 5 \quad E &= (4x-1)^2 = (4x)^2 - 2 \times 1 \times 4x + 1^2 = 16x^2 - 8x + 1 \\
 6 \quad F &= (x-4)(x+4) = x^2 - 4^2 = x^2 - 16 \\
 7 \quad G &= (2x+5)(2x-5) = (2x)^2 - 5^2 = 4x^2 - 25 \\
 8 \quad H &= (3x-7)(3x+7) = (3x)^2 - 7^2 = 9x^2 - 49
 \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 3.8 page 61

$$\begin{aligned}
 1 \quad A &= (2x-5)(x+3) + (x+6)^2 \\
 &= (2x^2 + 6x - 5x - 15) + (x^2 + 2 \times 6 \times x + 6^2) \\
 &= 2x^2 + x - 15 + x^2 + 12x + 36 \\
 A &= 3x^2 + 13x + 21 \\
 2 \quad B &= (3x+4)^2 - (x-1)(x+1) \\
 &= (3x)^2 + 2 \times 4 \times 3x + 4^2 - (x^2 - 1^2) \\
 &= 9x^2 + 24x + 16 - x^2 + 1 \\
 B &= 8x^2 + 24x + 17 \\
 3 \quad C &= (5x-4)(5x+4) - 2(x+3)(x-3) \\
 &= (5x)^2 - 4^2 - 2(x^2 - 3^2) \\
 &= 25x^2 - 16 - 2x^2 + 18 \\
 C &= 23x^2 + 2 \\
 4 \quad D &= (8x+3)(3x-8) - 3(x+9)^2 \\
 &= 24x^2 - 64x + 9x - 24 - 3(x^2 + 2 \times 9 \times x + 9^2) \\
 &= 24x^2 - 55x - 24 - 3(x^2 + 18x + 81) \\
 &= 24x^2 - 55x - 24 - 3x^2 - 54x - 243 \\
 D &= 21x^2 - 109x - 267
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{5} \quad E &= (7x-1)(7x+1) - 5(3x-2)^2 \\
 &= (7x)^2 - 1^2 - 5[(3x)^2 - 2 \times 2 \times 3x + 2^2] \\
 &= 49x^2 - 1 - 5(9x^2 - 12x + 4) \\
 &= 49x^2 - 1 - 45x^2 + 60x - 20
 \end{aligned}$$

$$E = 4x^2 + 60x - 21$$

$$\begin{aligned}
 \text{6} \quad F &= 3(2x-1)^2 + (5x-3)^2 \\
 &= 3(4x^2 - 4x + 1) + (25x^2 - 30x + 9) \\
 &= 12x^2 - 12x + 3 + 25x^2 - 30x + 9
 \end{aligned}$$

$$F = 37x^2 - 42x + 12$$

Corrigé de l'exercice 3.9 page 61

- $$\begin{aligned}
 (a+b)^3 &= (a+b)(a+b)^2 \\
 &= (a+b)(a^2 + 2ab + b^2) \\
 &= \underbrace{(a^3 + 2a^2b + ab^2)}_{=a(a^2+2ab+b^2)} + \underbrace{(a^2b + 2ab^2 + b^3)}_{=b(a^2+2ab+b^2)} \\
 (a+b)^3 &= a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 (a+b)^4 &= (a+b)(a+b)^3 \\
 &= (a+b)(a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3) \\
 &= (a^4 + 3a^3b + 3a^2b^2 + ab^3) + (a^3b + 3a^2b^2 + 3ab^3 + b^4) \\
 (a+b)^4 &= a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 (a+b)^5 &= (a+b)(a+b)^4 \\
 &= (a+b)(a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4) \\
 &= (a^5 + 4a^4b + 6a^3b^2 + 4a^2b^3 + ab^4) + (a^4b + 4a^3b^2 + 6a^2b^3 + 4ab^4 + b^5) \\
 (a+b)^5 &= a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5
 \end{aligned}$$

Si on représente les coefficients des termes du développement de $(a+b)^n$ pour n allant de 0 à 5, on a ceci :

n	Coefficients					
$n = 0 : (a+b)^0 = 1$	1					
$n = 1 : (a+b)^1 = 1a + 1b$	1	1				
$n = 2 : (a+b)^2 = 1a^2 + 2ab + 1b^2$	1	2	1			
$n = 3$	1	3	3	1		
$n = 4$	1	4	6	4	1	
$n = 5$	1	5	10	10	5	1

On s'aperçoit qu'un coefficient est la somme de celui qui est juste au-dessus et de son prédécesseur (comme dans l'exemple des cases jaunes : $10 = 4 + 6$).

Les coefficients forment une sorte de triangle de nombres; c'est ce que l'on appelle le *triangle de Pascal* (Blaise Pascal était un grand mathématicien français du XVII^e siècle).
Le développement de $(1+x)^n$ pour n variant de 2 à 5 est donc :

- $(1+x)^2 = 1 + 2x + x^2$,
- $(1+x)^3 = 1 + 3x + 3x^2 + x^3$,
- $(1+x)^4 = 1 + 4x + 6x^2 + 4x^3 + x^4$,
- $(1+x)^5 = 1 + 5x + 10x^2 + 10x^3 + 5x^4 + x^5$.

Corrigé de l'exercice 3.10 page 61

Pour développer $(a+b+c)^2$, on peut voir ce calcul sous la forme :

$$\begin{aligned}(a+b+c)^2 &= (a+b+c)(a+b+c) \\ &= [(a+b)(a+b+c)] + c(a+b+c) \\ &= [(a+b)(a+b) + c(a+b)] + c(a+b+c) \\ &= a^2 + 2ab + b^2 + ac + bc + ac + bc + c^2\end{aligned}$$

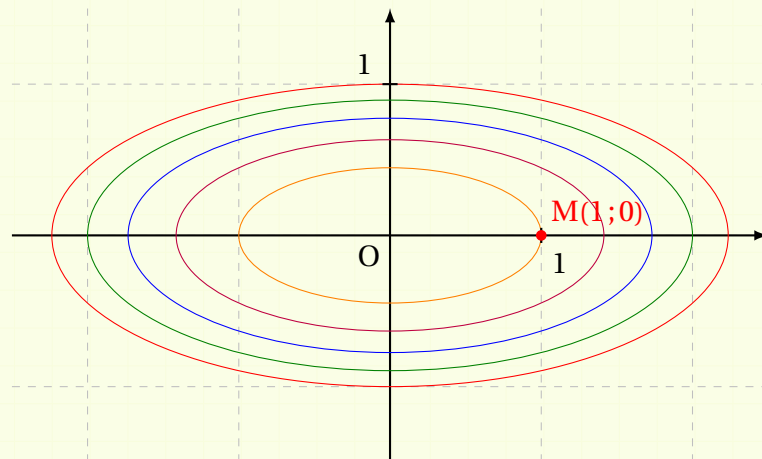
$$(a+b+c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc$$

Corrigé de l'exercice 3.11 page 62

$$\begin{aligned}1 \quad (x+y\sqrt{5})^2 &= x^2 + 2 \times x \times y\sqrt{5} + (y\sqrt{5})^2 \\ &= x^2 + 2xy\sqrt{5} + 5y^2\end{aligned}$$

$$(x+y\sqrt{5})^2 = x^2 + 5y^2 + 2xy\sqrt{5}$$

2 M(1;0) appartient en effet à l'ensemble orange car l'ellipse orange passe par ce point :



Si on remplace les coordonnées de ce point dans l'égalité de la question 1, on a :

$$(1 + 0 \times \sqrt{5})^2 = 1^2 + 5 \times 0^2 + 2 \times 1 \times 0 \times \sqrt{5}$$

soit :

$$1^2 = 1^2.$$

- 3** Sur les ensembles **violet**, **bleu** et **vert**, il n'y a aucun point à coordonnées entières. En revanche, le point $N(0; 1)$ est sur l'ensemble **rouge**. En remplaçant x par 0 et y par 1 dans l'égalité de la question **1**, on obtient :

$$(0^2 + 1\sqrt{5})^2 = 0^2 + 5 \times 1^2 + 2 \times 0 \times 1\sqrt{5}$$

soit :

$$(\sqrt{5})^2 = 5.$$

Bon, là non plus, ce n'est pas une révolution... mais on avance...

- 4** Le point $P(2; 1)$ appartient à cet ensemble car :

$$2^2 + 5 \times 1^2 = 9.$$

En remplaçant x par 2 et y par 1 dans l'égalité de la question **1**, on obtient :

$$\begin{aligned}(2 + 1\sqrt{5})^2 &= 2^2 + 5 \times 1^2 + 2 \times 2 \times 1\sqrt{5} \\ &= 9 + 4\sqrt{5}.\end{aligned}$$

On en déduit alors :

$$\sqrt{(2 + 1\sqrt{5})^2} = \sqrt{9 + 4\sqrt{5}}$$

soit :

$$\boxed{\sqrt{9 + 4\sqrt{5}} = 2 + \sqrt{5}}$$

- 5** $Q(3; 1)$ appartient à l'ensemble. En remplaçant x par 3 et y par 1 dans l'égalité de la question **1**, on obtient :

$$\begin{aligned}(3 + 1\sqrt{5})^2 &= 3^2 + 5 \times 1^2 + 2 \times 3 \times 1\sqrt{5} \\ &= 14 + 6\sqrt{5}.\end{aligned}$$

On en déduit alors :

$$\sqrt{(3 + 1\sqrt{5})^2} = \sqrt{14 + 6\sqrt{5}}$$

soit :

$$\boxed{\sqrt{14 + 6\sqrt{5}} = 3 + \sqrt{5}}$$

- 6** **a.** Pour tout entier naturel n , on a :

$$\begin{aligned}(n + \sqrt{5})^2 &= n^2 + 2n\sqrt{5} + (\sqrt{5})^2 \\ &= n^2 + 5 + 2n\sqrt{5}.\end{aligned}$$

En prenant la racine carrée des deux membres de cette dernière égalité, on obtient :

$$\boxed{n + \sqrt{5} = \sqrt{n^2 + 5 + 2n\sqrt{5}}}$$

b. $\sqrt{405 + 40\sqrt{5}} = \sqrt{20^2 + 5 + 2 \times 20\sqrt{5}}$ donc en prenant $n = 20$ dans la formule précédente, on obtient :

$$\boxed{\sqrt{405 + 40\sqrt{5}} = 20 + \sqrt{5}}$$

Corrigé de l'exercice 3.12 page 63

Premier constat : les deux membres de l'égalité à démontrer sont positifs. Ainsi, démontrer l'égalité entre leur carré est équivalent. En d'autres termes, démontrer l'égalité :

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

est équivalent à démontrer l'égalité :

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

c'est-à-dire :

$$\left(\sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2}} + \sqrt{\frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}} \right)^2 = a + \sqrt{b}.$$

C'est ce que nous allons faire.

Développons le membre de gauche à l'aide de l'identité remarquable :

$$(A + B)^2 = A^2 + 2AB + B^2.$$

$$\begin{aligned} & \left(\sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2}} + \sqrt{\frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}} \right)^2 \\ &= \left(\sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2}} \right)^2 + 2\sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2}} \times \sqrt{\frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}} + \left(\sqrt{\frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}} \right)^2 \\ &= \frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2} + 2\sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2} \times \frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}} + \frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2} \\ &= \frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2} + \frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2} + 2\sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2} \times \frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}} \\ & \quad \text{(on a réorganisé les termes)} \\ &= a + 2\sqrt{\frac{(a + \sqrt{a^2 - b})(a - \sqrt{a^2 - b})}{4}} \\ &= a + 2\frac{\sqrt{a^2 - (\sqrt{a^2 - b})^2}}{\sqrt{4}} \\ &= a + \sqrt{a^2 - (a^2 - b)} \\ &= a + \sqrt{b}. \text{ (nous avons démontré l'égalité souhaitée)} \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 3.13 page 63

$$\begin{aligned} A &= (2x+1)(x+3) - 2(x+3)(5x+6) \\ &= (x+3)[(2x+1) - 2(5x+6)] \\ &= (x+3)(2x+1-10x-12) \end{aligned}$$

$$= (x+3)(-8x-11)$$

$$= \underline{-(x+3)(8x+11)}$$

le facteur commun est $(x+3)$
on enlève les parenthèses dans les crochets en multipliant par -2 le $5x$ et le 6
on réduit l'expression dans la deuxième paire de parenthèses
on met en facteur « -1 » pour la lisibilité

$$\begin{aligned} B &= (x-4)(2x+9) + 3(x-4)(7x+3) \\ &= (x-4)[(2x+9) + 3(7x+3)] \\ &= (x-4)(2x+9+21x+9) \end{aligned}$$

$$= \underline{(x-4)(23x+18)}$$

le facteur commun est $(x-4)$
on enlève les parenthèses dans les crochets en multipliant par 3 le $7x$ et le 3
on réduit l'expression dans la deuxième paire de parenthèses

$$\begin{aligned} C &= (3x-1)(5x+2) - (5x+2)(9x+8) \\ &= (5x+2)[(3x-1) - (9x+8)] \\ &= (5x+2)(3x-1-9x-8) \end{aligned}$$

$$= (5x+2)(-6x-9)$$

$$= \underline{-3(5x+2)(2x+3)}$$

le facteur commun est $(5x+2)$
on enlève les parenthèses dans les crochets en multipliant par -1 le $9x$ et le 8
on réduit l'expression dans la deuxième paire de parenthèses
on factorise par -2 ce qu'il y a dans la deuxième paire de parenthèses

Corrigé de l'exercice 3.14 page 63

$$\begin{aligned} D &= (9x+6)(4x+1) + (3x+2)(1-4x) \\ &= \underline{3(3x+2)}(4x+1) + \underline{(3x+2)}(1-4x) \end{aligned}$$

$$= (3x+2)[3(4x+1) + (1-4x)]$$

$$= (3x+2)(12x+3+1-4x)$$

$$= (3x+2)(8x+4)$$

$$= \underline{4(3x+2)(2x+1)}$$

on factorise $(9x+6)$ par 3 pour faire apparaître $(3x+2)$, qui est dans la deuxième partie
on factorise par $(3x+2)$
on enlève les parenthèses dans les crochets
on réduit l'expression dans la seconde paire de parenthèses
on factorise par 4 dans le deuxième facteur

$$\begin{aligned} E &= (2x+3)(5x-10) - 3(x-2)(5x+9) \\ &= \underline{5(x-2)}(2x+3) - 3\underline{(x-2)}(5x+9) \end{aligned}$$

$$= (x-2)[5(2x+3) - 3(5x+9)]$$

$$= (x-2)(10x+15-15x-27)$$

$$= (x-2)(-5x-12)$$

$$= \underline{-(x-2)(5x+12)}$$

on factorise $(5x-10)$ par 5 pour faire apparaître $(x-2)$, qui est dans la deuxième partie
on factorise par $(x-2)$
on enlève les parenthèses dans les crochets
on réduit l'expression dans le second facteur
on factorise par -1 dans le deuxième facteur

$$\begin{aligned}
 F &= (3x-1)(2x+7) - 4(1-3x)(7-2x) \\
 &= (3x-1)(2x+7) + 4(3x-1)(7-2x) && \text{on factorise } (1-3x) \text{ par } (-1) \text{ pour faire apparaître } (3x-1), \text{ qui est dans la première partie} \\
 &= (3x-1)[(2x+7) + 4(7-2x)] && \text{on factorise par } (3x-1) \\
 &= (3x-1)(2x+7+28-8x) && \text{on enlève les parenthèses dans les crochets} \\
 &= \underline{(3x-1)(-6x+35)} && \text{on réduit l'expression dans le second facteur}
 \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 3.15 page 63

$$\begin{aligned}
 G &= 9x^2 + 6x + 1 - (3x+1)(4x-1) \\
 &= (3x+1)^2 - (3x+1)(4x-1) && \text{on veut que } 9x^2 + 6x + 1 \text{ soit une identité remarquable de la forme } (a+b)^2, \text{ donc il faut que } 9x^2 = a^2 \text{ et que } 1 = b^2 \\
 & && \text{donc } a = 3x \text{ et } b = 1 \\
 &= (3x+1)[(3x+1) - (4x-1)] && \text{on factorise par } (3x+1) \\
 &= (3x+1)(3x+1-4x+1) && \text{on enlève les parenthèses dans les crochets} \\
 &= \underline{(3x+1)(-x+2)} && \text{on réduit l'expression dans le second facteur} \\
 \\
 H &= 4x^2 - 12x + 9 + (2x-3)(7x+1) \\
 &= (2x-3)^2 + (2x-3)(7x+1) && \text{il faut que } 4x^2 = a^2 \text{ et } 9 = b^2, \text{ donc } a = 2x \text{ et } b = 3 \\
 &= (2x-3)(2x-3+7x+1) \\
 &= \underline{(2x-3)(9x+2)} \\
 \\
 I &= 25x^2 - 4 + 3(5x-2)(x+3) \\
 &= (5x)^2 - 2^2 + 3(5x-2)(x+3) && \text{on fait apparaître une expression de la forme } a^2 - b^2 \\
 & && \text{on factorise } a^2 - b^2 \text{ en } (a-b)(a+b) \\
 &= (5x-2)(5x+2) + 3(5x-2)(x+3) \\
 &= (5x-2)[5x+2+3(x+3)] \\
 &= (5x-2)(5x+2+3x+9) \\
 &= \underline{(5x-2)(8x+11)}
 \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 3.16 page 64

1 $A = (x+1)^2 - (x-1)^2.$

A est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = (x+1)$ et $b = (x-1)$, d'où :

$$\begin{aligned}
 A &= [(x+1) - (x-1)][(x+1) + (x-1)] \\
 &= (x+1-x+1)(x+1+x-1) \\
 &= 2 \times 2x
 \end{aligned}$$

$$A = 4x$$

2 $B = (2x+3)^2 - (3x-2)^2.$

B est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = (2x+3)$ et $b = (3x-2)$, d'où :

$$\begin{aligned}
 B &= [(2x+3) - (3x-2)][(2x+3) + (3x-2)] \\
 &= (2x+3-3x+2)(2x+3+3x-2)
 \end{aligned}$$

$$B = (-x+5)(5x+1)$$

3 $C = (3 - 4x)^2 - (5x + 1)^2$.

C est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = (3 - 4x)$ et $b = (5x + 1)$, d'où :

$$\begin{aligned} C &= [(3 - 4x) - (5x + 1)][(3 - 4x) + (5x + 1)] \\ &= (3 - 4x - 5x - 1)(3 - 4x + 5x + 1) \end{aligned}$$

$$\boxed{C = (2 - 9x)(x + 4)}$$

4 $D = (8 - 4x)^2 + (6x + 4)^2$.

D est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = (8 - 4x)$ et $b = (6x + 4)$, d'où :

$$\begin{aligned} D &= [(8 - 4x) - (6x + 4)][(8 - 4x) + (6x + 4)] \\ &= (8 - 4x - 6x - 4)(8 - 4x + 6x + 4) \end{aligned}$$

$$\boxed{D = (4 - 10x)(2x + 12)}$$

On pourrait continuer à factoriser D en écrivant :

$$D = 2(2 - 5x) \times 2(x + 6)$$

$$\boxed{D = 4(2 - 5x)(x + 6)}$$

Les deux résultats encadrés sont corrects.

5 $E = 36(x - 4)^2 - 64(x + 3)^2$.

E peut s'écrire :

$$E = [6(x - 4)]^2 - [8(x + 3)]^2$$

Ainsi, E est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = 6(x - 4)$ et $b = 8(x + 3)$, d'où :

$$\begin{aligned} E &= [6(x - 4) - 8(x + 3)][6(x - 4) + 8(x + 3)] \\ &= (6x - 24 - 8x - 24)(6x - 24 + 8x + 24) \\ &= (-2x - 48)(14x) \end{aligned}$$

$$\boxed{E = 14x(-2x - 48)}$$

$$= 14x \times (-2)(x + 24)$$

$$\boxed{E = -28x(x + 24)} \quad (\text{forme factorisée optimale})$$

6 $F = 25(3 - 7x)^2 - 9(2x + 5)^2$.

On peut écrire :

$$F = [5(3 - 7x)]^2 - [3(2x + 5)]^2$$

Ainsi, F est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = 5(3 - 7x)$ et $b = 3(2x + 5)$, d'où :

$$\begin{aligned} F &= [5(3 - 7x) - 3(2x + 5)][5(3 - 7x) + 3(2x + 5)] \\ &= (15 - 35x - 6x - 15)(15 - 35x + 6x + 15) \end{aligned}$$

$$\boxed{F = -41x(30 - 29x)}$$

Corrigé de l'exercice 3.17 page 64

J = $(9x+18)(x+2) - (4x+20)(x+5)$
 = $9(x+2)(x+2) - 4(x+5)(x+5)$
 = $[3(x+2)]^2 - [2(x+5)]^2$ on fait apparaître $a^2 - b^2$, avec $a = 3(x+2)$ et $b = 2(x+5)$
 = $[3(x+2) - 2(x+5)][3(x+2) + 2(x+5)]$
 = $(3x+6-2x-10)(3x+6+2x+10)$ on développe dans les crochets
 = $(x-4)(5x+16)$

K = $2(2x+3)(4x+6) - 3(3x+2)(9x+6)$
 = $2(2x+3) \times 2(2x+3) - 3(3x+2) \times 3(3x+2)$
 = $[2(2x+3)]^2 - [3(3x+2)]^2$ on fait apparaître $a^2 - b^2$
 = $[2(2x+3) - 3(3x+2)][2(2x+3) + 3(3x+2)]$
 = $(4x+6-9x-6)(4x+6+9x+6)$ on développe dans les crochets
 = $-5x(13x+12)$

L = $7(7x+1)(49x+7) + (1-4x)(16x-4)$
 = $7(7x+1) \times 7(7x+1) - (4x-1) \times 4(4x-1)$
 = $[7(7x+1)]^2 - [2(4x-1)]^2$ on fait apparaître $a^2 - b^2$
 = $[7(7x+1) - 2(4x-1)][7(7x+1) + 2(4x-1)]$
 = $(49x+7-8x+2)(49x+7+8x-2)$ on développe dans les crochets
 = $(41x+9)(57x+5)$

Corrigé de l'exercice 3.18 page 64

Remarque 37

Rappelons avant tout les trois identités remarquables :

Formes factorisées = Formes développées

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a-b)(a+b) = a^2 - b^2$$

Quand on souhaite factoriser à l'aide d'une identité remarquable, il faut lire ces égalités de droite à gauche :

Formes développées = Formes factorisées

$$a^2 + 2ab + b^2 = (a+b)^2$$

$$a^2 - 2ab + b^2 = (a-b)^2$$

$$a^2 - b^2 = (a-b)(a+b)$$

1 $A = x^2 + 2x + 1.$

Nous voyons qu'il y a trois termes dans cette expression ; or, seules les deux premières égalités développées comportent trois termes.

De plus, il n'y a que des signes « + » donc seule la première égalité ne peut convenir.

Il faut donc que :

$$x^2 + 2x + 1 = a^2 + 2ab + b^2 ,$$

ce qui signifie que nous devons avoir :

$$\begin{cases} a^2 = x^2 \\ b^2 = 1 \end{cases} \quad \text{donc} \quad \begin{cases} a = x \\ b = 1 \end{cases} \quad \text{par exemple.}$$

On vérifie que le double produit ($2ab$) est correct :

$$2 \times x \times 1 = 2x ;$$

donc :

$$\boxed{x^2 + 2x + 1 = (x + 1)^2}$$

2 $B = 9x^2 - 12x + 4.$

Nous voyons qu'il y a trois termes dans cette expression ; or, seules les deux premières égalités développées comportent trois termes.

De plus, il y a un signe « - » donc seule la deuxième égalité ne peut convenir.

Il faut donc que :

$$9x^2 - 12x + 4 = a^2 - 2ab + b^2 ,$$

ce qui signifie que nous devons avoir :

$$\begin{cases} a^2 = 9x^2 \\ b^2 = 4 \end{cases} \quad \text{donc} \quad \begin{cases} a = 3x \\ b = 2 \end{cases} \quad \text{par exemple.}$$

On vérifie que le double produit ($2ab$) est correct :

$$2 \times 3x \times 2 = 12x ;$$

donc :

$$\boxed{9x^2 - 12x + 4 = (3x - 2)^2}$$

3 $C = x^2 - 9.$

Il n'y a que deux termes dans cette expression donc seule la troisième identité remarquable ne peut convenir. On a :

$$x^2 - 9 = x^2 - 3^2 = a^2 - b^2 \text{ avec } a = x \text{ et } b = 3$$

donc :

$$\boxed{x^2 - 9 = (x - 3)(x + 3)}$$

4 $D = 4x^2 + 12x + 9.$

On peut écrire :

$$D = (2x)^2 + 2 \times 6x + 3^2.$$

Ainsi, D est de la forme $a^2 + 2ab + b^2$ avec $a = 2x$ et $b = 3$, d'où :

$$\boxed{D = (2x + 3)^2}$$

5 $E = \frac{1}{4}x^2 - 5x + 25.$

On peut écrire :

$$E = \left(\frac{1}{2}x\right)^2 - 2 \times \frac{5}{2}x + 5^2.$$

Ainsi, E est de la forme $a^2 - 2ab + b^2$ avec $a = \frac{1}{2}x$ et $b = 5$, d'où :

$$E = \left(\frac{1}{2}x - 5\right)^2$$

6 $F = 25 - 4x^2.$

On peut écrire :

$$F = 5^2 - (2x)^2$$

donc F est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = 5$ et $b = 2x$, d'où :

$$(5 - 2x)(5 + 2x)$$

7 $G = 81x^2 + 126x + 49.$

On peut écrire :

$$G = (9x)^2 + 2 \times 63x + 7^2 = (9x)^2 + 2 \times 9x \times 7 + 7^2$$

donc G est de la forme $a^2 + 2ab + b^2$ avec $a = 9x$ et $b = 7$, d'où :

$$G = (9x + 7)^2$$

8 $H = 121x^2 - 64.$

On peut écrire :

$$H = (11x)^2 - 8^2$$

donc H est de la forme $a^2 - b^2$ avec $a = 11x$ et $b = 8$, d'où :

$$H = (11x - 8)(11x + 8)$$

Corrigé de l'exercice 3.19 page 64

1 $A = 897\,526^2 - 897\,525 \times 897\,527.$

Posons $x = 897\,526$. Alors,

$$\begin{aligned} A &= x^2 - (x-1)(x+1) \\ &= x^2 - (x^2 - 1^2) \\ &= x^2 - x^2 + 1 \end{aligned}$$

$$A = 1$$

2 $B = 100\,001^2 - 99\,999^2.$

Posons $x = 100\,000$. Alors,

$$\begin{aligned} B &= (x+1)^2 - (x-1)^2 \\ &= [(x+1) - (x-1)][(x+1) + (x-1)] \\ &= 4x. \end{aligned}$$

Donc $B = 4 \times 100\,000 = 400\,000.$

Corrigé de l'exercice 3.20 page 65

1 $-3x + 7 = 0$

$$\Leftrightarrow -3x = -7$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{-7}{-3}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{x = \frac{7}{3}}$$

2 $\frac{3}{5}x - 6 = 0$

$$\Leftrightarrow \frac{3}{5}x = 6$$

$$\Leftrightarrow x = 6 \times \frac{5}{3}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{x = 10}$$

3 $-\frac{2}{7}x + \frac{1}{2} = \frac{2}{21}x + 2$

$$\Leftrightarrow -\frac{2}{7}x - \frac{2}{21}x = 2 - \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow -\frac{8}{21}x = \frac{3}{2}$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{3}{2} \times \left(-\frac{21}{8}\right)$$

$$\Leftrightarrow \boxed{x = -\frac{63}{16}}$$

4 $(-3x + 1)(5x - 7) = 0$

$$\Leftrightarrow -3x + 1 = 0 \text{ ou } 5x - 7 = 0$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{1}{3} \text{ ou } x = \frac{7}{5}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{S = \left\{\frac{1}{3}; \frac{7}{5}\right\}}$$

6 $2x(5x - 1)(2x + 3) = 0$

$$\Leftrightarrow 2x = 0 \text{ ou } 5x - 1 = 0 \text{ ou } 2x + 3 = 0$$

$$\Leftrightarrow x = 0 \text{ ou } x = \frac{1}{5} \text{ ou } x = -\frac{3}{2}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{S = \left\{0; \frac{1}{5}; -\frac{3}{2}\right\}}$$

5 $\left(-\frac{1}{2}x - 5\right)\left(\frac{3}{4}x + 2\right) = 0$

$$\Leftrightarrow -\frac{1}{2}x - 5 = 0 \text{ ou } \frac{3}{4}x + 2 = 0$$

$$\Leftrightarrow x = -10 \text{ ou } x = -\frac{8}{3}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{S = \left\{-10; -\frac{8}{3}\right\}}$$

7 $\frac{x^2 + 1}{x - 1} = \frac{2x}{x - 1}, x \neq 1$

$$\Leftrightarrow x^2 + 1 = 2x, x \neq 1$$

$$\Leftrightarrow x^2 - 2x + 1 = 0, x \neq 1$$

$$\Leftrightarrow (x - 1)^2 = 0, x \neq 1$$

$$\Leftrightarrow x = 1, x \neq 1$$

$$\Leftrightarrow \boxed{S = \emptyset}$$

8 $\frac{1}{x+2} = \frac{1}{x^2-4}, x \neq -2 \text{ et } x \neq 2$

$$\Leftrightarrow \frac{x-2}{(x+2)(x-2)} = \frac{1}{x^2-4}, x \neq -2 \text{ et } x \neq 2$$

$$\Leftrightarrow \frac{x-2}{x^2-4} = \frac{1}{x^2-4}, x \neq -2 \text{ et } x \neq 2$$

$$\Leftrightarrow x - 2 = 1, x \neq 2 \text{ et } x \neq -2$$

$$\Leftrightarrow \boxed{x = 3}$$

9 $\frac{1}{x} + \frac{1}{x+1} = 2, x \neq 0 \text{ et } x \neq -1$

$$\Leftrightarrow \frac{x+1}{x(x+1)} + \frac{x}{x(x+1)} = \frac{2x(x+1)}{x(x+1)}, x \neq 0 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow x + 1 + x = 2x(x + 1), x \neq 0 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow 2x + 1 = 2x^2 + 2x, x \neq 0 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow x^2 = \frac{1}{2}, x \neq 0 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow x = -\frac{1}{\sqrt{2}} \text{ ou } x = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Leftrightarrow S = \left\{ -\frac{1}{\sqrt{2}}; \frac{1}{\sqrt{2}} \right\}$$

$$10 \quad \frac{2}{x-1} = 1 - \frac{x}{x+1}, x \neq 1 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow \frac{2(x+1)}{(x-1)(x+1)} = \frac{(x+1)(x-1)}{(x+1)(x-1)} - \frac{x(x-1)}{(x+1)(x-1)}, x \neq 1 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow 2(x+1) = x^2 - 1 - x(x-1), x \neq 1 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow 2x+2 = x^2 - 1 - x^2 + x, x \neq 1 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow 2x+2 - x^2 + 1 + x^2 - x = 0, x \neq 1 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow x+3 = 0, x \neq 1 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow x = -3, x \neq 1 \text{ et } x \neq -1$$

$$\Leftrightarrow S = \{-3\}$$

Corrigé de l'exercice 3.21 page 65

$$1 \quad (3x-5)^2 = 16 \Leftrightarrow \begin{cases} 3x-5 = 4 \\ \text{ou} \\ 3x-5 = -4 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 3x = 9 \\ \text{ou} \\ 3x = 1 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = 3 \\ \text{ou} \\ x = \frac{1}{3} \end{cases}$$

$$\text{On a alors : } \mathcal{S} = \left\{ 3; \frac{1}{3} \right\}.$$

$$2 \quad (x^2-4)^2 = 81 \Leftrightarrow \begin{cases} x^2-4 = 9 \\ \text{ou} \\ x^2-4 = -9 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x^2 = 13 \\ \text{ou} \\ x^2 = -5 \leftarrow \text{impossible car } x^2 \geq 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = \sqrt{13} \\ \text{ou} \\ x = -\sqrt{13} \end{cases}$$

$$\text{On a alors : } \mathcal{S} = \{-\sqrt{13}; \sqrt{13}\}.$$

$$\begin{aligned}
 \text{3 } (3x^2 - 4)^2 = 9 &\Leftrightarrow \begin{cases} 3x^2 - 4 = 3 \\ \text{ou} \\ 3x^2 - 4 = -3 \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} 3x^2 = 7 \\ \text{ou} \\ 3x^2 = 1 \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} x^2 = \frac{7}{3} \\ \text{ou} \\ x^2 = \frac{1}{3} \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} x = \sqrt{\frac{7}{3}} & \text{ou} & x = -\sqrt{\frac{7}{3}} \\ \text{ou} \\ x = \frac{1}{\sqrt{3}} & \text{ou} & x = -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{cases}
 \end{aligned}$$

On a alors : $\mathcal{S} = \left\{ \sqrt{\frac{7}{3}}; -\sqrt{\frac{7}{3}}; \frac{1}{\sqrt{3}}; -\frac{1}{\sqrt{3}} \right\}.$

$$\begin{aligned}
 \text{4 } \left(\frac{2x-1}{x-7} \right)^2 = 25 &\Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} \frac{2x-1}{x-7} = 5 \\ \text{ou} \\ \frac{2x-1}{x-7} = -5 \\ x-7 \neq 0 \end{cases} \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} \frac{2x-1}{x-7} - 5 = 0 \\ \text{ou} \\ \frac{2x-1}{x-7} + 5 = 0 \\ x \neq 7 \end{cases} \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} \frac{2x-1}{x-7} - \frac{5(x-7)}{x-7} = 0 \\ \text{ou} \\ \frac{2x-1}{x-7} + \frac{5(x-7)}{x-7} = 0 \\ x \neq 7 \end{cases} \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} \frac{2x-1}{x-7} - \frac{5x-35}{x-7} = 0 \\ \text{ou} \\ \frac{2x-1}{x-7} + \frac{5x-35}{x-7} = 0 \\ x \neq 7 \end{cases} \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} \frac{2x-1-5x+35}{x-7} = 0 \\ \text{ou} \\ \frac{2x-1+5x-35}{x-7} = 0 \\ x \neq 7 \end{cases} \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{2x-1}{x-7}\right)^2 = 25 \Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} 2x-1-5x+35=0 \\ \text{ou} \\ 2x-1+5x-35=0 \end{cases} \\ x \neq 7 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} -3x+34=0 \\ \text{ou} \\ 7x-36=0 \end{cases} \\ x \neq 7 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} x = \frac{34}{3} \\ \text{ou} \\ x = \frac{36}{7} \end{cases} \\ x \neq 7 \end{cases}$$

Ainsi, $\mathcal{S} = \left\{ \frac{36}{7} ; \frac{34}{3} \right\}$.

Corrigé de l'exercice 3.22 page 65

- 1** a. Dans le triangle équilatéral ABC, $\widehat{ABC} = 60^\circ$.
Dans le triangle NBM rectangle en M,

$$\tan \widehat{NBM} = \frac{NM}{BM}$$

donc :

$$\tan 60^\circ = \frac{NM}{x}.$$

On a donc :

$$MN = x \tan 60^\circ = x\sqrt{3}$$

- b. Par symétrie, $BM = QC = x$ et $MH = HQ = 3 - x$.
Donc, $MQ = 2 \times (3 - x)$, soit $MQ = 6 - 2x$.

- 2** On veut que MNPQ soit un carré.

- a. La condition mène à l'égalité :

$$MQ = MN$$

c'est-à-dire, d'après la question 1 :

$$x\sqrt{3} = 6 - 2x$$

- b. Si $x\sqrt{3} = 6 - 2x$, alors $x\sqrt{3} + 2x = 6$.
Ainsi, $(\sqrt{3} + 2)x = 6$, soit :

$$x = \frac{6}{2 + \sqrt{3}}$$

En mathématiques, on a souvent l'habitude de ne pas laisser les résultats sous cette forme (avec un radical au dénominateur).

On continue donc le calcul ainsi :

$$\begin{aligned}\frac{6}{2+\sqrt{3}} &= \frac{6(2-\sqrt{3})}{(2+\sqrt{3})(2-\sqrt{3})} \\ &= \frac{12-6\sqrt{3}}{4-3} \\ &= 12-6\sqrt{3}\end{aligned}$$

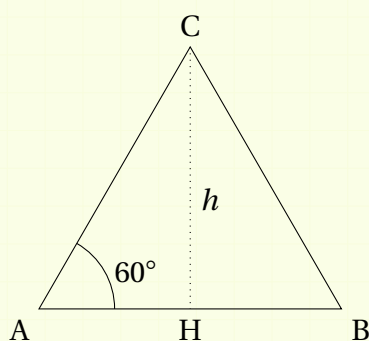
de sorte à ce que le dénominateur soit entier.

On peut s'assurer que $x < 3$ en trouvant une valeur approchée :

$$x \approx 1,6.$$

Corrigé de l'exercice 3.23 page 66

- 1** a. Nous avons le schéma suivant :



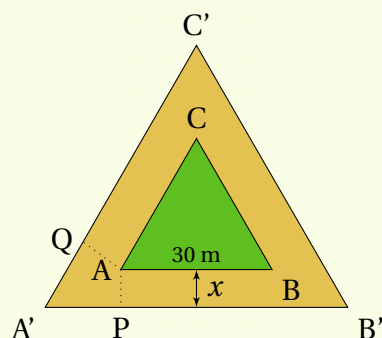
Dans le triangle ACH rectangle en H :

$$\sin 60^\circ = \frac{h}{AC} \quad \text{donc} \quad h = AC \sin 60^\circ = 30 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 15\sqrt{3}.$$

- b.** L'aire d'un triangle est donnée par la formule : $\frac{\text{base} \times \text{hauteur}}{2}$ donc l'aire de ABC est :

$$\mathcal{A} = \frac{AB \times h}{2} = \frac{30 \times 15\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \boxed{\mathcal{A} = 225\sqrt{3} \text{ m}^2}$$

- 2** a. Considérons les points P et Q comme indiqués ci-dessous, de sorte que AA'P et AA'Q soient rectangles respectivement en P et Q (voir schéma suivante).



$$\left. \begin{array}{l} AP = AQ \\ (AP) \perp (A'B') \text{ et } (AQ) \perp (A'C') \end{array} \right\} \Rightarrow (A'A) \text{ est la bissectrice de } \widehat{B'A'C'}.$$

Ainsi, $\widehat{B'A'A} = 30^\circ$. Dans le triangle $A'AP$, rectangle en P , on a donc :

$$\tan \widehat{PA'A} = \frac{AP}{A'P} \Rightarrow A'P = \frac{AP}{\tan 30^\circ} \Rightarrow A'P = \frac{x}{\frac{1}{\sqrt{3}}} \Rightarrow A'P = x\sqrt{3}.$$

Pour des raisons de symétrie de la figure, on a : $A'B' = 2A'P + AB$, soit $A'B' = 30 + 2x\sqrt{30}$.

- b.** D'après ce qui a été fait dans la question **1 b.**, l'aire d'un triangle équilatéral de côté a est égale à $a^2 \frac{\sqrt{3}}{4}$. Ainsi,

$$\begin{aligned} \mathcal{A}' &= (A'B')^2 \times \frac{\sqrt{3}}{4} \\ &= (30 + 2x\sqrt{3})^2 \frac{\sqrt{3}}{4} \\ &= [2(15 + x\sqrt{3})]^2 \frac{\sqrt{3}}{4} \\ \mathcal{A}' &= (15 + x\sqrt{3})^2 \sqrt{3} \end{aligned}$$

- 3 a.** L'aire de l'allée ($\mathcal{A}' - \mathcal{A}$) est égale à celle du jardin (\mathcal{A}) donc $\mathcal{A}' - \mathcal{A} = \mathcal{A}$.
En ajoutant \mathcal{A} à droite et à gauche du signe « = », on arrive à l'équation : $\mathcal{A}' = 2\mathcal{A}$.

b. $\mathcal{A}' = 2\mathcal{A} \Leftrightarrow (15 + x\sqrt{3})^2 \sqrt{3} = 450\sqrt{3}$

$$\Leftrightarrow (15 + x\sqrt{3})^2 = 450$$

$$\Leftrightarrow 15 + x\sqrt{3} = \sqrt{450} \quad (\text{car } 15 + x\sqrt{3} > 0)$$

$$\Leftrightarrow x\sqrt{3} = \sqrt{450} - 15$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{\sqrt{450} - 15}{\sqrt{3}}$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{15\sqrt{2} - 15}{\sqrt{3}}$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{15(\sqrt{2} - 1)\sqrt{3}}{3}$$

$$\Leftrightarrow x = 5\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1)$$

Remarque 38

Dès lors que l'équation à résoudre est de la forme :

$$\sqrt{f(x)} = a,$$

où f est une fonction et a un nombre réel positif, il faut s'assurer avant tout que ce qu'il y a sous la racine carrée soit positif ou nul ; c'est la première condition.

Ensuite, on élève au carré chaque membre de l'équation pour résoudre l'équation :

$$f(x) = a^2.$$

$$\begin{aligned} 1 \quad \sqrt{3x-2} = 7 &\Leftrightarrow \begin{cases} 3x-2 \geq 0 \\ 3x-2 = 7^2 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 3x \geq 2 \\ 3x = 49+2 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} x \geq \frac{2}{3} \\ x = \frac{51}{3} = 17 \end{cases} \end{aligned}$$

$17 \geq \frac{2}{3}$ donc l'ensemble solution de l'équation est : $\mathcal{S} = \{17\}$.

$$\begin{aligned} 2 \quad \sqrt{\frac{5x-4}{3x+1}} = 3 &\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{5x-4}{3x+1} \geq 0 \\ 3x+1 \neq 0 \\ \frac{5x-4}{3x+1} = 9 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{5x-4}{3x+1} \geq 0 \\ x \neq -\frac{1}{3} \\ \frac{5x-4}{3x+1} - 9 = 0 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{5x-4}{3x+1} \geq 0 \\ x \neq -\frac{1}{3} \\ \frac{5x-4}{3x+1} - \frac{9(3x+1)}{3x+1} = 0 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{5x-4}{3x+1} \geq 0 \\ x \neq -\frac{1}{3} \\ \frac{5x-4-27x-9}{3x+1} = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

$$\sqrt{\frac{5x-4}{3x+1}} = 3 \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{5x-4}{3x+1} \geq 0 \\ x \neq -\frac{1}{3} \\ \frac{-22x-13}{3x+1} = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{5x-4}{3x+1} \geq 0 \\ x \neq -\frac{1}{3} \\ -22x-13 = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{5x-4}{3x+1} \geq 0 \\ x \neq -\frac{1}{3} \\ x = -\frac{13}{22} \end{cases}$$

On calcule maintenant $\frac{5x-4}{3x+1}$ pour $x = -\frac{13}{22}$ afin de voir si cette solution est valable :

$$\frac{5x-4}{3x+1} = 9 > 0.$$

Ainsi, $\mathcal{S} = \left\{ -\frac{13}{22} \right\}$.

3 $\sqrt{x^2+x+1} = x+1 \Leftrightarrow \begin{cases} x^2+x+1 \geq 0 \\ x+1 \geq 0 \\ x^2+x+1 = (x+1)^2 \end{cases}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x^2+x+1 \geq 0 \\ x \geq -1 \\ x^2+x+1 = x^2+2x+1 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x^2+x+1 \geq 0 \\ x \geq -1 \\ x = 0 \end{cases}$$

On vérifie que $x^2+x+1 \geq 0$ pour $x = 0$ (assez facilement) donc $\mathcal{S} = \{0\}$.

$$\begin{aligned}
4 \quad x\sqrt{7} + \sqrt{2} &= \sqrt{7} - x\sqrt{2} \iff x\sqrt{7} + x\sqrt{2} = \sqrt{7} - \sqrt{2} \\
&\iff x(\sqrt{7} + \sqrt{2}) = \sqrt{7} - \sqrt{2} \\
&\iff x = \frac{\sqrt{7} - \sqrt{2}}{\sqrt{7} + \sqrt{2}} \\
&\iff x = \frac{(\sqrt{7} - \sqrt{2})(\sqrt{7} - \sqrt{2})}{(\sqrt{7} + \sqrt{2})(\sqrt{7} - \sqrt{2})} \\
&\iff x = \frac{(\sqrt{7})^2 - 2\sqrt{7} \times \sqrt{2} + (\sqrt{2})^2}{(\sqrt{7})^2 - (\sqrt{2})^2} \\
&\iff x = \frac{9 - 2\sqrt{14}}{5}.
\end{aligned}$$

Ainsi, $\mathcal{S} = \left\{ \frac{9 - 2\sqrt{14}}{5} \right\}.$

$$\begin{aligned}
5 \quad \sqrt{(x-2)(3x+4)} &= 2(3x+4) \iff \begin{cases} 2(3x+4) \geq 0 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \\ (x-2)(3x+4) = [2(3x+4)]^2 \end{cases} \\
&\iff \begin{cases} 3x+4 \geq 0 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \\ (x-2)(3x+4) = 4(3x+4)^2 \end{cases} \\
&\iff \begin{cases} 3x \geq -4 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \\ (x-2)(3x+4) - 4(3x+4)^2 = 0 \end{cases} \\
&\iff \begin{cases} x \geq -4/3 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \\ (3x+4)[(x-2) - 4(3x+4)] = 0 \end{cases} \\
&\iff \begin{cases} x \geq -4/3 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \\ (3x+4)(x-2-12x-16) = 0 \end{cases} \\
&\iff \begin{cases} x \geq -4/3 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \\ (3x+4)(-11x-18) = 0 \end{cases} \\
&\iff \begin{cases} x \geq -4/3 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \\ \text{ou} \\ -11x-18 = 0 \end{cases}
\end{aligned}$$

$$\sqrt{(x-2)(3x+4)} = 2(3x+4) \iff \begin{cases} x \geq -4/3 \\ (x-2)(3x+4) \geq 0 \end{cases} \iff \begin{cases} x = -\frac{4}{3} \\ \text{ou} \\ x = -\frac{18}{11} \end{cases}$$

On regarde maintenant si $(x-2)(3x+4) \geq 0$ pour $x = -\frac{4}{3}$ et pour $x = -\frac{18}{11}$.

Pour $x = -\frac{4}{3}$, on obtient 0, donc cette valeur convient.

Pour $x = -\frac{18}{11}$, on obtient $\frac{400}{121} > -\frac{4}{3}$ donc cette valeur convient.

Ainsi, $\mathcal{S} = \left\{ -\frac{4}{3}; -\frac{18}{11} \right\}$.

Corrigé de l'exercice 3.25 page 66

Pour tous nombres a et b positifs tels que $a \neq b$,

$$(\sqrt{a} - \sqrt{b})^2 > 0 \text{ donc } (\sqrt{a})^2 - 2\sqrt{a}\sqrt{b} + (\sqrt{b})^2 > 0$$

$$\text{donc } a - 2\sqrt{ab} + b > 0$$

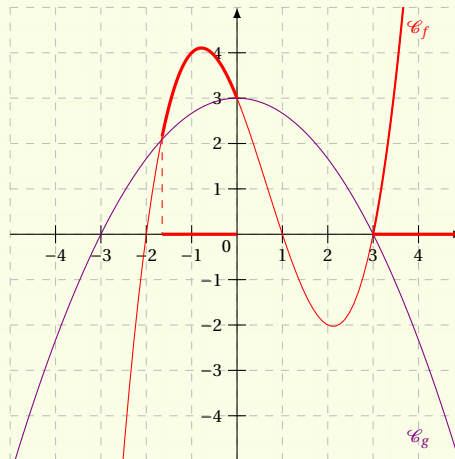
$$\text{donc } a + b > 2\sqrt{ab}$$

$$\text{donc } \frac{a+b}{2} > \sqrt{ab} \text{ (en divisant par 2, nombre positif)}$$

$$\text{donc } m > g.$$

Corrigé de l'exercice 3.26 page 67

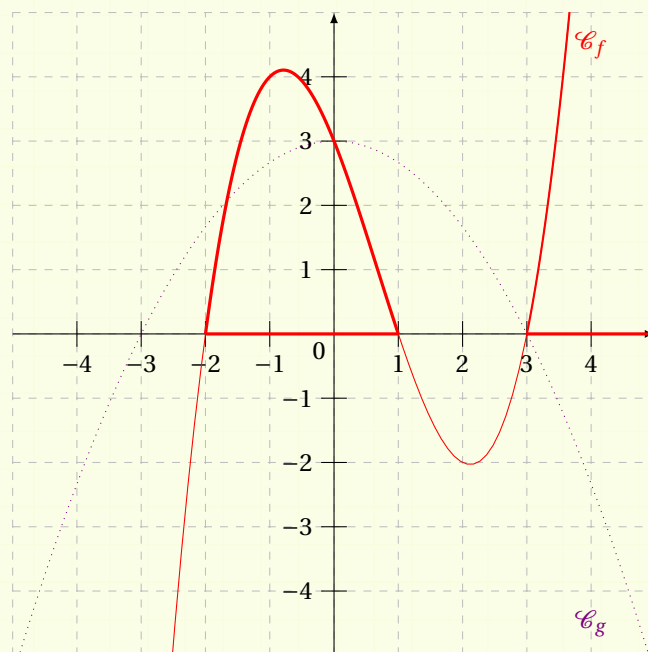
1 $f(x) > g(x)$: il faut regarder les portions de courbes de \mathcal{C}_f qui sont au-dessus de la courbe \mathcal{C}_g .



Les intervalles de x qui correspondent à ces « morceaux » de courbes sont $] -1,6; 0[$ et $] 3; 5]$ (les bornes ne sont pas incluses – sauf 5 – car l'inégalité doit être stricte : $f(x) > g(x)$). L'ensemble solution est donc :

$$S =] -1,6; 0[\cup] 3; 5]$$

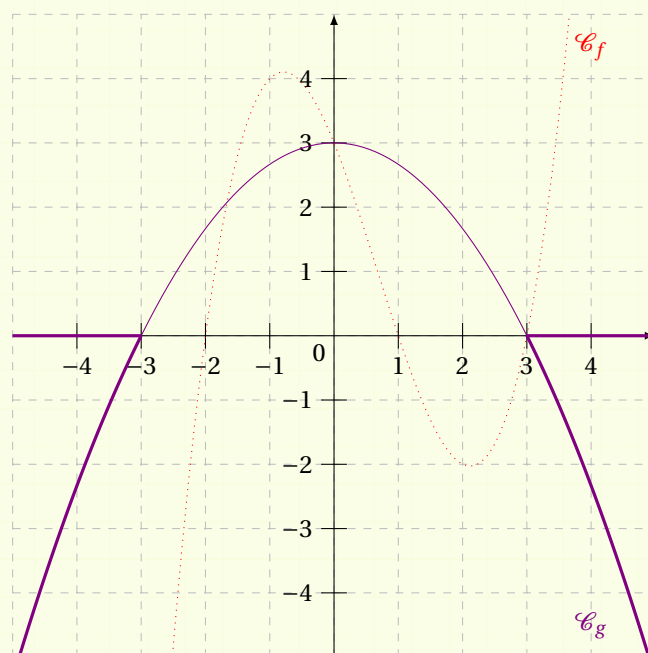
- 2** $f(x) \geq 0$. Il faut regarder les portions de la courbe \mathcal{C}_f qui sont au-dessus de l'axe des abscisses.



L'ensemble solution est :

$$S = [-2; 1] \cup [3; 5]$$

- 3** $g(x) \leq 0$. Il faut regarder ici les morceaux de la courbe \mathcal{C}_g sous l'axe des abscisses.



L'ensemble solution est :

$$S = [-5; -3] \cup [3; 5]$$

Corrigé de l'exercice 3.27 page 67

Notons x le nombre de contrats du représentant. Alors, son salaire se calcule en faisant :

$$800 + 152x.$$

On cherche donc x tel que :

$$800 + 152x \geq 2300$$

$$152x \geq 2300 - 800$$

$$152x \geq 1500$$

$$x \geq \frac{1500}{152}$$

$$x \geq 9,87$$

Il faut donc que le représentant vende au moins 10 contrats.

Corrigé de l'exercice 3.28 page 67

1 Un algorithme possible est le suivant :

```
Initialisation
U ← 1
N ← 0
Traitement
Tant que U ≤ 1000000:
    N ← N+1
    U ← 2N
Fin du Tant Que
Sortie:    Afficher N
```

2 Le programme Python correspondant à cet algorithme est :

Code Python 3-7

```
1 u = 1
2 n = 0
3 while u <= 1000000:
4     n += 1
5     u = 2**n
6 print(n)
```

Il affiche la valeur « 20 », ce qui signifie que $2^{19} \leq 10^6$ et $2^{20} > 10^6$.

Corrigé de l'exercice 3.29 page 67

1 Un algorithme possible est le suivant :

```
Initialisation
  U ← 1
  N ← 0
Traitement
  Tant que U ≥ 0.00000001:
    N ← N+1
    U ← 3-N
  Fin du Tant Que
Sortie:  Afficher N
```

2 Le programme Python correspondant à cet algorithme est :

Code Python 3-8

```
1 u = 1
2 n = 0
3 while u >= 0.00000001:
4     n += 1
5     u = 3**(-n)
6 print(n)
```

Il affiche la valeur « 17 », ce qui signifie que $3^{-16} \geq 10^{-8}$ et $3^{-17} < 10^{-8}$.

Repérage dans le plan



Plan du chapitre

I	Repère	95
1	Définition générale	95
2	Coordonnées d'un point	96
II	Distance entre deux points	96
III	Milieu d'un segment	97
	Exercices	99
	Corrigés	103

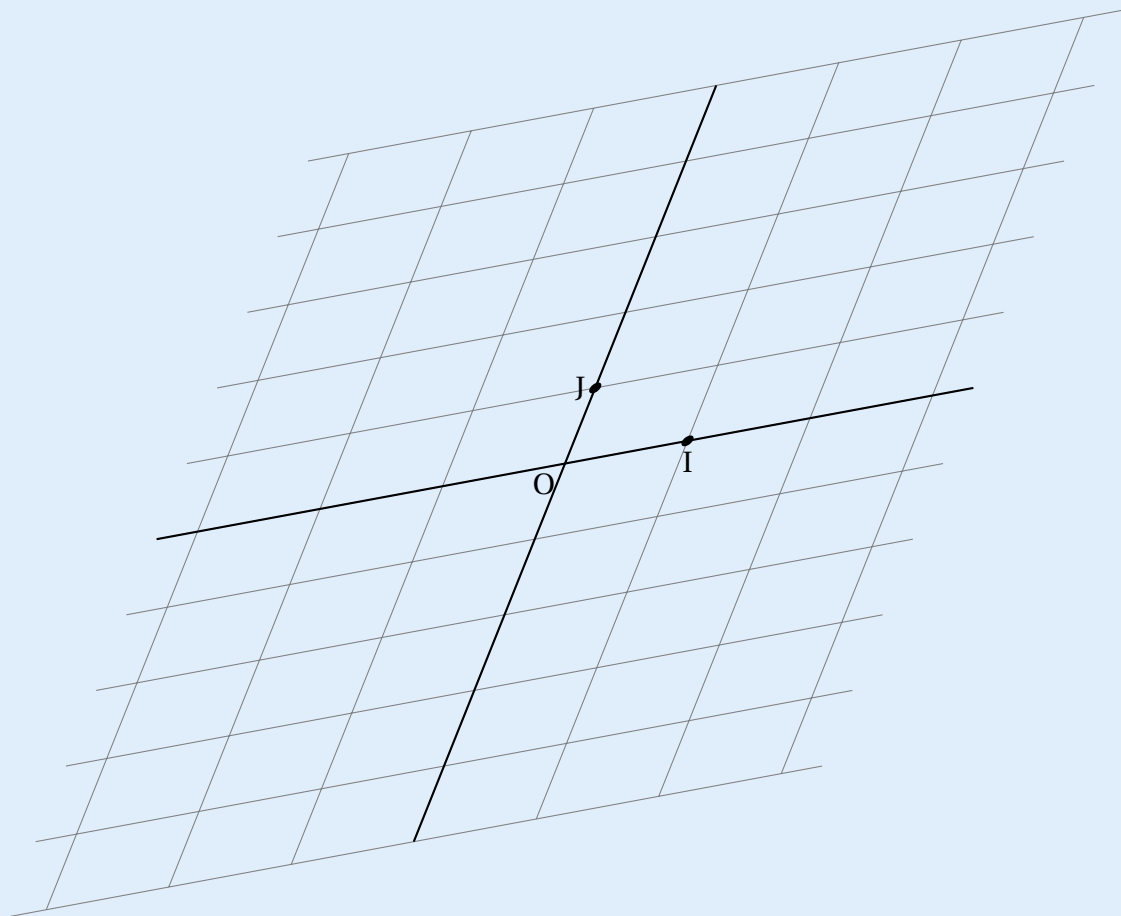
1 - Repère

1.1 - Définition générale

Définition 20

Soient O , I et J trois points du plan euclidien tels que $I \notin (OJ)$.
Alors, on dit que $(O ; I, J)$ est un repère cartésien du plan.

Cela signifie que l'on fait un *maillage* du plan en traçant des droites parallèles à (OI) et parallèles à (OJ) comme ceci :



Afin de faciliter les représentations futures, on fera en sorte que (OI) et (OJ) soient perpendiculaires, ce qui rend le repère **orthogonal**.

Si de plus $OI = OJ$ alors le repère est dit **orthonormé** (*ortho* = « angle droit » et *normé* signifie que $OI = OJ$).

Les droites (OI) et (OJ) sont orientées (comme la droite graduée représentant les nombres réels). Un repère est donc constitué de deux droites graduées qui se coupent en « 0 ». Ces deux droites sont alors appelées les **axes** du repère.

Dans la suite de ce chapitre, on se placera dans un repère orthonormé.

1.2 - Coordonnées d'un point

Définition 21

On considère que le plan est rapporté à un repère orthonormé (O, I, J) .

Soit M un point quelconque du plan.

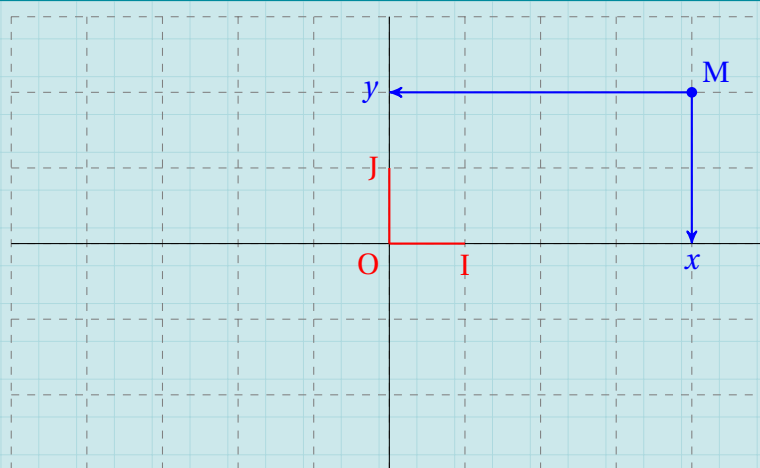
Par M , on trace la parallèle à (OJ) ; elle coupe (OI) en x .

Par M , on trace la parallèle à (OI) ; elle coupe (OJ) en y .

Alors, x est appelé l'**abscisse** de M et y , son **ordonnée**.

Le couple $(x; y)$ représente les **coordonnées** du point M , et on note : $M(x; y)$.

Exemple 31



Ici, $M(4; 2)$. Son abscisse est 4, son ordonnée est 2.

II - Distance entre deux points

Propriété 26

Le plan est rapporté à un repère orthonormé.

Dans ce repère, soient $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$ deux points quelconques.

Alors, la distance entre A et B est donnée par la formule :

$$AB = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}.$$

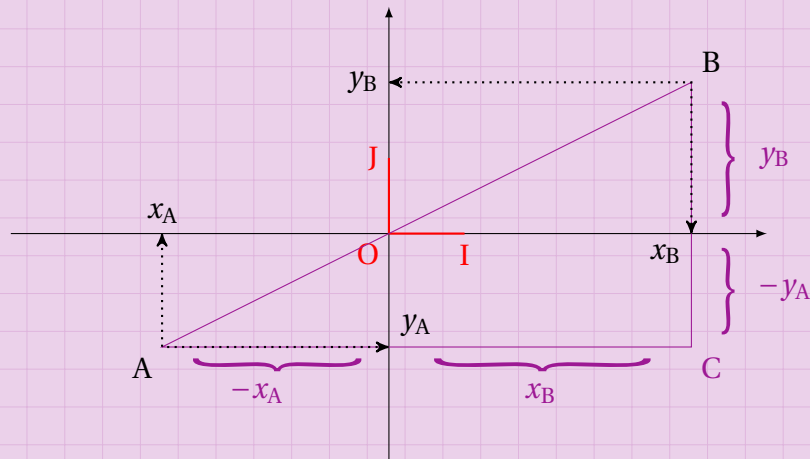
Exemple 32

Soient $A(-3; 2)$ et $B(5; -7)$. Alors,

$$\begin{aligned} AB &= \sqrt{(5 - (-3))^2 + (-7 - 2)^2} \\ &= \sqrt{8^2 + (-9)^2} \end{aligned}$$

$$AB = \sqrt{145}$$

Démonstration 7



Le repère est orthonormé donc le triangle ABC tracé en bleu est rectangle en C. Ainsi, d'après le théorème de Pythagore,

$$AB^2 = AC^2 + BC^2.$$

Or,

$$AC = |x_B - x_A|, \text{ donc } AC^2 = |x_B - x_A|^2 = (x_B - x_A)^2$$

et

$$BC = |y_B - y_A|, \text{ donc } BC^2 = |y_B - y_A|^2 = (y_B - y_A)^2.$$

Donc,

$$AB^2 = (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2.$$

En prenant la racine carrée de chacun des membres de cette dernière égalité, on a :

$$AB = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}.$$

III - Milieu d'un segment

Propriété 27

Le plan est rapporté à un repère orthonormé.

Dans ce repère, soient $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$ deux points quelconques.

Soit $M(x_M; y_M)$ le milieu du segment $[AB]$. Alors,

$$x_M = \frac{x_A + x_B}{2} \quad \text{et} \quad y_M = \frac{y_A + y_B}{2}.$$

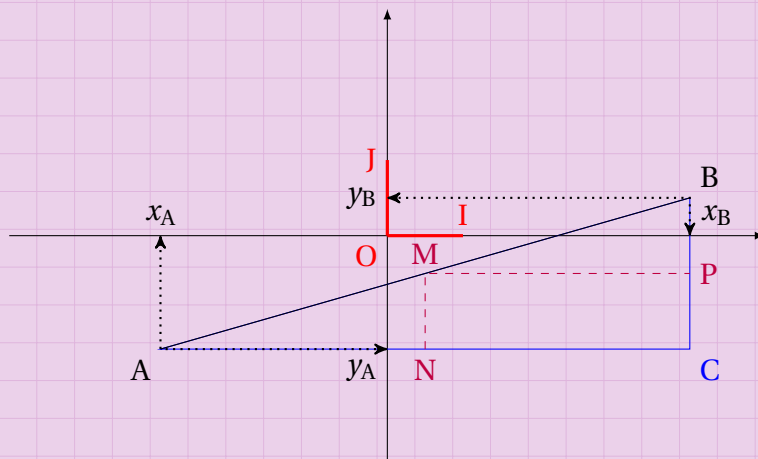
Exemple 33

Soient $A(1;7)$ et $B(3;-1)$. Soit M le milieu de $[AB]$; donc :

$$x_M = \frac{1+3}{2} = 2 \quad \text{et} \quad y_M = \frac{7+(-1)}{2} = 3.$$

Démonstration 8

On construit le triangle ABC rectangle en C comme indiqué ci-dessous :



On trace la parallèle à (BC) passant par M ; elle coupe $[AC]$ en N .

On trace la parallèle à (AC) passant par M ; elle coupe $[BC]$ en P .

D'après le théorème des milieux, P est le milieu de $[BC]$ et N celui de $[AC]$.

Ainsi,

$$AN = \frac{1}{2}AC$$

$$AN = \frac{1}{2}(x_C - x_A)$$

$$AN = \frac{1}{2}x_C - \frac{1}{2}x_A$$

et donc :

$$x_N = x_A + AN$$

$$x_N = x_A + \frac{1}{2}x_C - \frac{1}{2}x_A$$

$$x_N = \frac{1}{2}x_A + \frac{1}{2}x_C$$

$$x_M = x_N = \frac{x_A + x_B}{2} \quad \text{car} \quad x_C = x_B.$$

$$PC = \frac{1}{2}BC$$

$$PC = \frac{1}{2}(y_B - y_C) \quad (\text{il faut que } PC \geq 0)$$

$$PC = \frac{1}{2}y_B - \frac{1}{2}y_C$$

et donc :

$$y_P = y_C + PC$$

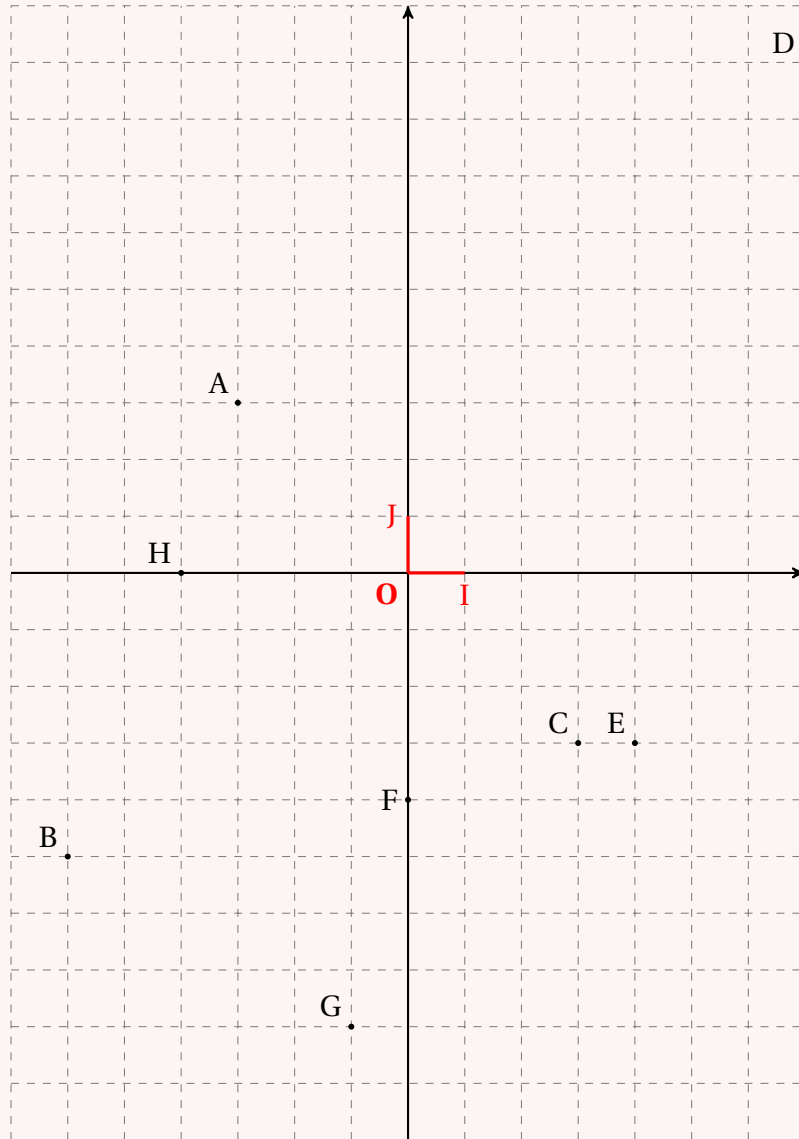
$$y_P = y_C + \frac{1}{2}y_B - \frac{1}{2}y_C$$

$$y_P = \frac{1}{2}y_B + \frac{1}{2}y_C$$

$$y_M = y_P = \frac{y_A + y_B}{2} \quad \text{car} \quad y_C = y_A.$$

Exercice 4.1 (lecture de coordonnées de points)

Dans le repère suivant, donner les coordonnées de tous les points.



Solution page 103

Exercice 4.2 (calculs de longueurs)

Pour chaque question, déterminer la longueur AB.

1 $A(-2;3)$ et $B(-3;5)$

2 $A(3;2)$ et $B(8;1)$

3 $A(-1;-3)$ et $B(-4;-6)$

4 $A(3;-2)$ et $B(-2;7)$

5 $A(1;-2)$ et $B(7;-5)$

6 $A(1;4)$ et $B(-2;-1)$

Solution page 103

Exercice 4.3 (milieu d'un segment)

Pour chacun des points A et B suivants, calculer les coordonnées du point I, milieu de [AB].

1 $A(1;2)$ et $B(3;4)$.

2 $A(-1;2)$ et $B(-3;4)$.

3 $A(2;-1)$ et $B(4;-5)$.

4 $A(-1;-1)$ et $B(5;-7)$.

Solution page 104

Exercice 4.4 (milieu d'un segment)

Pour chacune des questions suivantes, on a les coordonnées d'un point A ainsi que celles du point M, milieu de [AB].

Déterminer les coordonnées du point B.

1 $A(1;2)$ et $M(3;4)$.

2 $A(-1;2)$ et $M(-3;4)$.

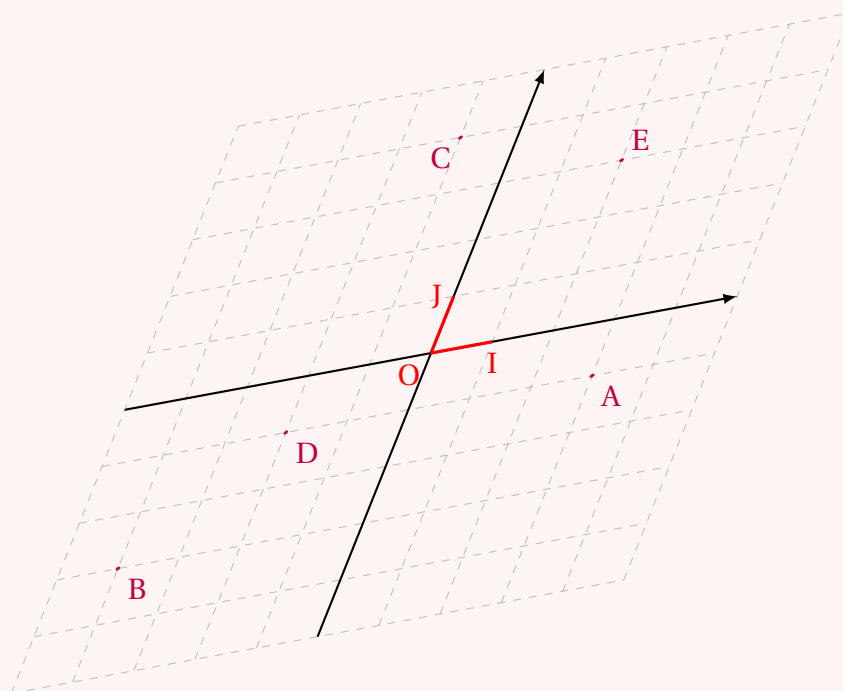
3 $A(2;-1)$ et $M(4;-5)$.

4 $A(-1;-1)$ et $M(5;-7)$.

Solution page 105

Exercice 4.5 (repères non orthogonaux)

Nous avons placé dans le repère $(O;I,J)$ suivant des points. Donner leurs coordonnées.



Solution page 106

Exercice 4.6 (exercice récapitulatif de base)

Dans le repère orthonormé (O, I, J) , on considère les points $A(-1; 1)$, $B(5; -3)$ et $C(4; 2)$.

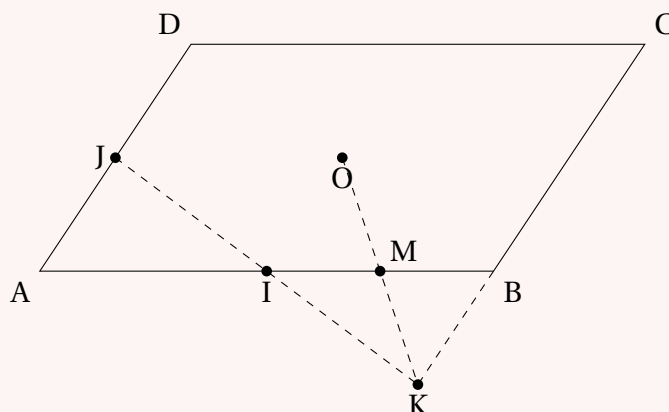
- 1 Placer les points A, B et C. Vous complétez au fur et à mesure la figure.
- 2 Quelle est la nature du triangle ABC?
- 3 Déterminer les coordonnées du point F, centre du cercle circonscrit au triangle ABC.
- 4 Calculer les coordonnées du milieu E de $[AC]$.
- 5 En déduire les coordonnées du point D tel que ABCD soit un parallélogramme.
- 6 Sans calcul, donner la longueur EF.
- 7 Déterminer les coordonnées de G, symétrique de C par rapport à F.

Solution page 106

Exercice 4.7 (lire des coordonnées dans un parallélogramme)

ABCD est un parallélogramme. I et J sont les milieux respectifs de $[AB]$ et $[AD]$. On note K le point d'intersection des droites (IJ) et (BC) .

On note O le centre du parallélogramme ABCD et M le point d'intersection des droites (OK) et (AB) .



Dans le repère $(A; B, D)$, donner les coordonnées de chacun de ces points.

Solution page 108

Exercice 4.8 (exercice de recherche)

Dans le plan muni d'un repère orthonormé, on considère les points $A(-3; 5)$, $B(1; -2)$ et $C(3; y)$, où y est un nombre réel.

Déterminer la valeur de y afin que ABC soit un triangle rectangle en A.

Solution page 109

Exercice 4.9 (Algorithme et programme Python)

Écrire un algorithme permettant de calculer la longueur entre deux points A et B connaissant leurs coordonnées, ainsi que les coordonnées du milieu de [AB].

Écrire deux fonctions Python `milieu(A, B)` et `distance(A, B)`, où les arguments A et B désignent respectivement les coordonnées des points A et B (par exemple, $A = (-3, 2)$ si $A(-3; 2)$), qui renvoient respectivement les coordonnées du milieu de [AB] et la distance entre A et B.

Solution page 110

Exercice 4.10 (trouver un point)

Soient $A(-3; 5)$ et $B(5; 2)$ dans un repère orthonormé (O; I, J).

On sait que $M(x; y)$ est à 3 unités de A et à 6 unités de B.

1 Montrer que :

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 10y - 6x - 25 & \text{à l'aide du point A,} \\ x^2 + y^2 = 4y + 10x + 7 & \text{à l'aide du point B.} \end{cases}$$

En déduire que $y = \frac{8}{3}x + \frac{16}{3}$.

2 Montrer alors que $73x^2 + 70x + 1 = 0$ (on ne demande pas de résoudre cette équation).

3 Tracer la courbe de la fonction $f(x) = 73x^2 + 70x + 1$ sur votre calculatrice. Conjecturer alors le nombre de valeurs de x possibles.

Solution page 110

Corrigé de l'exercice 4.1 page 99

- A(-3;3) • C(3;-3) • E(4;-3) • G(-1;-8)
- B(-6;-5) • D(7;9) • F(0;-4) • H(-4;0)

Corrigé de l'exercice 4.2 page 99

- 1** A(-2;3) et B(-3;5).

$$\begin{aligned}
 AB &= \sqrt{(-3 - (-2))^2 + (5 - 3)^2} \\
 &= \sqrt{(-3 + 2)^2 + 2^2} \\
 &= \sqrt{(-1)^2 + 2^2} \\
 &= \sqrt{1 + 4}
 \end{aligned}$$

$$AB = \sqrt{5}$$

- 2** A(3;2) et B(8;1).

$$\begin{aligned}
 AB &= \sqrt{(8 - 3)^2 + (1 - 2)^2} \\
 &= \sqrt{5^2 + (-1)^2} \\
 &= \sqrt{25 + 1}
 \end{aligned}$$

$$AB = \sqrt{26}$$

- 3** A(-1;-3) et B(-4;-6).

$$\begin{aligned}
 AB &= \sqrt{(-4 - (-1))^2 + (-6 - (-3))^2} \\
 &= \sqrt{(-3)^2 + (-3)^2} \\
 &= \sqrt{9 + 9} \\
 &= \sqrt{18}
 \end{aligned}$$

$$AB = 3\sqrt{2}$$

- 4** A(3;-2) et B(-2;7).

$$\begin{aligned}
 AB &= \sqrt{(-2 - 3)^2 + (7 - (-2))^2} \\
 &= \sqrt{(-5)^2 + 9^2} \\
 &= \sqrt{25 + 81}
 \end{aligned}$$

$$AB = \sqrt{106}$$

5 A(1; -2) et B(7; -5).

$$\begin{aligned}AB &= \sqrt{(7-1)^2 + (-5 - (-2))^2} \\&= \sqrt{6^2 + (-3)^2} \\&= \sqrt{36+9} \\&= \sqrt{45} \\&= \sqrt{9 \times 5} \\&= \sqrt{9} \times \sqrt{5}\end{aligned}$$

$$\boxed{AB = 3\sqrt{5}}$$

6 A(1; 4) et B(-2; -1).

$$\begin{aligned}AB &= \sqrt{(-2-1)^2 + (-1-4)^2} \\&= \sqrt{9+25} \\&= \sqrt{34}\end{aligned}$$

$$\boxed{AB = \sqrt{34}}$$

Corrigé de l'exercice 4.3 page 100

1 A(1; 2) et B(3; 4).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} = \frac{1+3}{2} = \frac{4}{2} = 2. \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} = \frac{2+4}{2} = \frac{6}{2} = 3. \end{cases}$$

Ainsi, $\boxed{M(2; 3)}$

2 A(-1; 2) et B(-3; 4).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} = \frac{-1+(-3)}{2} = \frac{-4}{2} = -2. \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} = \frac{2+4}{2} = \frac{6}{2} = 3. \end{cases}$$

Ainsi, $\boxed{M(-2; 3)}$

3 A(2; -1) et B(4; -5).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} = \frac{2+4}{2} = \frac{6}{2} = 3. \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} = \frac{-1+(-5)}{2} = \frac{-6}{2} = -3. \end{cases}$$

Ainsi, $\boxed{M(3; -3)}$

4 A(-1; -1) et B(5; -7).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} = \frac{-1+5}{2} = \frac{4}{2} = 2. \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} = \frac{-1+(-7)}{2} = \frac{-8}{2} = -4. \end{cases}$$

Ainsi, $\boxed{M(2; -4)}$

Corrigé de l'exercice 4.4 page 100

1 A(1;2) et M(3;4).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_B = 2x_M - x_A = 2 \times 3 - 1 = 5. \\ y_B = 2y_M - y_A = 2 \times 4 - 2 = 6. \end{cases}$$

Donc B(5;6)

2 A(-1;2) et M(-3;4).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_B = 2x_M - x_A = 2 \times (-3) - (-1) = -6 + 1 = -5. \\ y_B = 2y_M - y_A = 2 \times 4 - 2 = 6. \end{cases}$$

Donc B(-5;6)

3 A(2;-1) et M(4;-5).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_B = 2x_M - x_A = 2 \times 4 - 2 = 6. \\ y_B = 2y_M - y_A = 2 \times (-5) - (-1) = -10 + 1 = -9. \end{cases}$$

Donc B(6;-9)

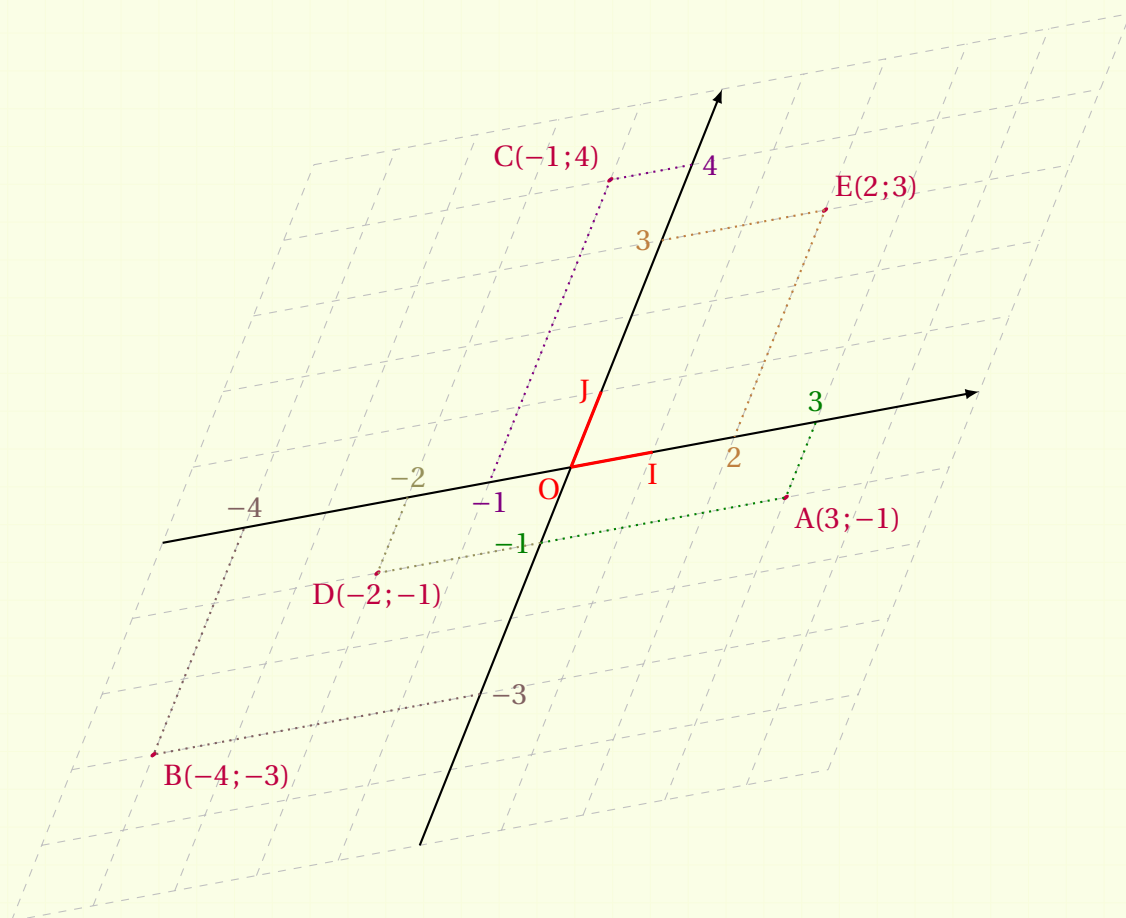
4 A(-1;-1) et M(5;-7).

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A + x_B}{2} \\ y_M = \frac{y_A + y_B}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_B = 2x_M - x_A = 2 \times 5 - (-1) = 11. \\ y_B = 2y_M - y_A = 2 \times (-7) - (-1) = -13. \end{cases}$$

Donc B(11;-13)

Corrigé de l'exercice 4.5 page 100

Dans un repère, quel qu'il soit, pour lire les coordonnées d'un point, il faut tracer les parallèles aux axes passant par ce point.



Corrigé de l'exercice 4.6 page 101

1 La figure complétée est celle donnée en fin de correction page suivante (manque de place sur celle-ci).

2 Calculons la longueur des côtés du triangle ABC :

$$\begin{aligned} AB^2 &= (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 \\ &= (5 - (-1))^2 + (-3 - 1)^2 \\ &= 6^2 + (-4)^2 \\ &= 36 + 16 \end{aligned}$$

$$AB^2 = 52.$$

$$\begin{aligned} AC^2 &= (x_C - x_A)^2 + (y_C - y_A)^2 \\ &= (4 - (-1))^2 + (2 - 1)^2 \\ &= 5^2 + 1^2 \\ &= 25 + 1 \end{aligned}$$

$$AC^2 = 26.$$

$$\begin{aligned} BC^2 &= (x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2 \\ &= (4 - 5)^2 + (2 - (-3))^2 \\ &= 1^2 + 5^2 \\ &= 1 + 25 \end{aligned}$$

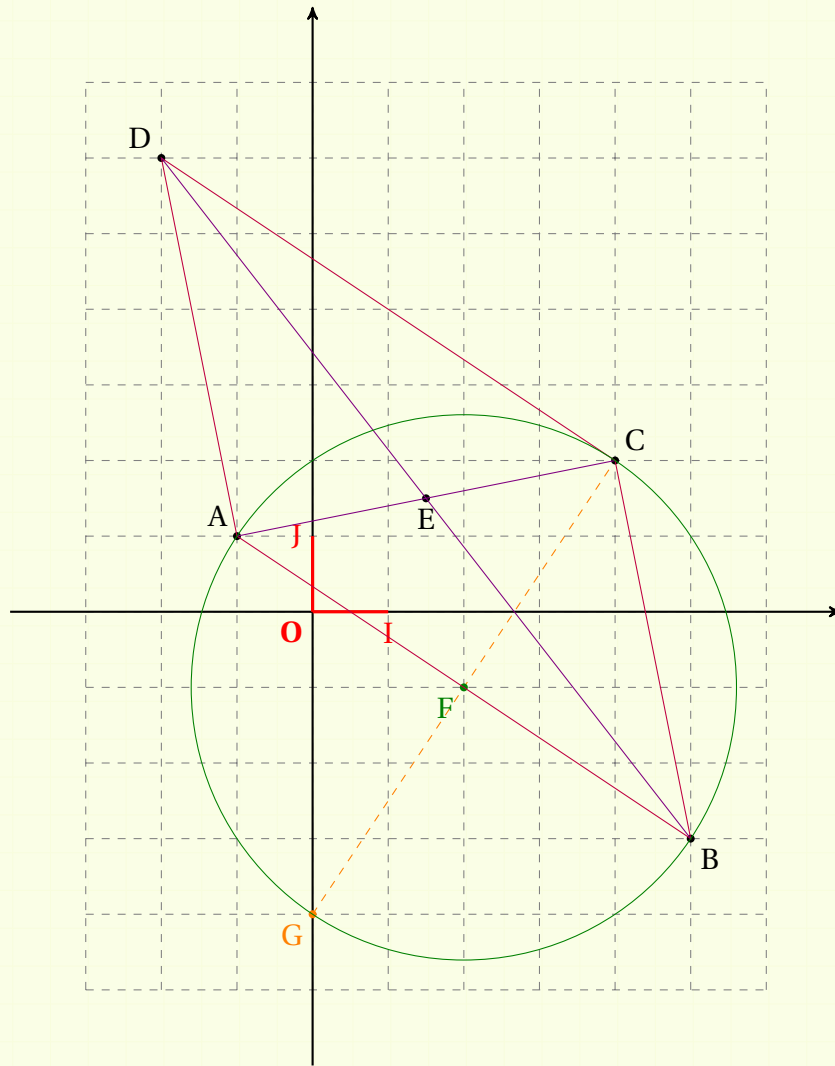
$$BC^2 = 26.$$

On remarque ainsi que $AB^2 = AC^2 + BC^2$ et que $AC^2 = BC^2$ (donc que $AC = BC$).

Le triangle ABC est donc rectangle isocèle en C.

3 Le triangle ABC étant rectangle en C, le centre de son cercle circonscrit est le milieu de son hypoténuse, à savoir [AB].

Ainsi, $F\left(\frac{x_A + x_B}{2}; \frac{y_A + y_B}{2}\right)$, soit $F\left(\frac{-1 + 5}{2}; \frac{1 - 3}{2}\right)$, et donc F(2; -1).



4 E est le milieu de [AC] donc $E\left(\frac{x_A + x_C}{2}; \frac{y_A + y_C}{2}\right)$, soit $E\left(\frac{-1+4}{2}; \frac{1+2}{2}\right)$, et donc $E\left(\frac{3}{2}; \frac{3}{2}\right)$.

5 Si ABCD est un parallélogramme alors ses diagonales se coupent en leur milieu. Ainsi, F (qui est le milieu de [AC]) est le milieu de [BD]. On en déduit alors les égalités suivantes :

$$\begin{cases} x_F = \frac{x_B + x_D}{2} \\ y_F = \frac{y_B + y_D}{2} \end{cases}$$

D'où, en remplaçant les lettres par leur valeur :

$$\begin{cases} \frac{3}{2} = \frac{5 + x_D}{2} \\ \frac{3}{2} = \frac{-3 + y_D}{2} \end{cases} \quad \text{ou encore :} \quad \begin{cases} 3 = 5 + x_D \\ 3 = -3 + y_D \end{cases}$$

On en déduit alors que $x_D = 3 - 5 = -2$ et $y_D = 3 + 3 = 6$.

Ainsi, D(-2;6).

6 E et F sont les milieux respectifs de [AC] et [AB].

Ainsi, d'après le théorème des milieux appliqué au triangle ABC, $EF = \frac{BC}{2}$, soit

$$EF = \frac{\sqrt{26}}{2}.$$

7 G est le symétrique de C par rapport à F donc F est le milieu de [CG]. Ainsi :

$$\begin{cases} x_F = \frac{x_C + x_G}{2} \\ y_F = \frac{y_C + y_G}{2} \end{cases}$$

et donc :

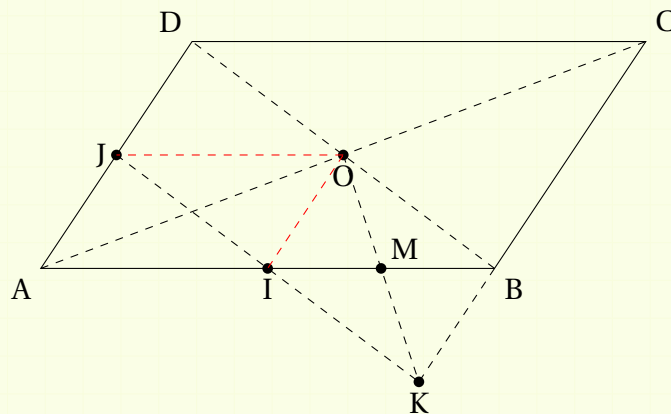
$$\begin{cases} 2 = \frac{4 + x_G}{2} \\ -1 = \frac{2 + y_G}{2} \end{cases}$$

ou encore, en multipliant par 2 de chaque côté du signe « = » :

$$\begin{cases} 4 = 4 + x_G \\ -2 = 2 + y_G \end{cases} \quad \text{soit} \quad \begin{cases} x_G = 0 \\ y_G = -4 \end{cases}$$

Ainsi, G(0; -4).

Corrigé de l'exercice 4.7 page 101



- A(0;0) car A est l'origine du repère.
- B(1;0) car B définit l'unité en abscisses.
- D(0;1) car D définit l'unité en ordonnées.
- $I\left(\frac{1}{2}; 0\right)$ car I est le milieu de [AB].
- $J\left(0; \frac{1}{2}\right)$ car J est le milieu de [AD].

- $C(1; 1)$ car $(BC) \parallel (AD)$ (donc l'abscisse de C vaut 1) et $(CD) \parallel (AB)$ (donc l'ordonnée de C vaut 1).
- Dans le triangle ABC, O est le milieu de [AC] et I celui de [AB] donc d'après la réciproque du théorème de Thalès, (OI) est parallèle à (BC) ; donc l'abscisse de O est égale à $\frac{1}{2}$.

De même, dans le triangle ABD, on montre que (OJ) et (AB) sont parallèles donc l'ordonnée de O est égale à $\frac{1}{2}$.

Finalement, $O\left(\frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right)$.

- I, J, K d'une part, A, I, B d'autre part sont alignés. De plus, (AJ) et (BK) sont parallèles (ce qui signifie que l'abscisse de K vaut 1), donc I est le milieu de [JK] et $AJ = BK$, donc l'ordonnée de K vaut $-\frac{1}{2}$.

Finalement, $K\left(1; -\frac{1}{2}\right)$.

- Dans le triangle ABD, I et J sont les milieux respectifs de [AB] et [AD] donc (IJ) et (BD) sont parallèles. Ainsi, $(IK) \parallel (OB)$.

De plus, $(OI) \parallel (AD)$ et $(AD) \parallel (BC)$ donc $(IO) \parallel (BK)$.

Donc OIKB est un parallélogramme. Ses diagonales se coupent donc en leur milieu; donc M est le milieu de [IB].

D'où $M\left(\frac{3}{4}; 0\right)$.

Corrigé de l'exercice 4.8 page 101

$$ABC \text{ rectangle en } A \iff BC^2 = AB^2 + AC^2$$

$$\iff (x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2 = \left[(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 \right] + \left[(x_C - x_A)^2 + (y_C - y_A)^2 \right]$$

$$\iff (3 - 1)^2 + (y + 2)^2 = \left[(1 + 3)^2 + (-2 - 5)^2 \right] + \left[(3 + 3)^2 + (y - 5)^2 \right]$$

$$\iff 4 + y^2 + 4y + 4 = 16 + 49 + 36 + y^2 - 10y + 25$$

$$\iff 4y + 10y = 16 + 49 + 36 + 25 - 4 - 4$$

$$\iff 14y = 118$$

$$\iff \boxed{y = \frac{118}{14} = \frac{59}{7}}$$

Corrigé de l'exercice 4.9 page 102

Un algorithme possible est le suivant :

Entrées:

Coordonnées de A : x_A et y_A

Coordonnées de B : x_B et y_B

Traitement:

$d \leftarrow \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$

$x \leftarrow (x_A + x_B)/2$

$y \leftarrow (y_A + y_B)/2$

Sortie:

Afficher : "AB = ", d

Afficher : "Les coordonnées du milieu de [AB] sont : ", x , y

En Python, cela donne les deux fonctions suivantes :

Code Python 4-10

```
1 def milieu(A,B):
2     # A[0] est l'abscisse de A, A[1] est son ordonnée
3     # B[0] est l'abscisse de B, B[1] est son ordonnée
4     return (A[0]+B[0])/2 , (A[1]+B[1])/2
5
6 def distance(A,B):
7     return ( (B[0]-A[0])**2 + (B[1]-A[1])**2 )**0.5
8     # (...)**0.5 correspond à prendre la racine carrée
```

Corrigé de l'exercice 4.10 page 102

1 A(-3;5) et M(x;y) donc :

$$MA^2 = (x_A - x_M)^2 + (y_A - y_M)^2 = (-3 - x)^2 + (5 - y)^2.$$

Or, MA = 3 (d'après l'énoncé) donc $MA^2 = 3^2 = 9$ d'où :

$$(-3 - x)^2 + (5 - y)^2 = 9$$

soit, en développant :

$$9 + 6x + x^2 + 25 - 10y + y^2 = 9$$

ou encore : $x^2 + y^2 = 10y - 6x - 25$.

(1)

B(5;2) donc, de façon analogue à ce qui vient d'être fait :

$$(5 - x)^2 + (2 - y)^2 = 6^2 = 36$$

soit :

$$25 - 10x + x^2 + 4 - 4y + y^2 = 36$$

ou encore : $x^2 + y^2 = 4y + 10x + 7$

(2)

Des égalités (1) et (2), on déduit :

$$10y - 6x - 25 = 4y + 10x + 7$$

et donc :

$$6y = 16x + 32 \quad \text{soit} \quad y = \frac{8}{3}x + \frac{16}{3}$$

2 À l'aide de l'égalité (2), en remplaçant y par $\frac{8}{3}x + \frac{16}{3}$, on obtient :

$$\begin{aligned} x^2 + \left(\frac{8}{3}x + \frac{16}{3}\right)^2 &= 4\left(\frac{8}{3}x + \frac{16}{3}\right) + 10x + 7 \\ \Leftrightarrow x^2 + \frac{64}{9}x^2 + 2 \times \frac{8}{3}x \times \frac{16}{3} + \frac{16^2}{3^2} &= \frac{32}{3}x + \frac{64}{3} + 10x + 7 \\ \Leftrightarrow \frac{9}{9}x^2 + \frac{64}{9}x^2 + \frac{256}{9}x + \frac{256}{9} &= \frac{96}{9}x + \frac{192}{9} + \frac{90}{9}x + \frac{63}{9} \\ \Leftrightarrow 73x^2 + 256x + 256 &= 186x + 255 \\ \Leftrightarrow 73x^2 + 70x + 1 &= 0. \end{aligned}$$

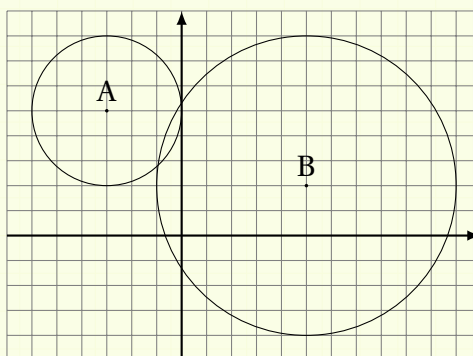
3 Sur la calculatrice, on obtient :



On peut alors conjecturer que l'équation $f(x) = 0$ admet deux solutions car la courbe représentative de f coupe en deux points l'axe des abscisses.

Il semble donc y avoir deux points possibles à notre problème.

Cela semble cohérent : ces deux points sont les intersections des cercles de centres A et B et de rayons respectifs 3 et 6.



Vecteurs



Plan du chapitre

I	Introduction	113
1	Définition	113
2	Vocabulaire	114
II	Opérations sur les vecteurs	114
1	Somme de deux vecteurs	114
2	Vecteur opposé	115
3	Produit d'un vecteur par un réel	116
III	Dans un repère	118
1	Introduction	118
2	Coordonnées d'un vecteur	118
3	Vecteurs colinéaires	120
	Exercices	123
	Corrigés	131

1 - Introduction

1.1 - Définition

Définition 22

Un **vecteur** est la représentation graphique (à l'aide d'une flèche) d'un déplacement par translation.

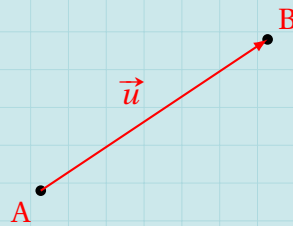
Un vecteur est donc défini par :

- une direction (l'inclinaison de la flèche) ;
- un sens (vers la droite, vers la gauche, vers le haut, vers le bas) ;
- une norme (la longueur de la flèche).

Il est noté par une lettre surmontée d'une flèche (toujours de la gauche vers la droite dans la notation).

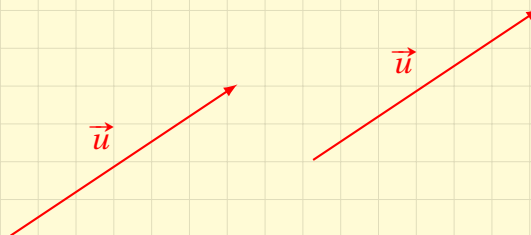
Exemple 34

Le vecteur $\vec{u} = \overrightarrow{AB}$ représente la translation qui transforme A en B.



Remarque 39

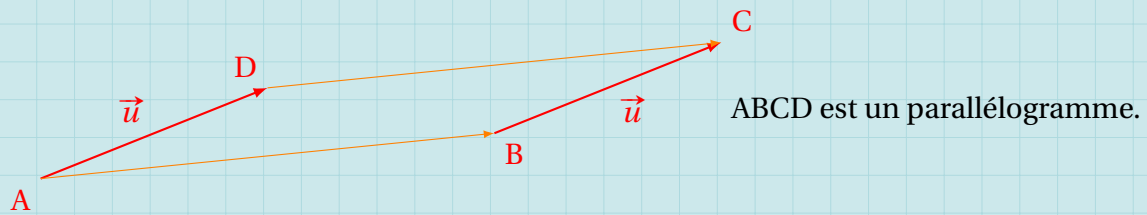
Un même vecteur peut être représenté par plusieurs flèches identiques :



Propriété 28 (règle du parallélogramme)

Si ABCD est un parallélogramme, alors $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{DC}$ et $\overrightarrow{AD} = \overrightarrow{BC}$.

Exemple 35

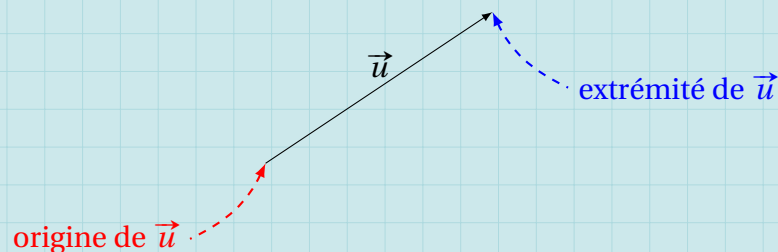


1.2 - Vocabulaire

Définition 23

L'**origine** d'un vecteur est le point à partir duquel la flèche part.
L'**extrémité** d'un vecteur est le point où la flèche arrive.

Exemple 36



Remarque 40

Dans le cas d'un vecteur \overrightarrow{AB} , « A » (la première lettre) représente toujours l'origine et « B » (la seconde lettre) désigne toujours l'extrémité.

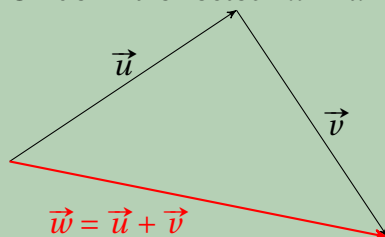
II - Opérations sur les vecteurs

II.1 - Somme de deux vecteurs

Définition 24

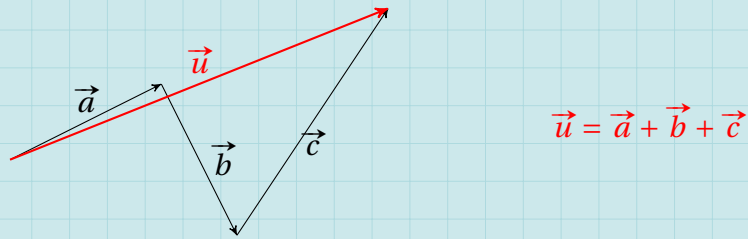
Soient \vec{u} et \vec{v} deux vecteurs.

On définit le vecteur $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$ de la façon suivante :



- on met « bout-à-bout » les vecteurs;
- l'origine du vecteur-somme est celle du 1^{er} vecteur;
- l'extrémité du vecteur-somme est celle du dernier vecteur.

Exemple 37 (somme de 3 vecteurs)

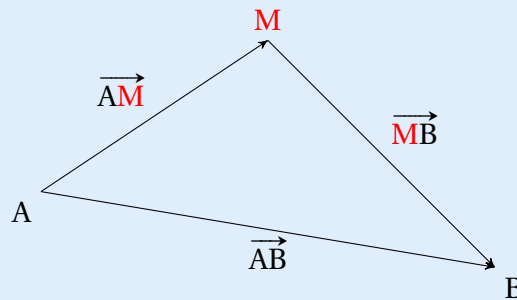


Propriété 29 (relation de Chasles)

Soient A, B et M trois points quelconques.

$$\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AM} + \overrightarrow{MB}.$$

Cette relation signifie que pour aller d'un point (A) à un autre (B), on peut partir du premier (A), puis passer par un autre (M) avant d'arriver au point final (B).



II. 2 - Vecteur opposé

Définition 25

Soit \vec{u} un vecteur quelconque.

On définit le vecteur $-\vec{u}$ comme étant le vecteur ayant :

- la même direction que \vec{u} ;
- le sens contraire de \vec{u} ;
- la même norme que \vec{u} .

Dans le cas d'un vecteur \overrightarrow{AB} , on a :

$$-\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{BA}.$$

Exemple 38



Définition 26 (vecteur nul)

On définit le **vecteur nul** comme étant le vecteur de norme nulle. On le note $\vec{0}$.

Si un vecteur représente un déplacement, le vecteur nul représente, quant à lui, la stabilité : le « non déplacement ».

Remarque 41

Quel que soit le vecteur \vec{u} ,

$$\vec{u} + (-\vec{u}) = \vec{0}.$$

II. 3 - Produit d'un vecteur par un réel

Définition 27

Soit \vec{u} un vecteur quelconque et k un nombre réel non nul.

- Si $k > 0$, on définit le vecteur $\vec{v} = k\vec{u}$ comme étant le vecteur somme :

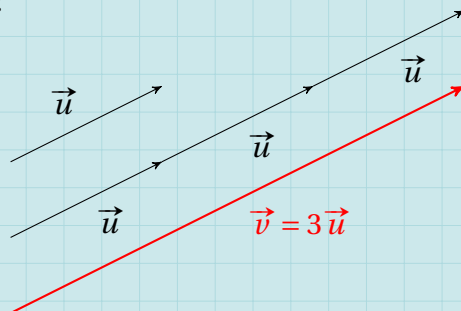
$$\vec{v} = \underbrace{\vec{u} + \vec{u} + \cdots + \vec{u}}_{k \text{ fois}}.$$

- Si $k < 0$, on définit le vecteur $\vec{v} = k\vec{u}$ comme étant le vecteur somme :

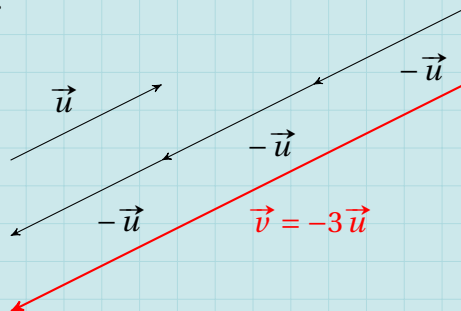
$$\vec{v} = \underbrace{(-\vec{u}) + (-\vec{u}) + \cdots + (-\vec{u})}_{k \text{ fois}}.$$

Exemple 39

1 $k > 0$:



2 $k < 0$:



Définition 28

Deux vecteurs sont **colinéaires** s'ils ont la même direction.
On peut écrire cette définition de la façon suivante :

$$\vec{u} \text{ et } \vec{v} \text{ sont colinéaires} \iff \exists k \in \mathbb{R}^*, \vec{u} = k \vec{v}.$$

Attention 5

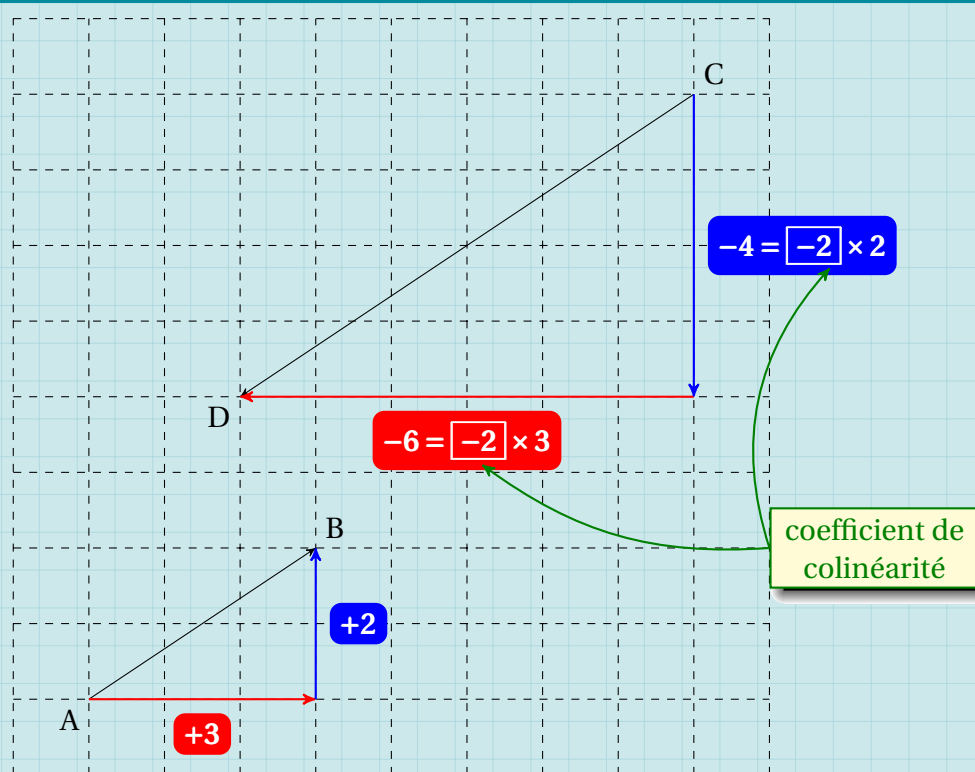
On ne dit pas que deux vecteurs sont parallèles.

Le terme « parallèle » est uniquement utilisé pour des droites ou des segments, voire éventuellement des courbes, mais pas pour des vecteurs.



Si deux vecteurs sont colinéaires, on pourra dire que leur *support* (les droites qui les supportent) sont parallèles.

Exemple 40



À l'aide du quadrillage, on peut remarquer ici que $\vec{CD} = -2\vec{AB}$, donc les vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} sont colinéaires.

Propriété 30 (Alignement de trois points)

Si deux vecteurs \vec{AB} et \vec{AC} sont colinéaires, alors les points A, B et C sont alignés.

III - DANS UN repère

III . 1 - Introduction

Définition 29

- On considère un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.
On appelle **vecteurs unitaires** de ce repère les vecteurs :

$$\vec{i} = \overrightarrow{OI} \quad \text{et} \quad \vec{j} = \overrightarrow{OJ}.$$

Le repère est alors noté : $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

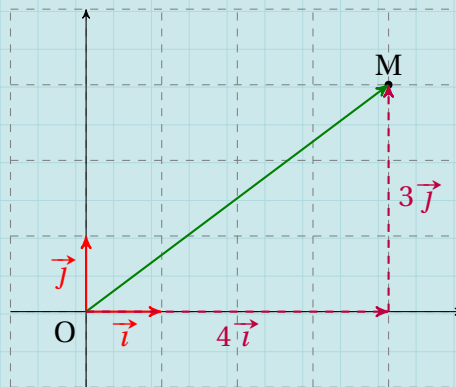
- On considère un point $M(x; y)$ dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

Alors,

$$\overrightarrow{OM} = x \vec{i} + y \vec{j}.$$

Exemple 41

On considère le point $M(4; 3)$:



Remarque 42

Le repère utilisé dans l'exemple est orthonormé (axes perpendiculaires – *ortho* – et mêmes unités sur les axes – *normé*), mais le résultat est valable quel que soit le repère utilisé.

III . 2 - Coordonnées d'un vecteur

Définition 30

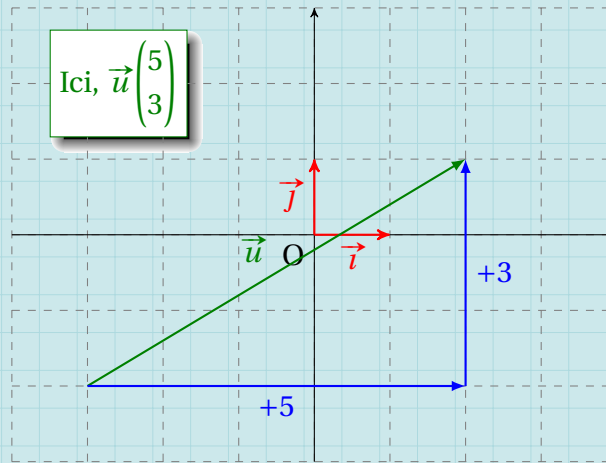
On considère un vecteur \overrightarrow{AB} dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

Les coordonnées de \overrightarrow{AB} sont notées ainsi :

$$\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix},$$

où x représente la dénivellation relative en abscisses et y celle en ordonnées pour passer de A à B.

Exemple 42



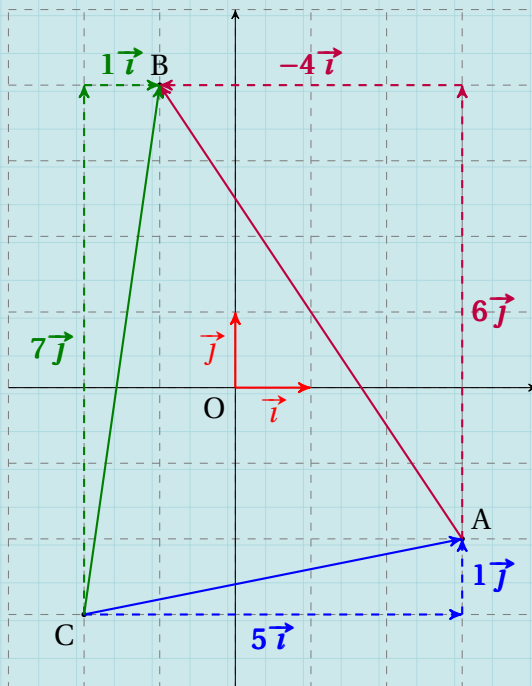
Propriété 31

En posant $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$, on a :

$$\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix}.$$

Exemple 43

On considère les points $A(3; -2)$, $B(-1; 4)$ et $C(-2; -3)$ dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.



- $\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} -1 - 3 \\ 4 - (-2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ 6 \end{pmatrix}.$

- $\overrightarrow{CA} \begin{pmatrix} 3 - (-2) \\ -2 - (-3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}.$

- $\overrightarrow{CB} \begin{pmatrix} -1 - (-2) \\ 4 - (-3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \end{pmatrix}.$

Propriété 32

Soient $\vec{u} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ deux vecteurs dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

- Le vecteur-somme $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$ a pour coordonnées :

$$\vec{w} \begin{pmatrix} x + x' \\ y + y' \end{pmatrix}.$$

- Soit $k \in \mathbb{R}^*$. Alors, le vecteur $k\vec{u}$ a pour coordonnées :

$$k\vec{u} \begin{pmatrix} k \times x \\ k \times y \end{pmatrix}.$$

Exemple 44

On pose $\vec{u} \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix}$.

- $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$ avec $\vec{w} \begin{pmatrix} -1 + 3 \\ 2 + (-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$.
- $-3\vec{u} \begin{pmatrix} -3 \times (-1) \\ -3 \times 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -6 \end{pmatrix}$.

III. 3 - Vecteurs colinéaires

Définition 31

Soient $\vec{u} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ deux vecteurs du plan.

On appelle *déterminant* le nombre :

$$\det(\vec{u}; \vec{v}) = \begin{vmatrix} x & x' \\ y & y' \end{vmatrix} = xy' - yx'.$$

Propriété 33

$\vec{u} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ sont colinéaires si et seulement si $\det(\vec{u}; \vec{v}) = 0$.

Exemple 45

Dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$, on considère les vecteurs $\vec{u} \begin{pmatrix} \sqrt{2}-1 \\ 1 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} 1 \\ \sqrt{2}+1 \end{pmatrix}$.

On a d'une part :

$$\det(\vec{u}; \vec{v}) = \begin{vmatrix} \sqrt{2}-1 & 1 \\ 1 & \sqrt{2}+1 \end{vmatrix} = (\sqrt{2}-1)(\sqrt{2}+1) - 1 = (2-1) - 1 = 0.$$

Ainsi, \vec{u} et \vec{v} sont colinéaires.

Démonstration 9

Soient $\vec{u} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ deux vecteurs du plan rapportés à un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

- Supposons que \vec{u} et \vec{v} sont colinéaires.

Alors, il existe un réel non nul k tel que $\vec{v} = k\vec{u}$, et donc :

$$\begin{cases} x' = kx \\ y' = ky \end{cases}$$

Ainsi,

$$xy' = x \times ky = k(xy) \quad \text{et} \quad x'y = kx \times y = k(xy).$$

Donc $xy' = x'y$, soit $xy' - x'y = 0$, ou encore $\det(\vec{u}; \vec{v}) = 0$.

- Supposons maintenant que $xy' = x'y$, c'est-à-dire que $\det(\vec{u}; \vec{v}) = 0$.

Alors,

→ si x' et y' sont tous deux différents de 0,

$$\frac{x}{x'} = \frac{y}{y'}.$$

Notons $\lambda = \frac{x}{x'} = \frac{y}{y'}$. On a donc :

$$x = \lambda x' \quad \text{et} \quad y = \lambda y'.$$

Donc $\vec{u} \begin{pmatrix} \lambda x' \\ \lambda y' \end{pmatrix}$, soit $\vec{u} = \lambda \vec{v}$. Les vecteurs \vec{u} et \vec{v} sont donc colinéaires;

→ si $x' = 0$ et $y' \neq 0$ alors :

$$xy' = x'y \iff xy' = 0 \iff x = 0 \text{ ou } y' = 0 \text{ (ce qui est impossible par hypothèse)}.$$

Donc $x = 0$ et on a donc $\vec{u} \begin{pmatrix} 0 \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} 0 \\ y' \end{pmatrix}$. Les deux vecteurs sont donc colinéaires car il existe toujours un réel k tel que $y' = ky$.

→ si $x' \neq 0$ et $y' = 0$ alors, avec un raisonnement analogue, on obtient que $\vec{u} \begin{pmatrix} x \\ 0 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} x' \\ 0 \end{pmatrix}$. Ainsi, les deux vecteurs sont colinéaires;

→ si $x' = y' = 0$ alors x et y peuvent être quelconques, l'égalité $xy' = x'y$ est toujours vraie. Dans ce cas, $\vec{v} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ est le vecteur nul, et il est alors colinéaire à \vec{u} car le vecteur nul est colinéaire à tout autre vecteur.

Géométrie vectorielle pure

Exercice S.1 (placement de points)

Soit ABC un triangle quelconque.

- 1 Placer le point E tel que $\overrightarrow{AE} = \frac{1}{3}\overrightarrow{AB}$.
- 2 Placer le point F tel que $\overrightarrow{AF} = 3\overrightarrow{AC}$.
- 3 Démontrer que (CE) et (FB) sont parallèles.

Solution page 131

Exercice S.2 (placement et alignement de points)

ABCD est un parallélogramme.

- 1 Placer les points E et F tels que :

$$\overrightarrow{DE} = \frac{1}{3}\overrightarrow{DB} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{DF} = -\frac{1}{4}\overrightarrow{DB}$$

- 2 Placer les points G et H tels que BAEG et BAFH sont des parallélogrammes.
- 3 Démontrer que $\overrightarrow{CH} = \overrightarrow{DF}$ et $\overrightarrow{CG} = \overrightarrow{DE}$.
- 4 En déduire que les points C, G et H sont alignés.

Solution page 131

Exercice S.3 (relation de Chasles)

Simplifier au maximum les écritures suivantes :

- 1 $\vec{u} = \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{CB}$
- 2 $\vec{v} = \overrightarrow{DE} - \overrightarrow{DF} + \overrightarrow{EF} - \overrightarrow{ED}$
- 3 $\vec{w} = \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{MA} - \overrightarrow{MB}$

Solution page 132

Exercice S.4 (exprimer un vecteur en fonction d'un autre)

Soient A et B deux points tels que $AB = 5$ cm.

Soit M le point défini par :

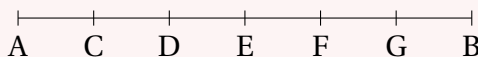
$$-5\overrightarrow{MA} + 3\overrightarrow{MB} = \vec{0}.$$

Exprimer le vecteur \overrightarrow{AM} en fonction de \overrightarrow{AB} et construire le point M.

Solution page 132

Exercice 5.5 (égalités de vecteurs)

Le segment suivant est partagé en 6 parties de même longueur.



Compléter les relations suivantes :

1 $\vec{E...} = -2\vec{EF}$

2 $\vec{C...} + \vec{...G} = \vec{0}$

3 $\vec{AB} = \frac{3}{2}\vec{A...}$

4 $\vec{CE} = \vec{...AB}$

5 $\vec{AD} = \vec{...BF}$

6 $\vec{DE} = \vec{...BF}$

Solution page 132

Exercice 5.6 (construction de points, égalité vectorielle)

Soit ABCD un parallélogramme de centre I.

- 1 Construire le point M tel que :

$$\vec{IM} = \vec{IA} + \vec{ID}$$

et le point N tel que :

$$\vec{IN} = \vec{IB} + \vec{IC}$$

- 2 Démontrer que $\vec{IM} + \vec{IN} = \vec{0}$. Que peut-on en déduire?

- 3 Justifier que $\vec{BN} = \vec{IC}$ et que $\vec{IC} = \vec{AI}$.
En déduire la nature de ABNI.

Solution page 132

Exercice 5.7 (alignement de points)

ABC est un triangle quelconque. Soient D, E et F les points tels que :

$$\vec{CD} = -\vec{CB} \quad ; \quad \vec{AE} = \frac{3}{2}\vec{AC} \quad ; \quad \vec{BF} = -2\vec{BA}$$

Démontrer que D, E et F sont alignés.

Solution page 133

Exercice 5.8 (alignement de points)

On considère un parallélogramme ABCD puis les points E et F définis par :

$$\vec{BE} = \frac{3}{2}\vec{BD} \quad \text{et} \quad \vec{CF} = \vec{AB} - \frac{1}{3}\vec{AD}.$$

On souhaite démontrer que les points F, C et E sont alignés.

- 1 Exprimer \vec{CE} en fonction de \vec{AB} et \vec{AD} .
2 Conclure.

Solution page 134

Exercice 5.9 (milieu)

Soit ABC un triangle quelconque.
On définit le point D par l'égalité : $\overrightarrow{AD} + \overrightarrow{BD} = \overrightarrow{AC}$.
Montrer que D est le milieu de [BC].

Solution page 135

Exercice 5.10 (Alignement de points)

Soit ABCD un parallélogramme. On définit les points E et F par les égalités suivantes :

$$\overrightarrow{AE} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AB} + \frac{1}{2}\overrightarrow{BC} \quad ; \quad \overrightarrow{BF} = \frac{1}{3}\overrightarrow{BC}.$$

Montrer que A, E et F sont alignés.

Solution page 136

Exercice 5.11 (Équations vectorielles)

On considère deux points quelconques A et B du plan.

- 1 Construire le point M tel que $\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB} = \vec{0}$.
- 2 Construire le point N tel que $2\overrightarrow{NA} - 3\overrightarrow{NB} = \vec{0}$.
- 3 Construire le point P tel que $-3\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{PB} = \vec{0}$.
- 4 Construire le point R tel que $2\overrightarrow{RA} + 3\overrightarrow{RB} = \vec{0}$.
- 5 Construire le point S tel que $3\overrightarrow{SA} - 2\overrightarrow{SB} = \vec{0}$.
- 6 Construire le point T tel que $5\overrightarrow{TA} - 2\overrightarrow{TB} = \vec{0}$.

Solution page 136

DANS UN repère

Exercice 5.12 (vecteurs colinéaires)

Le plan est rapporté à un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.
Pour chaque question, dire si les vecteurs \vec{u} et \vec{v} sont colinéaires.

1 $\vec{u} \begin{pmatrix} -1 \\ 5 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$.

3 $\vec{u} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} \frac{10}{3} \\ 5 \end{pmatrix}$.

2 $\vec{u} \begin{pmatrix} -3 \\ 7 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} -7 \\ 3 \end{pmatrix}$.

4 $\vec{u} \begin{pmatrix} \sqrt{2}-1 \\ \frac{1}{2} \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} 2 \\ \sqrt{2}+1 \end{pmatrix}$.

Solution page 138

Exercice 5.13 (Alignement de points)

Soit ABC un triangle. On considère alors les points E, F et H tels que :

$$\vec{EC} = \frac{3}{5}\vec{AC} \quad ; \quad \vec{AF} = \frac{3}{4}\vec{AB} \quad ; \quad \vec{CH} = -\frac{9}{7}\vec{BC}.$$

- 1 Faire une figure.
- 2 Exprimer \vec{EF} en fonction de \vec{AB} et \vec{AC} .
- 3 Exprimer le vecteur \vec{EH} en fonction des vecteurs \vec{AB} et \vec{AC} .
En déduire que les points E, F et G sont alignés (on pourra se placer dans le repère $(A; \vec{AB}; \vec{AC})$).

Solution page 139

Exercice 5.14 (Parallélisme de deux droites)

ABCD est un parallélogramme.

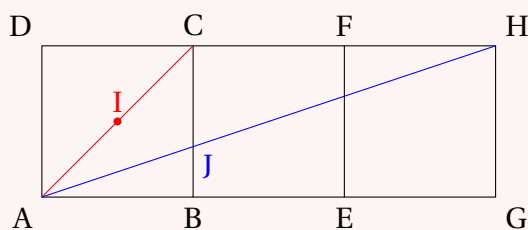
Soit I le milieu de [BC] et J celui de [CD].

On définit alors H par l'égalité $\vec{AH} = \frac{1}{3}\vec{AB}$ et K par l'égalité $\vec{AK} = \frac{2}{3}\vec{AD}$.

- 1 Faire une figure.
- 2 Exprimer \vec{HI} et \vec{KJ} en fonction de \vec{AB} et \vec{AD} .
- 3 En se plaçant dans le repère $(A; \vec{AB}; \vec{AD})$, montrer que les droites (HI) et (KJ) ne sont pas parallèles.

Solution page 140

Exercice 5.15 (Alignement de points)



ABCD, CEFD et EGHF sont trois carrés de même côtés.

I est le milieu de [AC] et J est le point d'intersection de (BC) et (AH).

En considérant le repère $(A; \vec{AB}; \vec{AD})$, montrer que E, J et I sont alignés.

Solution page 141

Exercice 5.16 (programme Python)

On considère le programme Python suivant :

Code Python 5-11

```
1 A = (0,2) # A[0] représente xA et A[1] représente yA
2 B = (5,-1)
3 C = (10,-4)
4
5 AB = ( B[0] - A[0] , B[1] - A[1] )
6 AC = ( C[0] - A[0] , C[1] - A[1] )
7
8 d = AB[0] * AC[1] - AB[1] * AC[0]
9
10 if d == 0:
11     print('Les points A, B et C sont alignés.')
12 else:
13     print('Les points A, B et C ne sont pas alignés.')
```

- 1 Que représentent B[0] et B[1] ? C[0] et C[1] ?
- 2 Que représente alors la valeur de la variable d de ce programme ?
- 3 Expliquer le test « if d == 0 : » et ce qu'il affiche.

Solution page 141

Exercice 5.17 (alignement de points et nature d'un triangle)

On considère les points A(2; -1), B(1; 1), C(- $\frac{1}{2}$; 2) et D(3; 0) dans un repère orthonormé.

- 1 Les points A, B et C sont-ils alignés ?
- 2 Quelle est la nature du triangle ABD ?

Solution page 142

Exercice 5.18 (milieu, centre de gravité, points alignés)

Dans un repère (O; \vec{i} , \vec{j}), on considère les points A(1; 2), B(3; -4) et C(5; 0).

- 1 Calculer les coordonnées du point I, milieu de [AB].
- 2 Montrer que C appartient au cercle \mathcal{C} de diamètre [AB].
- 3 Quelle est la nature du triangle ABC ?
- 4 On considère le point D(-4; -3).
Montrer que D, I et C sont alignés.
- 5 Calculer les coordonnées du centre de gravité G du triangle BAD.
Aide : on admet que $x_G = \frac{x_A + x_B + x_D}{3}$ et $y_G = \frac{y_A + y_B + y_D}{3}$.
- 6 On considère le point M défini par : $\vec{GM} = \vec{GA} + \vec{GB}$.
Montrer que D, G, I, M et C sont alignés.
Aide : on admet que $\vec{GA} + \vec{GB} + \vec{GD} = \vec{0}$.

Solution page 142

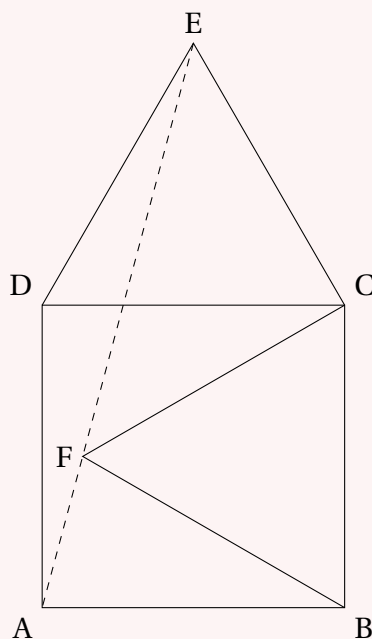
Exercice S.19 (trouver des coordonnées)

Dans un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j})$, on considère les points $A(-2; -3)$, $B(4; -1)$ et $C(-7; 2)$.

- 1** a. Déterminer les coordonnées du vecteur $\vec{AB} + \vec{AC}$.
b. En déduire les coordonnées du point D tel que ABDC soit un parallélogramme.
- 2** Déterminer les coordonnées du milieu I de [AD].

Solution page 144

Exercice S.20 (triangles équilatéraux et points alignés)



Soit ABCD un carré. Les triangles DEC et BCF sont équilatéraux. La figure est reportée dans repère $(A; \vec{i}, \vec{j})$ où $\vec{i} = \vec{AB}$ et $\vec{j} = \vec{AD}$.

- 1** Déterminer les coordonnées des points E et F.
- 2** Montrer que E, F et A sont alignés.

Solution page 144

Exercice S.21 (prendre des initiatives)

Soit ABCD un parallélogramme.

- 1** Placer le point E tel que $\vec{EB} = \frac{1}{2}\vec{BA}$.
- 2** Placer le point F tel que $\vec{AF} = 3\vec{AD}$.
- 3** Démontrer que les points C, E et F sont alignés.

Solution page 146

Exercice S.22 (À la recherche d'un nombre)

On considère le repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ dans lequel on place les points $A(-2; -1)$, $B(1; 2)$ et $C(5; -2)$.

- 1 Quelles sont les coordonnées du milieu I de $[AC]$?
- 2 Déterminer les coordonnées du point D tel que $ABCD$ soit un parallélogramme.
- 3 On considère un point $M(5; y)$, où $y \in \mathbb{R}$.
Déterminer la valeur de y telle que A , B et M soient alignés.

Solution page 146

Exercice S.23 (Alignement de points avec un triangle isocèle)

On considère un triangle ABC isocèle en B .

Soient D et E deux points définis par les égalités suivantes :

$$\overrightarrow{CD} = 2\overrightarrow{AC} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{AE} = \overrightarrow{AC} + \frac{2}{3}\overrightarrow{AB}.$$

On souhaite montrer que les points B , E et D sont alignés. Pour cela, on se place dans le repère $(A; \overrightarrow{AC}, \overrightarrow{AB})$.

- 1 Quelles sont les coordonnées des vecteurs \overrightarrow{AC} et \overrightarrow{AB} ?
- 2 Quelles sont les coordonnées des points D et E ?
- 3 Calculer les coordonnées des vecteurs \overrightarrow{BE} et \overrightarrow{BD} .
- 4 Conclure.

Solution page 147

Exercice S.24 (Équations vectorielles)

Le plan est rapporté à un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ orthonormé. On pose :

$$A(-3; 2) \quad , \quad B(5; 4) \quad , \quad C(1; 7).$$

- 1 Trouver les coordonnées du point M tel que $3\overrightarrow{MA} + 2\overrightarrow{MB} = \vec{0}$.
- 2 Trouver les coordonnées du point N tel que $\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{NB} - 3\overrightarrow{NC} = \vec{0}$.
- 3 Le point P tel que $\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{PB} - 2\overrightarrow{PC} = \vec{0}$ existe-t-il?

Solution page 148

Exercice S.25 (récapitulatif analytique)

Le plan est rapporté à un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

On considère les points $A(-3; -2)$, $B(3; -1)$ et $C(6; 2)$.

- 1 Déterminer les coordonnées du point D tel que $ABCD$ soit un parallélogramme.

- 2** La formule suivante nous dit comment calculer l'aire du parallélogramme ABCD :

$$\mathcal{A}_{ABCD} = \det(\overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AD}).$$

Calculer cette aire.

- 3** En déduire la hauteur du parallélogramme ABCD issue du sommet D.
4 Déterminer les coordonnées du point d'intersection des droites (AC) et (BD).
5 On considère le point E $(-6; -\frac{5}{2})$. Les points E, A et B sont-ils alignés?

Solution page 151

Exercice S.26 (récapitulatif ultime)

On considère trois points quelconques du plan A, B et C.

On définit alors les points E, F et G tels que :

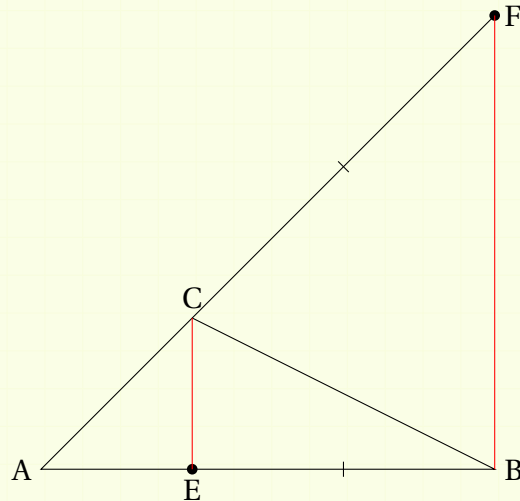
- $\overrightarrow{AE} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AB} + 2\overrightarrow{AC}$;
- $\overrightarrow{BG} = \frac{1}{2}\overrightarrow{AB}$;
- $\overrightarrow{AF} = \overrightarrow{BG} + k\overrightarrow{AC}$ où k est un nombre réel.

- 1** Déterminer la valeur de k telle que les points A, E et F soient alignés.
2 Construire alors la figure.
3 Exprimer \overrightarrow{CF} et \overrightarrow{CG} en fonction de \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} .
Les points C, F et G sont-ils alignés?
4 Dans le repère $(A; \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC})$, déterminer les coordonnées du point M tel que :

$$\overrightarrow{MF} + \overrightarrow{MG} + \overrightarrow{ME} = \vec{0}.$$

Solution page 152

Corrigé de l'exercice 5.1 page 123

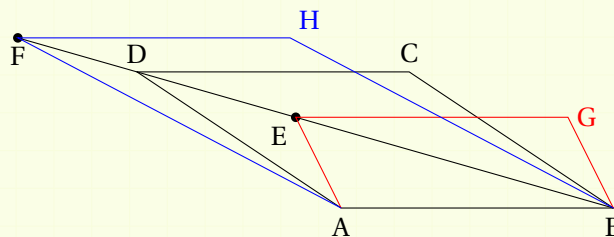


On sait que $\overrightarrow{AE} = \frac{1}{3}\overrightarrow{AB}$ et que $\overrightarrow{AC} = \frac{1}{3}\overrightarrow{AF}$ par construction. Ainsi, $\frac{AC}{AF} = \frac{AE}{AB} = \frac{1}{3}$.

Donc, d'après la réciproque du théorème de Thalès, (CE) et (BF) sont parallèles.

Corrigé de l'exercice 5.2 page 123

1 On a la figure suivante :



2 On sait que $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{DC} = \overrightarrow{FH}$ car BADC et BAFH sont des parallélogrammes. Donc CDFH est un parallélogramme. Ainsi, $\overrightarrow{DF} = \overrightarrow{CH}$.

De même, BAEG et BADC sont des parallélogrammes, donc $\overrightarrow{EG} = \overrightarrow{DC}$, ce qui implique que GEDC est un parallélogramme. Donc $\overrightarrow{DE} = \overrightarrow{CG}$.

3 On sait que $\overrightarrow{DE} = \frac{1}{3}\overrightarrow{DB}$ et que $\overrightarrow{DE} = \overrightarrow{CG}$ (d'après la question précédente). Donc, $\frac{1}{3}\overrightarrow{DB} = \overrightarrow{CG}$.

De même, $\overrightarrow{DF} = -\frac{1}{4}\overrightarrow{DB}$ et $\overrightarrow{DF} = \overrightarrow{CH}$. Donc $-\frac{1}{4}\overrightarrow{DB} = \overrightarrow{CH}$.

Ainsi, \overrightarrow{CH} et \overrightarrow{CG} sont colinéaires. De plus, ils ont un point en commun donc C, H et G sont alignés.

Corrigé de l'exercice 5.3 page 123

$$\begin{aligned} \text{1 } \vec{u} &= \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{CB} \\ \vec{u} &= \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA} \\ \vec{u} &= \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BA} \\ \vec{u} &= \overrightarrow{AA} \\ \vec{u} &= \vec{0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2 } \vec{v} &= \overrightarrow{DE} - \overrightarrow{DF} + \overrightarrow{EF} - \overrightarrow{ED} \\ \vec{v} &= \overrightarrow{DE} + \overrightarrow{FD} + \overrightarrow{EF} + \overrightarrow{DE} \\ \vec{v} &= \overrightarrow{DE} + \overrightarrow{EF} + \overrightarrow{FD} + \overrightarrow{DE} \\ \vec{v} &= \overrightarrow{DF} + \overrightarrow{FE} \\ \vec{v} &= \overrightarrow{DE} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{3 } \vec{w} &= \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{MA} - \overrightarrow{MB} \\ \vec{w} &= \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{MA} + \overrightarrow{BM} \\ \vec{w} &= \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{BM} + \overrightarrow{MA} \\ \vec{w} &= \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{BA} \\ \vec{w} &= 2\overrightarrow{BA} \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 5.4 page 123

$$-5\overrightarrow{MA} + 3\overrightarrow{MB} = \vec{0}$$

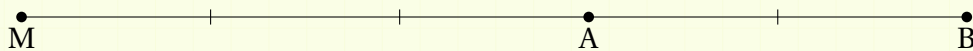
$$-5\overrightarrow{MA} + 3(\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{AB}) = \vec{0}$$

$$-5\overrightarrow{MA} + 3\overrightarrow{MA} + 3\overrightarrow{AB} = \vec{0}$$

$$-2\overrightarrow{MA} + 3\overrightarrow{AB} = \vec{0}$$

$$2\overrightarrow{AM} = -3\overrightarrow{AB}$$

$$\overrightarrow{AM} = -\frac{3}{2}\overrightarrow{AB}$$



Corrigé de l'exercice 5.5 page 124

$$\text{1 } \overrightarrow{EC} = -2\overrightarrow{EF}.$$

$$\text{3 } \overrightarrow{AB} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AF}.$$

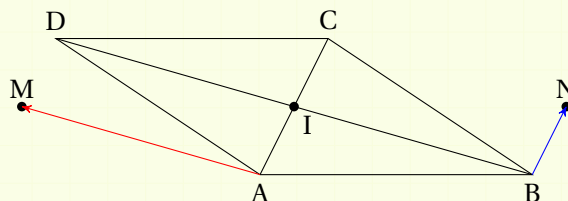
$$\text{5 } \overrightarrow{AD} = -\overrightarrow{BF}.$$

$$\text{2 } \overrightarrow{CA} + \overrightarrow{FG} = \vec{0}.$$

$$\text{4 } \overrightarrow{CE} = \frac{1}{3}\overrightarrow{AB}.$$

$$\text{6 } \overrightarrow{DE} = -\frac{1}{2}\overrightarrow{BF}.$$

Corrigé de l'exercice 5.6 page 124



1 $\vec{IM} + \vec{IN} = \vec{IA} + \vec{IB} + \vec{IC} + \vec{ID}$.

Or, $\vec{ID} = -\vec{IB}$ et $\vec{IC} = -\vec{IA}$.

Donc, $\vec{IM} + \vec{IN} = \vec{0}$.

On en déduit alors que I est le milieu de [MN].

2 On sait que $\vec{IN} = \vec{IB} + \vec{IC}$ (par construction) et que $\vec{IN} = \vec{IB} + \vec{BN}$ (d'après la relation de Chasles).

Ainsi, $\vec{IB} + \vec{BN} = \vec{IB} + \vec{IC}$ et donc $\vec{BN} = \vec{IC}$.

I étant le milieu de [AC], $\vec{IC} = \vec{AI}$.

Ainsi, $\vec{IC} = \vec{AI} = \vec{BN}$ donc ABNI est un parallélogramme.

Corrigé de l'exercice 5.7 page 124

D'une part, nous avons :

$$\vec{EF} = \vec{EA} + \vec{AF}$$

$$\vec{EF} = \frac{3}{2}\vec{CA} + \vec{AF}$$

$$\vec{EF} = \frac{3}{2}\vec{CA} + \vec{AB} + \vec{BF}$$

$$\vec{EF} = \frac{3}{2}\vec{CA} + \vec{AB} - 2\vec{BA}$$

$$\vec{EF} = \frac{3}{2}\vec{CA} + 3\vec{AB}$$

$$2\vec{EF} = 3\vec{CA} + 6\vec{AB}.$$

D'autre part, nous avons :

$$\begin{aligned}\vec{DF} &= \vec{DC} + \vec{CF} \\ &= \vec{CB} + \vec{CB} + \vec{BF} \\ &= 2\vec{CB} - 2\vec{BA}\end{aligned}$$

$$= 2(\vec{CA} + \vec{AB}) + 2\vec{AB}$$

$$= 2\vec{CA} + 4\vec{AB}$$

$$= \frac{2}{3}(3\vec{CA} + 6\vec{AB})$$

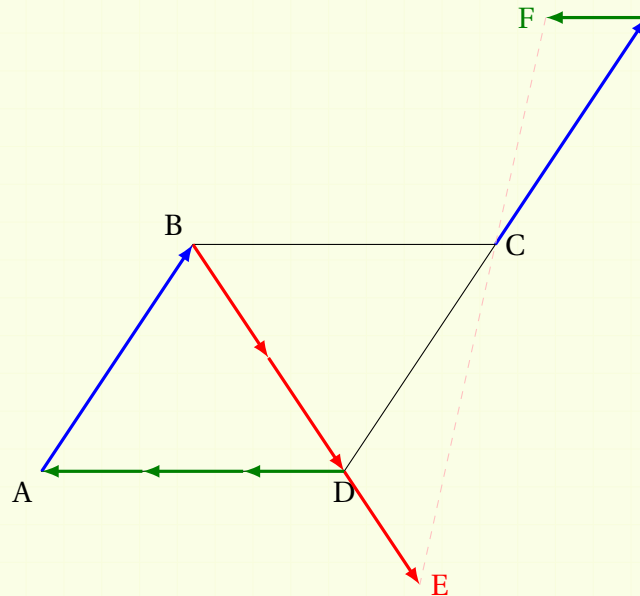
$$= \frac{2}{3} \times 2\vec{EF}$$

$$\boxed{\vec{DF} = \frac{4}{3}\vec{EF}}$$

Les vecteurs \vec{DF} et \vec{EF} sont donc colinéaires. Ils ont un point en commun, donc D, E et F sont alignés.

Corrigé de l'exercice 5.8 page 124

1 Faisons une figure :



$$\begin{aligned}
 \vec{CE} &= \vec{CB} + \vec{BE} \\
 &= -\vec{AD} + \vec{BE} \\
 &= -\vec{AD} + \frac{3}{2}\vec{BD} \\
 &= -\vec{AD} + \frac{3}{2}(\vec{BC} + \vec{CD}) \\
 &= -\vec{AD} + \frac{3}{2}(\vec{AD} - \vec{AB}) \\
 &= -\vec{AD} + \frac{3}{2}\vec{AD} - \frac{3}{2}\vec{AB}
 \end{aligned}$$

$$\boxed{\vec{CE} = -\frac{3}{2}\vec{AB} + \frac{1}{2}\vec{AD}}$$

d'après la relation de Chasles
car ABCD est un parallélogramme

d'après l'énoncé

d'après la relation de Chasles

car ABCD est un parallélogramme

3 On sait désormais que :

$$\begin{aligned}
 \vec{CE} &= -\frac{3}{2}\vec{AB} + \frac{1}{2}\vec{AD} \\
 \vec{CF} &= \vec{AB} - \frac{1}{3}\vec{AD}
 \end{aligned}$$

Or,

$$\left(-\frac{3}{2}\right) \times \left(-\frac{1}{3}\right) - 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 0$$

donc \vec{CE} et \vec{CF} sont colinéaires. De plus, ils ont un point en commun (le point C) donc C, E et F sont alignés

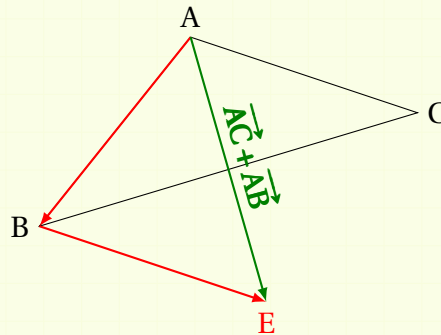
Corrigé de l'exercice 5.9 page 125

Le point D étant défini par une égalité vectorielle où il apparaît deux fois, il est conseillé d'utiliser la relation de Chasles afin de simplifier cette dernière de sorte à ce que le point D n'apparaisse qu'une seule fois. On peut donc, par exemple, écrire $\overrightarrow{BD} = \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{AD}$ (ici, j'ai décomposé en utilisant le point A car il apparaît dans l'autre vecteur qui s'écrit avec le point D).

On a ainsi :

$$\begin{aligned}\overrightarrow{AD} + \overrightarrow{BD} &= \overrightarrow{AC} \iff \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{AD} = \overrightarrow{AC} \\ &\iff 2\overrightarrow{AD} = \overrightarrow{AC} - \overrightarrow{BA} \\ &\iff 2\overrightarrow{AD} = \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{AB} \\ &\iff \overrightarrow{AD} = \frac{1}{2}(\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{AB}).\end{aligned}$$

On a alors :



$\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{AB}$ est le « vecteur diagonal » du parallélogramme ABEC. Les diagonales d'un parallélogramme se coupent en leur milieu, et D est défini comme le milieu du vecteur $\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{AB}$; donc D est le milieu de [BC].

On aurait pu aussi raisonner de façon purement vectorielle en continuant la suite des équivalences :

$$\begin{aligned}\overrightarrow{AD} + \overrightarrow{BD} &= \overrightarrow{AC} \iff \overrightarrow{AD} = \frac{1}{2}(\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{AB}) \\ &\iff \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BD} = \frac{1}{2}(\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{AB}) \\ &\iff \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BD} = \frac{1}{2}(2\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}) \\ &\iff \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BD} = \frac{1}{2} \times 2\overrightarrow{AB} + \frac{1}{2} \times \overrightarrow{BC} \\ &\iff \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BD} = \overrightarrow{AB} + \frac{1}{2}\overrightarrow{BC} \\ &\iff \boxed{\overrightarrow{BD} = \frac{1}{2}\overrightarrow{BC}}\end{aligned}$$

Cette dernière égalité montre bien que D est le milieu de [BC].

Corrigé de l'exercice 5.10 page 125

On a d'une part :

$$\overrightarrow{AE} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AB} + \frac{1}{2}\overrightarrow{BC} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AB} + \frac{1}{2}\overrightarrow{AD}$$

et d'autre part :

$$\overrightarrow{AF} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BF} = \overrightarrow{AB} + \frac{1}{3}\overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AB} + \frac{1}{3}\overrightarrow{AD}.$$

On a donc :

$$\frac{3}{2}\overrightarrow{AF} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AB} + \frac{3}{2} \times \frac{1}{3}\overrightarrow{AD} = \overrightarrow{AE}.$$

Ainsi, \overrightarrow{AF} et \overrightarrow{AE} sont colinéaires, donc les points A, E et F sont alignés.

Corrigé de l'exercice 5.11 page 125

- 1** On souhaite construire le point M tel que $\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB} = \vec{0}$.

Utilisons la relation de Chasles pour écrire :

$$\begin{aligned}\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB} &= \overrightarrow{MA} + (\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{AB}) \\ &= 2\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{AB}.\end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned}\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB} = \vec{0} &\iff 2\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{AB} = \vec{0} \\ &\iff 2\overrightarrow{MA} = -\overrightarrow{AB} \\ &\iff -2\overrightarrow{AM} = \overrightarrow{BA} \\ &\iff \overrightarrow{AM} = -\frac{1}{2}\overrightarrow{BA} \\ &\iff \overrightarrow{AM} = \frac{1}{2}\overrightarrow{AB}.\end{aligned}$$



Ainsi, M est le milieu de [AB].

Remarque 46

Quand on souhaite construire un point inconnu défini par une égalité vectorielle (comme ici), on utilise la relation de Chasles de sorte à faire apparaître un seul vecteur qui dépend du point inconnu (ici, \overrightarrow{MA}).

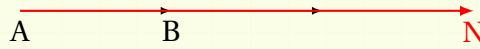
Il faut arriver à une égalité vectorielle de la forme $\overrightarrow{AM} = k\overrightarrow{AB}$, où $k \in \mathbb{R}$.

- 2** On souhaite construire le point N tel que $2\overrightarrow{NA} - 3\overrightarrow{NB} = \vec{0}$.

$$\begin{aligned}2\overrightarrow{NA} - 3\overrightarrow{NB} &= 2\overrightarrow{NA} - 3(\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{AB}) \\ &= 2\overrightarrow{NA} - 3\overrightarrow{NA} - 3\overrightarrow{AB} \\ &= -\overrightarrow{NA} - 3\overrightarrow{AB} \\ &= \overrightarrow{AN} - 3\overrightarrow{AB}.\end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} 2\overrightarrow{NA} - 3\overrightarrow{NB} = \vec{0} &\iff \overrightarrow{AN} - 3\overrightarrow{AB} = \vec{0} \\ &\iff \overrightarrow{AN} = 3\overrightarrow{AB} \end{aligned}$$



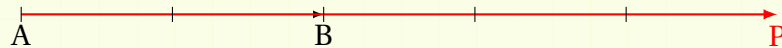
- 3** On souhaite construire le point P tel que $-3\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{PB} = \vec{0}$.

$$\begin{aligned} -3\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{PB} &= -3\overrightarrow{PA} + 5(\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{AB}) \\ &= -3\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{AB} \\ &= 2\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{AB} \end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} -3\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{PB} = \vec{0} &\iff 2\overrightarrow{PA} + 5\overrightarrow{AB} = \vec{0} \\ &\iff -2\overrightarrow{AP} = -5\overrightarrow{AB} \\ &\iff \overrightarrow{AP} = \frac{5}{2}\overrightarrow{AB}. \end{aligned}$$

On divise donc [AB] en deux et on reporte 5 fois cette moitié :



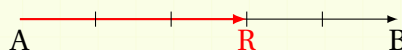
- 4** On souhaite construire le point R tel que $2\overrightarrow{RA} + 3\overrightarrow{RB} = \vec{0}$.

$$\begin{aligned} 2\overrightarrow{RA} + 3\overrightarrow{RB} &= 2\overrightarrow{RA} + 3(\overrightarrow{RA} + \overrightarrow{AB}) = \vec{0} \\ &= 2\overrightarrow{RA} + 3\overrightarrow{RB} + 3\overrightarrow{AB} \\ &= 5\overrightarrow{RA} + 3\overrightarrow{AB}. \end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} 2\overrightarrow{RA} + 3\overrightarrow{RB} = \vec{0} &\iff 5\overrightarrow{RA} + 3\overrightarrow{AB} = \vec{0} \\ &\iff 5\overrightarrow{RA} = -3\overrightarrow{AB} \\ &\iff \overrightarrow{RA} = -\frac{3}{5}\overrightarrow{AB} \\ &\iff -\overrightarrow{AR} = -\frac{3}{5}\overrightarrow{AB} \\ &\iff \overrightarrow{AR} = \frac{3}{5}\overrightarrow{AB}. \end{aligned}$$

Il faut donc couper en 5 le segment [AB] :

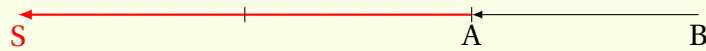


5 On souhaite construire le point S tel que $3\vec{SA} - 2\vec{SB} = \vec{0}$.

$$\begin{aligned} 3\vec{SA} - 2\vec{SB} &= 3\vec{SA} - 2(\vec{SA} + \vec{AB}) \\ &= 3\vec{SA} - 2\vec{SA} - 2\vec{AB} \\ &= \vec{SA} - 2\vec{AB}. \end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} 3\vec{SA} - 2\vec{SB} = \vec{0} &\iff \vec{SA} - 2\vec{AB} = \vec{0} \\ &\iff \vec{SA} = 2\vec{AB} \\ &\iff \vec{AS} = 2\vec{BA}. \end{aligned}$$



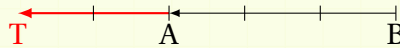
6 On souhaite construire le point T tel que $5\vec{TA} - 2\vec{TB} = \vec{0}$.

$$\begin{aligned} 5\vec{TA} - 2\vec{TB} &= 5\vec{TA} - 2(\vec{TA} + \vec{AB}) \\ &= 5\vec{TA} - 2\vec{TA} - 2\vec{AB} \\ &= 3\vec{TA} - 2\vec{AB}. \end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} 5\vec{TA} - 2\vec{TB} = \vec{0} &\iff 3\vec{TA} - 2\vec{AB} = \vec{0} \\ &\iff 3\vec{TA} = 2\vec{AB} \\ &\iff \vec{TA} = \frac{2}{3}\vec{AB} \\ &\iff \vec{AT} = \frac{2}{3}\vec{BA}. \end{aligned}$$

Il faut donc couper [AB] en 3 et reporter les deux tiers de l'autre côté du point A :



Corrigé de l'exercice 5.12 page 125

1 $\vec{u} \begin{pmatrix} -1 \\ 5 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$.

$$-1 \times 2 - 5 \times 3 = -2 - 15 = -17 \neq 0.$$

Donc \vec{u} et \vec{v} ne sont pas colinéaires.

2 $\vec{u} \begin{pmatrix} -3 \\ 7 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} -7 \\ 3 \end{pmatrix}$.

$$-3 \times 3 - 7 \times (-7) = -9 + 49 = 40 \neq 0.$$

Donc \vec{u} et \vec{v} ne sont pas colinéaires.

3 $\vec{u} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} \frac{10}{3} \\ 5 \end{pmatrix}$.

$$2 \times 5 - \frac{10}{3} \times 3 = 10 - 10 = 0.$$

Donc \vec{u} et \vec{v} sont colinéaires.

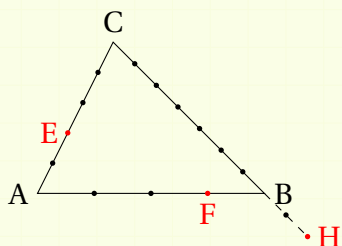
4 $\vec{u} \begin{pmatrix} \sqrt{2}-1 \\ \frac{1}{2} \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} 2 \\ \sqrt{2}+1 \end{pmatrix}$.

$$(\sqrt{2}-1)(\sqrt{2}+1) - \frac{1}{2} \times 2 = 2 - 1 - 1 = 0.$$

Donc \vec{u} et \vec{v} sont colinéaires.

Corrigé de l'exercice 5.13 page 126

1 On a la figure suivante :



• $\vec{EC} = \frac{3}{5}\vec{AC}$ donc $\vec{CE} = \frac{3}{5}\vec{CA}$ (il est plus simple de partir d'un point que l'on connaît (ici, le point C) pour construire le point E).

• $\vec{CH} = -\frac{9}{7}\vec{BC}$ donc $\vec{CH} = \frac{9}{7}\vec{CB} = \vec{CB} + \frac{2}{7}\vec{CB}$.

2
$$\begin{aligned} \vec{EF} &= \vec{EC} + \vec{CA} + \vec{AB} + \vec{BF} \\ &= \frac{3}{5}\vec{AC} - \vec{AC} + \vec{AB} - \frac{1}{4}\vec{AB} \end{aligned}$$

$$\boxed{\vec{EF} = \frac{3}{4}\vec{AB} - \frac{2}{5}\vec{AC}}$$

3
$$\begin{aligned} \vec{EH} &= \vec{EC} + \vec{CH} \\ &= \frac{3}{5}\vec{AC} + \frac{9}{7}\vec{CB} \\ &= \frac{3}{5}\vec{AC} + \frac{9}{7}(\vec{CA} + \vec{AB}) \\ &= \frac{3}{5}\vec{AC} - \frac{9}{7}\vec{AC} + \frac{9}{7}\vec{AB} \end{aligned}$$

$$\boxed{\vec{EH} = \frac{9}{7}\vec{AB} - \frac{24}{35}\vec{AC}}$$

4 Dans le repère $(A; \overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AC})$, on a :

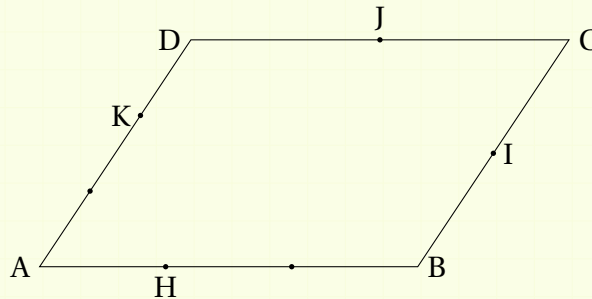
$$\overrightarrow{EF} \begin{pmatrix} \frac{3}{4} \\ -\frac{2}{5} \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{EH} \begin{pmatrix} \frac{9}{7} \\ -\frac{24}{35} \end{pmatrix}.$$

$$\frac{3}{4} \times \left(-\frac{24}{35}\right) - \frac{9}{7} \times \left(-\frac{2}{5}\right) = -\frac{18}{35} + \frac{18}{35} = 0.$$

Ainsi, \overrightarrow{EF} et \overrightarrow{EH} sont colinéaires; ils ont un point en commun (E), donc les points E, F et H sont alignés.

Corrigé de l'exercice S.14 page 126

1 La figure est la suivante :



$$\begin{aligned} \overrightarrow{HI} &= \overrightarrow{HB} + \overrightarrow{BI} \\ &= \frac{1}{3}\overrightarrow{AB} + \frac{1}{2}\overrightarrow{BC} \end{aligned}$$

$$\boxed{\overrightarrow{HI} = \frac{2}{3}\overrightarrow{AB} + \frac{1}{2}\overrightarrow{AD}}$$

$$\begin{aligned} \overrightarrow{KJ} &= \overrightarrow{KD} + \overrightarrow{DJ} \\ &= \frac{1}{3}\overrightarrow{AD} + \frac{1}{2}\overrightarrow{DC} \end{aligned}$$

$$\boxed{\overrightarrow{KJ} = \frac{1}{2}\overrightarrow{AB} + \frac{1}{3}\overrightarrow{AD}}$$

3 Dans le repère $(A; \overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AD})$, on a :

$$\overrightarrow{HI} \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ \frac{1}{2} \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{KJ} \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3} \end{pmatrix}.$$

$$\frac{2}{3} \times \frac{1}{3} - \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{9} - \frac{1}{4} \neq 0.$$

Ainsi, les vecteurs \overrightarrow{HI} et \overrightarrow{KJ} ne sont pas colinéaires.

Les droites (HI) et (KJ) ne sont donc pas parallèles.

Corrigé de l'exercice 5.15 page 126

On considère le repère $(A ; \overrightarrow{AB} ; \overrightarrow{AD})$.

Dans ce repère, on a : $A(0;0)$; $B(1;0)$; $H(3;1)$; $I(\frac{1}{2};\frac{1}{2})$; $E(2;0)$.

Ainsi, la droite (AH) a pour coefficient directeur $\frac{1}{3}$ et donc, son équation est :

$$(AH) : y = \frac{1}{3}x.$$

Par conséquent, $J(1; \frac{1}{3})$. Donc,

$$\overrightarrow{EJ} \begin{pmatrix} -1 \\ \frac{1}{3} \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{EI} \begin{pmatrix} -\frac{3}{2} \\ \frac{1}{2} \end{pmatrix}.$$

$$-1 \times \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \times \left(-\frac{3}{2}\right) = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 0.$$

Par conséquent, \overrightarrow{EJ} et \overrightarrow{EI} sont colinéaires, ce qui implique que E, I et J sont alignés.

Corrigé de l'exercice 5.16 page 127

- 1** Dans le programme, il est mis en commentaire que $A[0]$ représente l'abscisse de A et que $A[1]$ représente l'ordonnée de A.

Ainsi, $B[0]$ et $B[1]$ représentent respectivement l'abscisse et l'ordonnée de B.

De même, $C[0]$ et $C[1]$ représentent respectivement l'abscisse et l'ordonnée de C.

Remarque 47

Notez ici que dans un programme Python, on peut définir un point par ses coordonnées en écrivant « $\langle \text{nom du point} \rangle = (\langle \text{abscisse} \rangle, \langle \text{ordonnée} \rangle)$ ».

- 2** Après avoir défini trois points A, B et C par leurs coordonnées (lignes 1 à 3), on définit aussi deux variables AB et AC par des coordonnées (lignes 5 et 6).

Pour AB, l'abscisse est $x_B - x_A$ et l'ordonnée est $y_B - y_A$, ce qui représente les coordonnées de \overrightarrow{AB} .

De même, AC est défini par les coordonnées de \overrightarrow{AC} .

AB et AC représentent donc respectivement \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} (par leurs coordonnées).

La variable d prend donc comme valeur $x_{\overrightarrow{AB}}y_{\overrightarrow{AC}} - y_{\overrightarrow{AB}}x_{\overrightarrow{AC}}$, qui n'est autre que... (suspens...) le déterminant de \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} :

d prend donc la valeur $\det(\overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AC})$.

- 3** Le test de la ligne 10 porte sur la valeur du déterminant : s'il est égal à 0, alors cela signifie que les vecteurs sont colinéaires; or, ils ont un point en commun (le point A) donc cela signifie que les points sont alignés.

Si le déterminant n'est pas nul (« else », ligne 12), cela signifie alors que les vecteurs ne sont pas colinéaires et donc que les points ne sont pas alignés.

$$IC = \sqrt{9+1}$$

$$IC = \sqrt{10}$$

$$IB = \sqrt{(x_B - x_I)^2 + (y_B - y_I)^2}$$

$$IB = \sqrt{(3-2)^2 + (-4-(-1))^2}$$

$$IB = \sqrt{1+9}$$

$$IB = \sqrt{10}$$

$$IA = \sqrt{(x_A - x_I)^2 + (y_A - y_I)^2}$$

$$IA = \sqrt{(1-2)^2 + (-2-(-1))^2}$$

$$IA = \sqrt{1+9}$$

$$IA = \sqrt{10}$$

Ainsi, $IA = IB = IC$ donc A, B et C sont sur le cercle de centre I et de rayon $\sqrt{10}$.

- 3** ABC est inscrit dans \mathcal{C} , qui a pour diamètre [AC]. Donc ABC est rectangle en C.
De plus :

$$BC = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2}$$

$$BC = \sqrt{(5-3)^2 + (0-(-4))^2}$$

$$BC = \sqrt{4+16}$$

$$BC = 2\sqrt{5}$$

et

$$AC = \sqrt{(x_C - x_A)^2 + (y_C - y_A)^2}$$

$$AC = \sqrt{(5-1)^2 + (0-2)^2}$$

$$AC = \sqrt{16+4}$$

$$AC = 2\sqrt{5}$$

Donc $AC = BC$. Ainsi, ABC est un triangle rectangle isocèle en C.

- 4** $\vec{DI}(x_I - x_D; y_I - y_D)$ donc $\vec{DI}(6; 2)$.

De plus, $\vec{IC}(x_C - x_I; y_C - y_I)$ donc $\vec{IC}(3; 1)$.

Ainsi, $\vec{IC} = \frac{1}{2}\vec{DI}$. Les deux vecteurs sont donc colinéaires. Ils ont un point en commun (I), donc D, I et C sont alignés.

- 5** G est le centre de gravité du triangle BAD donc :

$$x_G = \frac{x_B + x_A + x_D}{3} = \frac{3 + 1 + (-4)}{3} = 0$$

$$y_G = \frac{y_B + y_A + y_D}{3} = \frac{-4 + 2 + (-3)}{3} = \frac{-5}{3}$$

Ainsi, $G(0; -\frac{5}{3})$.

- 6** Par définition, $\vec{GA} + \vec{GB} + \vec{GD} = \vec{0}$.

Donc, $\vec{GA} + \vec{GB} = -\vec{GD}$.

Ainsi, $\vec{GM} = -\vec{GD}$.

Les deux vecteurs sont donc colinéaires et ont un point en commun (G). Par conséquent, D, G et M sont alignés.

Or, I appartient à (DG) car I est le milieu de [AB] et (DG) est la médiane issue de D dans le triangle BAD.

De plus, D, I et C sont alignés. Donc D, G, I, M et C sont alignés.

Corrigé de l'exercice 5.19 page 128

Dans un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j})$, on considère les points $A(-2; -3)$, $B(4; -1)$ et $C(-7; 2)$.

$$\begin{aligned} \text{1 a. } \vec{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} &\Leftrightarrow \vec{AB} \begin{pmatrix} 4 - (-2) \\ -1 - (-3) \end{pmatrix} \Leftrightarrow \vec{AB} \begin{pmatrix} 6 \\ 2 \end{pmatrix}. \\ \vec{AC} \begin{pmatrix} x_C - x_A \\ y_C - y_A \end{pmatrix} &\Leftrightarrow \vec{AC} \begin{pmatrix} -7 - (-2) \\ 2 - (-3) \end{pmatrix} \Leftrightarrow \vec{AC} \begin{pmatrix} -5 \\ 5 \end{pmatrix}. \\ \text{Ainsi, } \vec{AB} + \vec{AC} &\begin{pmatrix} 6 + (-5) \\ 2 + 5 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \boxed{\vec{AB} + \vec{AC} \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \end{pmatrix}}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } ABDC \text{ est un parallélogramme} &\Leftrightarrow \vec{AB} + \vec{AC} = \vec{AD} \\ &\Leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_D - (-2) \\ y_D - (-3) \end{pmatrix} \\ &\Leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_D + 2 \\ y_D + 3 \end{pmatrix} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 1 = x_D + 2 \\ 7 = y_D + 3 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} x_D = 1 - 2 = -1 \\ y_D = 7 - 3 = 4 \end{cases} \end{aligned}$$

Ainsi, $D(-1; 4)$.

$$\begin{aligned} \text{2 I milieu de [AD]} &\Leftrightarrow \frac{1}{2} \vec{AD} = \vec{AI} \Leftrightarrow \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_I - (-2) \\ y_I - (-3) \end{pmatrix} \\ &\Leftrightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ \frac{7}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_I + 2 \\ y_I + 3 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{cases} x_I = \frac{1}{2} - 2 = -\frac{3}{2} \\ y_I = \frac{7}{2} - 3 = \frac{1}{2} \end{cases} \end{aligned}$$

Ainsi, $I\left(-\frac{3}{2}; \frac{1}{2}\right)$.

Corrigé de l'exercice 5.20 page 128

- 1 Dans le triangle équilatéral DEC, la hauteur issue de E coupe [DC] en son milieu, donc coupe [AB] en son milieu. Ainsi, l'abscisse de E est $\frac{1}{2}$.

Pour trouver l'ordonnée de E, on doit calculer la hauteur de DEC, que l'on ajoutera à 1 (l'ordonnée de D).

Posons H le pied de la hauteur issue de E dans DEC. Alors, DEH est rectangle en H et,

d'après le théorème de Pythagore,

$$\begin{aligned}EH^2 &= DE^2 - DH^2 \\&= 1^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \\&= 1 - \frac{1}{4} \\&= \frac{3}{4} \\EH &= \frac{\sqrt{3}}{2}.\end{aligned}$$

Ainsi, $E\left(\frac{1}{2}; 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$.

Des calculs précédents, on peut déduire que $F\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}; \frac{1}{2}\right)$.

2 D'après la question précédente, $\overrightarrow{AF}\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}; \frac{1}{2}\right)$ et $\overrightarrow{AE}\left(\frac{1}{2}; 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$.

Deux vecteurs $\vec{u}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v}\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ sont colinéaires si $xy' = yx'$.

Dans notre cas, nous avons d'une part :

$$\begin{aligned}xy' &= \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \\&= 1^2 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 \\&= 1 - \frac{3}{4} \\xy' &= \frac{1}{4}\end{aligned}$$

et d'autre part :

$$\begin{aligned}yx' &= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \\yx' &= \frac{1}{4}.\end{aligned}$$

Ainsi, $xy' = yx'$ donc \overrightarrow{AE} et \overrightarrow{AF} sont colinéaires. Ils ont de plus un point en commun, donc les points A, E et F sont alignés.

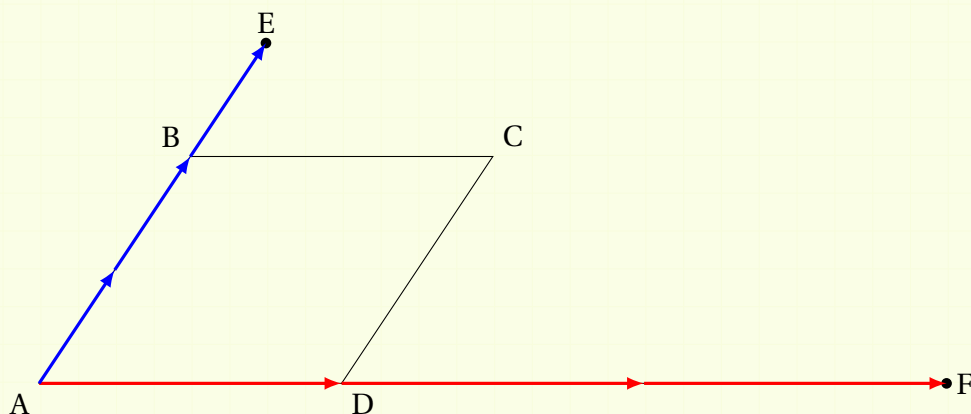
Corrigé de l'exercice 5.21 page 128

- 1 Le point E est défini par l'égalité : $\overrightarrow{EB} = \frac{1}{2}\overrightarrow{BA}$. Pour construire E, il vaut mieux transformer l'égalité en :

$$\overrightarrow{BE} = \frac{1}{2}\overrightarrow{AB}$$

afin de partir d'un point que l'on connaît (ici, le point B).

- 2 Les points E et F sont disposés ainsi :



- 3 Plaçons-nous dans le repère $(A; \overrightarrow{AD}, \frac{1}{2}\overrightarrow{AB})$.

Dans ce repère, $C(1; 2)$, $E(0; 3)$ et $F(3; 0)$. Ainsi,

$$\overrightarrow{CE} \begin{pmatrix} x_E - x_C \\ y_E - y_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 - 1 \\ 3 - 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{CF} \begin{pmatrix} 3 - 1 \\ 0 - 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \end{pmatrix}.$$

On a $(-1) \times (-2) - 1 \times 2 = 0$ donc \overrightarrow{CE} et \overrightarrow{CF} sont colinéaires. Or, ils ont un point en commun (le point C) donc E, C et F sont alignés.

Remarque 48

Le choix du repère importe peu. J'ai choisi en second axe $\frac{1}{2}\overrightarrow{AB}$ pour simplifier les futures coordonnées, mais rien ne nous empêche de nous placer dans le repère $(A; \overrightarrow{AD}, \overrightarrow{AB})$ ou tout autre repère.

Corrigé de l'exercice 5.22 page 129

- 1 I milieu de [AC] donc :

$$x_I = \frac{x_A + x_C}{2} = \frac{-2 + 5}{2} = \frac{3}{2} \quad \text{et} \quad y_I = \frac{y_A + y_C}{2} = \frac{-1 - 2}{2} = -\frac{3}{2},$$

donc $I\left(\frac{3}{2}; -\frac{3}{2}\right)$.

2 ABCD est un parallélogramme $\Leftrightarrow \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{DC}$

$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 - (-2) \\ 2 - (-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 - x_D \\ -2 - y_D \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 - x_D \\ -2 - y_D \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 3 = 5 - x_D \\ 3 = -2 - y_D \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x_D = 5 - 3 = 2 \\ y_D = -2 - 3 = -5 \end{cases}$$

Finalement, D(2; -5).

3 A, B, M sont alignés $\Leftrightarrow \overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix}$ et $\overrightarrow{AM} \begin{pmatrix} 7 \\ y+1 \end{pmatrix}$ sont colinéaires

$$\Leftrightarrow 3(y+1) - 3 \times 7 = 0$$

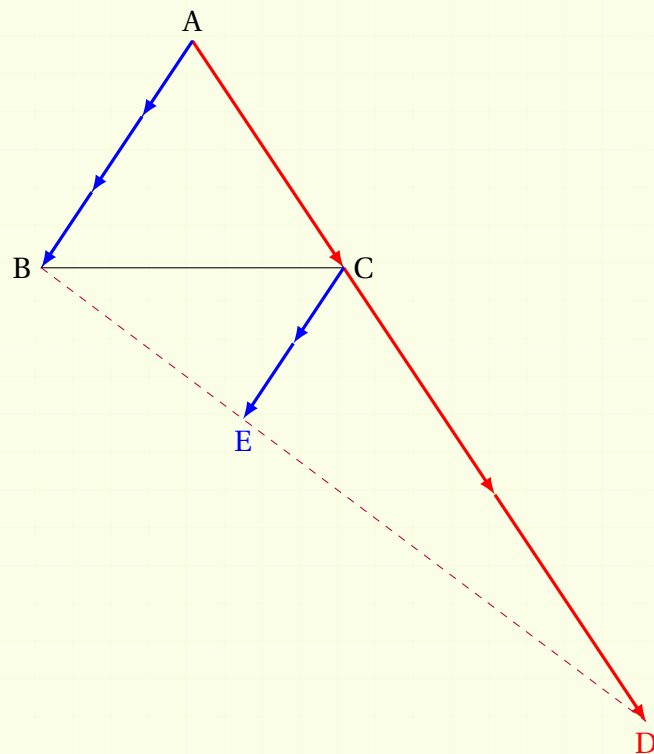
$$\Leftrightarrow 3y + 3 - 21 = 0$$

$$\Leftrightarrow 3y = 18$$

$$\Leftrightarrow \underline{y = 6.}$$

Corrigé de l'exercice 5.23 page 129

1 Faisons une figure :



\overrightarrow{AC} est le premier vecteur unitaire du repère dans lequel on se place donc $\overrightarrow{AC} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$.

\overrightarrow{AB} est le second vecteur unitaire du repère dans lequel on se place donc $\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$.

2 $\overrightarrow{AD} = 3\overrightarrow{AC}$ donc $D(3; 0)$.

$$\overrightarrow{AE} = \overrightarrow{AC} + \frac{2}{3}\overrightarrow{AB} \text{ donc } E\left(1; \frac{2}{3}\right).$$

3 $\overrightarrow{BE} \begin{pmatrix} 0-1 \\ 1-\frac{2}{3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ \frac{1}{3} \end{pmatrix}$ et $\overrightarrow{BD} \begin{pmatrix} 3-0 \\ 0-1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix}$.

4 $(-1) \times (-1) - 3 \times \frac{1}{3} = 1 - 1 = 0$ donc \overrightarrow{BE} et \overrightarrow{BD} sont colinéaires. De plus, ils ont un point en commun (le point B) donc B, E et D sont alignés.

Corrigé de l'exercice 5.24 page 129

1 Il s'agit ici de trouver les coordonnées du point M tel que $3\overrightarrow{MA} + 2\overrightarrow{MB} = \vec{0}$, avec $A(-3; 2)$ et $B(5; 4)$.

Il existe deux méthodes pour répondre à cette question :

- **Première méthode.**

On pose $M(x; y)$.

$$\rightarrow \overrightarrow{MA} \begin{pmatrix} x_A - x_M \\ y_A - y_M \end{pmatrix} \Leftrightarrow \overrightarrow{MA} \begin{pmatrix} -3 - x \\ 2 - y \end{pmatrix} \Leftrightarrow 3\overrightarrow{MA} \begin{pmatrix} 3(-3 - x) \\ 3(2 - y) \end{pmatrix}.$$

$$\rightarrow \overrightarrow{MB} \begin{pmatrix} x_B - x_M \\ y_B - y_M \end{pmatrix} \Leftrightarrow \overrightarrow{MB} \begin{pmatrix} 5 - x \\ 4 - y \end{pmatrix} \Leftrightarrow 2\overrightarrow{MB} \begin{pmatrix} 2(5 - x) \\ 2(4 - y) \end{pmatrix}.$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} 3\overrightarrow{MA} + 2\overrightarrow{MB} = \vec{0} &\Leftrightarrow \begin{pmatrix} 3(-3 - x) \\ 3(2 - y) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2(5 - x) \\ 2(4 - y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &\Leftrightarrow \begin{pmatrix} -9 - 3x + 10 - 2x \\ 6 - 3y + 8 - 2y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &\Leftrightarrow \begin{pmatrix} -5x + 1 \\ -5y + 14 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} -5x + 1 = 0 \\ -5y + 14 = 0 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} -5x = -1 \\ -5y = -14 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} x = \frac{1}{5} \\ y = \frac{14}{5} \end{cases} \end{aligned}$$

Finalement, $M\left(\frac{1}{5}; \frac{14}{5}\right)$.

• **Seconde méthode.**

D'après la relation de Chasles, on a :

$$\begin{aligned} 3\overrightarrow{MA} + 2\overrightarrow{MB} &= 3(\overrightarrow{MB} + \overrightarrow{BA}) + 2\overrightarrow{MB} \\ &= 3\overrightarrow{MB} + 3\overrightarrow{BA} + 2\overrightarrow{MB} \\ &= 5\overrightarrow{MB} + 3\overrightarrow{BA}. \end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} 3\overrightarrow{MA} + 2\overrightarrow{MB} = \vec{0} &\iff 5\overrightarrow{MB} + 3\overrightarrow{BA} = \vec{0} \\ &\iff 5\overrightarrow{MB} = -3\overrightarrow{BA} \\ &\iff 5\overrightarrow{MB} = 3\overrightarrow{AB} \\ &\iff \overrightarrow{MB} = \frac{3}{5}\overrightarrow{AB} \\ &\iff \begin{pmatrix} x_B - x_M \\ y_B - y_M \end{pmatrix} = \frac{3}{5} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} \\ &\iff \begin{pmatrix} 5 - x \\ 4 - y \end{pmatrix} = \frac{3}{5} \begin{pmatrix} 5 - (-3) \\ 4 - 2 \end{pmatrix} \\ &\iff \begin{pmatrix} 5 - x \\ 4 - y \end{pmatrix} = \frac{3}{5} \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \end{pmatrix} \\ &\iff \begin{pmatrix} 5 - x \\ 4 - y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{3}{5} \times 8 \\ \frac{3}{5} \times 2 \end{pmatrix} \\ &\iff \begin{pmatrix} 5 - x \\ 4 - y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{24}{5} \\ \frac{6}{5} \end{pmatrix} \\ &\iff \begin{cases} 5 - x = \frac{24}{5} \\ 4 - y = \frac{6}{5} \end{cases} \\ &\iff \begin{cases} x = 5 - \frac{24}{5} = \frac{25}{5} - \frac{24}{5} = \frac{1}{5} \\ y = 4 - \frac{6}{5} = \frac{20}{5} - \frac{6}{5} = \frac{14}{5} \end{cases} \end{aligned}$$

Finalement, $M\left(\frac{1}{5}; \frac{14}{5}\right)$.

- 2** Il s'agit ici de trouver les coordonnées du point N tel que $\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{NB} - 3\overrightarrow{NC} = \vec{0}$, avec A(-3;2), B(5;4) et C(1;7).

Je vais faire comme dans la seconde méthode précédente : je vais utiliser la relation de Chasles pour faire apparaître \overrightarrow{NA} dans les vecteurs \overrightarrow{NB} et \overrightarrow{NC} , en posant $N(x; y)$.

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{NB} - 3\overrightarrow{NC} &= \overrightarrow{NA} + (\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{AB}) - 3(\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{AC}) \\
&= -\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{AB} - 3\overrightarrow{AC} \\
&= \overrightarrow{AN} + \overrightarrow{AB} - 3\overrightarrow{AC}.
\end{aligned}$$

Donc,

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{NA} + \overrightarrow{NB} - 3\overrightarrow{NC} = \vec{0} &\iff \overrightarrow{AN} = 3\overrightarrow{AC} - \overrightarrow{AB} \\
&\iff \begin{pmatrix} x_N - x_A \\ y_N - y_A \end{pmatrix} = 3 \begin{pmatrix} x_C - x_A \\ y_C - y_A \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} \\
&\iff \begin{pmatrix} x+3 \\ y-2 \end{pmatrix} = 3 \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \end{pmatrix} \\
&\iff \begin{pmatrix} x+3 \\ y-2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 \\ 15 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \end{pmatrix} \\
&\iff \begin{pmatrix} x+3 \\ y-2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 13 \end{pmatrix} \\
&\iff \begin{cases} x+3 = 4 \\ y-2 = 13 \end{cases} \\
&\iff \begin{cases} x = 4 - 3 = 1 \\ y = 13 + 2 = 15 \end{cases}
\end{aligned}$$

Finalement, $\boxed{N(1; 15)}$.

3 Le point P tel que $\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{PB} - 2\overrightarrow{PC} = \vec{0}$ existe-t-il?

Pour répondre à cette question utilisons la relation de Chasles pour faire apparaître \overrightarrow{PA} dans \overrightarrow{PB} et \overrightarrow{PC} :

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{PB} - 2\overrightarrow{PC} &= \overrightarrow{PA} + (\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{AB}) - 2(\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{AC}) \\
&= \overrightarrow{PA} + \overrightarrow{PA} + \overrightarrow{AB} - 2\overrightarrow{PA} - 2\overrightarrow{AC} \\
&= \overrightarrow{AB} - 2\overrightarrow{AC}.
\end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{PB} - 2\overrightarrow{PC} = \vec{0} &\iff \overrightarrow{AB} - 2\overrightarrow{AC} = \vec{0} \\
&\iff \overrightarrow{AB} = 2\overrightarrow{AC} &\iff \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \end{pmatrix} = 2 \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} \\
&\iff \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8 \\ 10 \end{pmatrix}.
\end{aligned}$$

Cette dernière égalité n'étant pas vraie, l'égalité $\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{PB} - 2\overrightarrow{PC} = \vec{0}$ non plus.

Par conséquent, il n'existe pas de point P tel que $\overrightarrow{PA} + \overrightarrow{PB} - 2\overrightarrow{PC} = \vec{0}$.

Corrigé de l'exercice 5.25 page 129

1 ABCD est un parallélogramme $\iff \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{DC}$

$$\iff \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_C - x_D \\ y_C - y_D \end{pmatrix}$$

$$\iff \begin{pmatrix} 3 - (-3) \\ -1 - (-2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 - x_D \\ 2 - y_D \end{pmatrix}$$

$$\iff \begin{pmatrix} 6 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 - x_D \\ 2 - y_D \end{pmatrix}$$

$$\iff \begin{cases} 6 = 6 - x_D \\ 1 = 2 - y_D \end{cases}$$

$$\iff \begin{cases} x_D = 0 \\ y_D = 1 \end{cases}$$

Ainsi, D (0; 1).

2 On sait que $\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} 6 \\ 1 \end{pmatrix}$. De plus,

$$\overrightarrow{AD} \begin{pmatrix} 0 - (-3) \\ 1 - (-2) \end{pmatrix} \iff \overrightarrow{AD} \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix}.$$

Ainsi,

$$\mathcal{A}_{ABCD} = \det(\overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AD}) = \begin{vmatrix} 6 & 3 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = 6 \times 3 - 1 \times 3 = 18 - 3 = 15.$$

L'aire de ABCD est donc égale à 15.

3 On sait que l'aire d'un parallélogramme est égale à :

base \times hauteur.

Donc, si l'on considère la hauteur du sommet D, que l'on va noter h , on a :

$$\mathcal{A}_{ABCD} = AB \times h.$$

Or,

$$AB = \sqrt{6^2 + 1^2} = \sqrt{37}$$

donc cette dernière égalité s'écrit :

$$15 = \sqrt{37} \times h$$

c'est-à-dire :

$$h = \frac{15}{\sqrt{37}}.$$

La hauteur du parallélogramme ABCD issue du sommet D est donc égale à $\frac{15}{\sqrt{37}}$.

- 4 Le point d'intersection des droites (AC) et (BD) est le milieu des diagonales [AC] et [BD] car ABCD est un parallélogramme. Appelons ce point I. Alors,

$$x_I = \frac{x_B + x_D}{2} = \frac{3}{2} \quad \text{et} \quad y_I = \frac{y_B + y_D}{2} = \frac{-1 + 1}{2} = 0.$$

Ainsi, $I\left(\frac{3}{2}; 0\right)$.

- 5 On considère le point E $\left(-6; -\frac{5}{2}\right)$. Les points E, A et B sont-ils alignés?
Pour répondre à cette question, on peut voir si \vec{EA} et \vec{AB} sont colinéaires.

$$\vec{EA} \begin{pmatrix} -3 - (-6) \\ -2 - (-\frac{5}{2}) \end{pmatrix} \iff \vec{EA} \begin{pmatrix} 3 \\ \frac{1}{2} \end{pmatrix}.$$

Ainsi,

$$\det(\vec{EA}; \vec{AB}) = \begin{vmatrix} 3 & 6 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{vmatrix} = 3 \times 1 - 6 \times \frac{1}{2} = 3 - 3 = 0.$$

Le déterminant est nul, donc les vecteurs sont alignés.

Corrigé de l'exercice 5.26 page 130

1 $\vec{AF} = \vec{BG} + k\vec{AC} = \frac{1}{2}\vec{AB} + k\vec{AC}.$

Ainsi, en prenant $k = \frac{2}{3}$, on a :

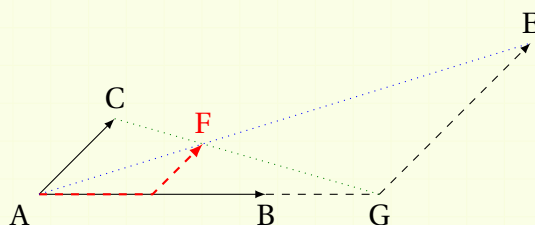
$$\vec{AF} = \frac{1}{2}\vec{AB} + \frac{2}{3}\vec{AC}$$

$$\vec{AF} = \frac{1}{3} \left(\frac{3}{2}\vec{AB} + 2\vec{BC} \right)$$

$$\vec{AF} = \frac{1}{3}\vec{AE}.$$

Dans ce cas, \vec{AF} et \vec{AE} sont colinéaires et donc, A, E et F sont alignés.

- 2 On a la figure suivante :



3

$$\begin{aligned}\vec{CF} &= \vec{CA} + \vec{AF} \\ &= \vec{CA} + \frac{1}{2}\vec{AB} + \frac{2}{3}\vec{AC}\end{aligned}$$

$$\boxed{\vec{CF} = \frac{1}{2}\vec{AB} - \frac{1}{3}\vec{AC}}$$

$$\begin{aligned}\vec{CG} &= \vec{CA} + \vec{AB} + \vec{BG} \\ &= -\vec{AC} + \vec{AB} + \frac{1}{2}\vec{AB}\end{aligned}$$

$$\boxed{\vec{CG} = \frac{3}{2}\vec{AB} - \vec{AC}}$$

On constate alors que :

$$3\vec{CF} = \vec{CG}.$$

Par conséquent, \vec{CF} et \vec{CG} sont colinéaires, ce qui implique que C, F et G sont alignés.

4

Dans le repère $(A; \vec{AB}, \vec{AC})$, posons $M(x; y)$.

On a :

$$\bullet \vec{AF} = \frac{1}{2}\vec{AB} + \frac{2}{3}\vec{AC} \text{ donc } F\left(\frac{1}{2}; \frac{2}{3}\right);$$

$$\bullet \vec{AG} = \frac{3}{2}\vec{AB} \text{ donc } G\left(\frac{3}{2}; 0\right);$$

$$\bullet \vec{AE} = \frac{3}{2}\vec{AB} + 2\vec{AC} \text{ donc } E\left(\frac{3}{2}; 2\right).$$

Ainsi,

$$\begin{aligned}\vec{MF} + \vec{MG} + \vec{ME} = \vec{0} &\iff \begin{pmatrix} \frac{1}{2} - x \\ \frac{2}{3} - y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{3}{2} - x \\ 0 - y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{3}{2} - x \\ 2 - y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &\iff \begin{cases} \frac{1}{2} - x + \frac{3}{2} - x + \frac{3}{2} - x = 0 \\ \frac{2}{3} - y - y + 2 - y = 0 \end{cases} \\ &\iff \begin{cases} 3x = \frac{7}{2} \\ 3y = \frac{8}{3} \end{cases} \\ &\iff \begin{cases} x = \frac{7}{6} \\ y = \frac{8}{9} \end{cases}\end{aligned}$$

Ainsi, $\boxed{M\left(\frac{7}{6}; \frac{8}{9}\right)}.$

Équations cartésiennes de droites, systèmes linéaires



Plan du chapitre

I	Introduction	155
1	Équation réduite d'une droite	155
2	Équation cartésienne d'une droite	156
3	Interprétation d'une équation de droite	156
II	Établir une équation cartésienne d'une droite	157
1	À partir de l'équation réduite	157
2	À l'aide de vecteurs	157
III	Vecteur directeur d'une droite	158
1	Définition	158
2	Lien entre vecteur directeur et équations de droite	158
a	Équation réduite	158
b	Équation cartésienne	159
IV	Intersection de droites	159
1	Critère d'existence	159
2	Méthodes	160
a	Avec les équations réduites	160
b	Avec les équations cartésiennes	160
	Exercices	162
	Corrigés	166

1 - Introduction

Dans ce chapitre, le plan est rapporté à un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

1.1 - Équation réduite d'une droite

Définition 32

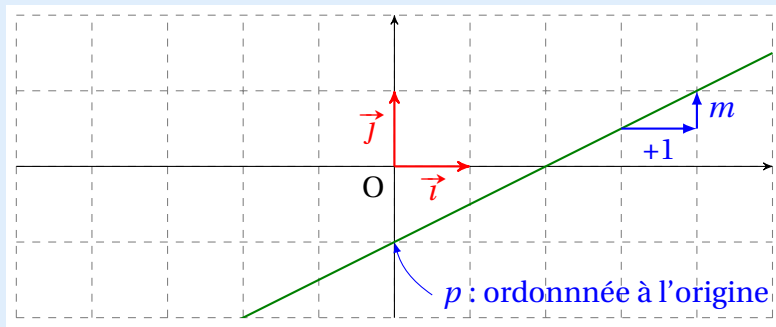
Soit \mathcal{D} une droite du plan. On appelle **équation réduite** de \mathcal{D} l'égalité :

$$y = mx + p \quad , \quad m \in \mathbb{R}, p \in \mathbb{R}$$

où $M(x; y)$ est un point quelconque de \mathcal{D} .

m est appelé le **coefficient directeur** de \mathcal{D} ; on l'appelle aussi la **pente** de la droite.

p est appelé l'**ordonnée à l'origine** de \mathcal{D} ; c'est l'ordonnée du point d'intersection de \mathcal{D} et de l'axe des ordonnées.



Propriété 34

Soient $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$ deux points du plan. L'équation de la droite (AB) est $y = mx + p$, où :

$$m = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

et

$$p = y_A - mx_A = y_B - mx_B.$$

Exemple 46

Soient $A(-1; -3)$ et $B(3; 5)$. Alors, l'équation réduite de (AB) est $y = mx + p$ où :

$$m = \frac{5 - (-3)}{3 - (-1)} = \frac{8}{4} = 2$$

et

$$p = y_B - mx_B = 5 - 2 \times 3 = -1.$$

Ainsi, l'équation réduite de (AB) est : $y = 2x - 1$.

Remarque 49

- si $m = 0$ alors la droite est horizontale.
- si $p = 0$ alors la droite passe par l'origine du repère.

1.2 - Équation cartésienne d'une droite

Définition 33

Une **équation cartésienne de droite** est une équation de la forme :

$$ax + by + c = 0$$

où a , b et c sont trois nombres réels.

Exemple 47

- $3x - 5y + 2 = 0$ est une équation cartésienne d'une droite, où $a = 3$, $b = -5$ et $c = 2$.
- $-4y + 7 = 0$ est une équation cartésienne d'une droite, où $a = 0$, $b = -4$ et $c = 7$.
- $3x + 1 = 0$ est une équation cartésienne d'une droite, où $a = 3$, $b = 0$ et $c = 1$.

Attention 6

Une équation cartésienne n'est pas unique (d'où l'article « une »).

En effet, si on considère l'équation $x + y + 1 = 0$, elle est équivalente à l'équation $2x + 2y + 2 = 0$ (on a multiplié par 2 les deux membres de la première équation).

Ainsi, une droite admet une infinité d'équations cartésiennes, contrairement au fait qu'elle admet une unique équation réduite.

1.3 - Interprétation d'une équation de droite

Qu'elle soit réduite ou cartésienne, une équation de droite représente toujours un lien entre les abscisses et les ordonnées des points de cette droite.

- En écrivant $y = mx + p$, on signifie que n'importe quel point M de la droite a pour ordonnée $mx + p$, où x est son abscisse.
Ainsi, si on connaît l'abscisse d'un point de la droite, on peut connaître son ordonnée, et réciproquement.
- En écrivant $ax + by + c = 0$, on signifie que, quel que soit le point $M(x; y)$ sur la droite, on a nécessairement l'égalité $ax + by + c = 0$.

On décrit ainsi, à l'aide d'une égalité (algébrique), un ensemble (géométrique).

C'est le français René Descartes qui, au XVII^e siècle, fait le lien entre la géométrie et l'algèbre.

II - Établir une équation cartésienne d'une droite

Il existe deux façons principales d'obtenir une équation cartésienne d'une droite : à partir de son équation réduite ou à l'aide de vecteurs.

II.1 - À partir de l'équation réduite

L'équation réduite d'une droite étant de la forme $y = mx + p$, on arrive à :

$$mx - y + p = 0.$$

Exemple 48

Soient $A(-1; -3)$ et $B(3; 5)$. Alors, l'équation réduite de (AB) est :

$$y = 2x - 1$$

d'après l'exemple 1.

Une équation cartésienne de (AB) est donc :

$$2x - y - 1 = 0.$$

II.2 - À l'aide de vecteurs

Considérons deux points $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$, ainsi qu'un point $M(x; y)$ sur (AB) , où :

- x_A, y_A, x_B, y_B sont quatre réels fixés;
- x et y sont deux réels variables (dont les valeurs peuvent changer).

Dire que M appartient à (AB) signifie que \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AM} sont colinéaires.

Or, deux vecteurs $\vec{u} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ sont colinéaires si et seulement si $xy' - x'y = 0$.

Nous avons ainsi un moyen de passer de la géométrie (colinéarité) à l'algèbre (égalité), ce qui signifie que nous pouvons établir une équation cartésienne.

Exemple 49

Soient $A(-2; 5)$ et $B(5; -1)$. Posons alors $M(x; y) \in (AB)$.

$$\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \\ -6 \end{pmatrix} \text{ et } \overrightarrow{AM} \begin{pmatrix} x + 2 \\ y - 5 \end{pmatrix}.$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} \overrightarrow{AB} \text{ et } \overrightarrow{AM} \text{ sont colinéaires} &\iff 7(y - 5) - (-6)(x + 2) = 0 \\ &\iff 7y - 35 + 6x + 12 = 0 \\ &\iff 6x + 7y - 23 = 0. \end{aligned}$$

Une équation cartésienne de (AB) est donc $6x + 7y - 23 = 0$.

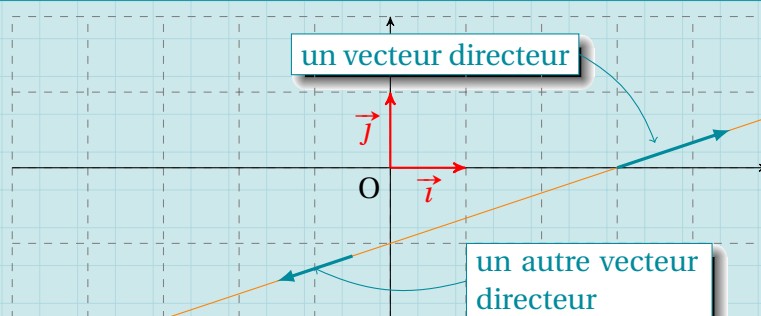
III - Vecteur directeur d'une droite

III . 1 - Définition

Définition 34

Un **vecteur directeur** d'une droite est un vecteur dont la direction est la même que celle de la droite.

Exemple 50



III . 2 - Lien entre vecteur directeur et équations de droite

III . 2 . a - Équation réduite

Propriété 35 (équation réduite)

Soit (d) une droite d'équation réduite $y = mx + p$.

Alors $\vec{u} \begin{pmatrix} 1 \\ m \end{pmatrix}$ est un vecteur directeur de (d) .

Démonstration 10

Soit $A(x_A; y_A)$ un point de (d) .

Cherchons les coordonnées du point B dont l'abscisse vaut $x_B = x_A + 1$:

$$y_B = mx_B + p = m(x_A + 1) + p = mx_A + p + m = y_A + m.$$

D'où $B(x_A + 1; y_A + m)$.

$$\text{Ainsi, } \overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (x_A + 1) - x_A \\ (y_A + m) - y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ m \end{pmatrix}.$$

Or \overrightarrow{AB} est un vecteur directeur de (d) car A et B sont sur (d) .

Donc le vecteur de coordonnées $\begin{pmatrix} 1 \\ m \end{pmatrix}$ est un vecteur directeur de (d) .

III . 2 . B - Équation cartésienne

Propriété 36 (coefficient directeur)

Soit (d) une droite d'équation cartésienne $ax + by + c = 0$.

Alors $\vec{u} \begin{pmatrix} -b \\ a \end{pmatrix}$ est un vecteur directeur de (d) .

Démonstration II

$$ax + by + c = 0 \iff y = -\frac{a}{b}x - \frac{c}{b}.$$

Ainsi, l'équation réduite de (d) est : $y = -\frac{a}{b}x - \frac{c}{b}$, où $-\frac{a}{b}$ est le coefficient directeur.

D'après la propriété 35, le vecteur $\vec{v} \begin{pmatrix} 1 \\ -\frac{a}{b} \end{pmatrix}$ est un vecteur directeur de (d) , comme tout vecteur colinéaire à \vec{v} .

Ainsi, $\vec{u} = -b\vec{v}$ est un vecteur directeur de (d) . Or, $-b\vec{v} \begin{pmatrix} -b \times 1 \\ -b \times (-\frac{a}{b}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -b \\ a \end{pmatrix}$.

Donc $\vec{u} \begin{pmatrix} -b \\ a \end{pmatrix}$ est un vecteur directeur de (d) .

IV - Intersection de droites

IV . 1 - Critère d'existence

Par définition, deux droites sécantes sont deux droites qui ne sont pas parallèles.

Ainsi, l'intersection de deux droites existe quand leur vecteur directeur ne sont pas colinéaires.

Propriété 37

Soient (d) et (d') deux droites d'équations cartésiennes respectives :

$$ax + by + c = 0 \quad \text{et} \quad a'x + b'y + c' = 0.$$

$$(d) \text{ et } (d') \text{ sont parallèles} \iff ab' = ba'$$

Démonstration 12

$\vec{u} \begin{pmatrix} -b \\ a \end{pmatrix}$ et $\vec{u}' \begin{pmatrix} -b' \\ a' \end{pmatrix}$ sont deux vecteurs directeurs de (d) et (d') .

$$\begin{aligned}\vec{u} \text{ et } \vec{u}' \text{ colinéaires} &\iff -b \times a' - a \times (-b') = 0 \\ &\iff -ba' + ab' = 0 \\ &\iff ab' = ba'.\end{aligned}$$

Exemple S1

$$(d) : -3x + 5y - 2 = 0$$

$$(d') : 8x + 3y + 1 = 0$$

$-3 \times 3 = -9$ et $8 \times 5 = 40 \neq -9$, donc (d) et (d') ne sont pas parallèles.

IV. 2 - Méthodes

IV. 2. a - Avec les équations réduites

Soient $(d) : y = mx + p$ et $(d') : y = m'x + p'$. On suppose que $m \neq m'$, ce qui signifie que les deux droites sont sécantes.

Pour trouver les coordonnées du point d'intersection des deux droites, on recherche d'abord son abscisse en résolvant l'équation :

$$mx + p = m'x + p'$$

puis on remplace x dans l'équation $y = mx + p$ par la valeur trouvée.

Exemple S2

$$(d) : y = -5x + 2$$

$$(d') : y = 3x + 10$$

$$-5x + 2 = 3x + 10 \iff -8x = 8 \iff x = -1.$$

On remplace x par -1 dans l'équation $y = -5x + 2$: $y = -5 \times (-1) + 2 = 7$.

Les coordonnées du point d'intersection sont donc $(-1; 7)$.

IV. 2. B - Avec les équations cartésiennes

On peut certes se ramener aux équations réduites, mais on peut aussi faire autrement.

Chercher les coordonnées du point d'intersection de deux droites d'équations $ax + by + c = 0$ et $a'x + b'y + c' = 0$ revient à résoudre le système :

$$\begin{cases} ax + by + c = 0 & L_1 \\ a'x + b'y + c' = 0 & L_2 \end{cases}$$

On note L_1 la première ligne du système et L_2 la seconde.

Nous avons le droit de multiplier les équations par n'importe quel nombre non nul. Par conséquent, on peut multiplier L_1 par a' et L_2 par a afin de faire apparaître le même coefficient devant

x dans chacune des équations. On notera alors :

$$\begin{cases} aa'x + ba'y + ca' = 0 & L_1 \leftarrow a'L_1 \\ aa'x + ab'y + ac' = 0 & L_2 \leftarrow aL_2 \end{cases}$$

Ainsi, en faisant par exemple $L_1 - L_2$, on se retrouve avec une équation d'inconnue y :

$$\begin{cases} aa'x + ba'y + ca' = 0 & L_1 \leftarrow L_1 \\ -ab'y + (ba' + (ca' - ac')) = 0 & L_2 \leftarrow L_1 - L_2 \end{cases}$$

On peut alors trouver y , puis x à l'aide de l'une des deux équations du début.

Exemple 53

$$\begin{aligned} \begin{cases} 3x - 5y - 1 = 0 & L_1 \\ -7x + 15y + 1 = 0 & L_2 \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} 9x - 15y - 3 = 0 & L_1 \leftarrow 3L_1 \\ -7x + 15y + 1 = 0 & L_2 \leftarrow L_2 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 9x - 15y - 3 = 0 & L_1 \leftarrow 3L_1 \\ 2x - 2 = 0 & L_2 \leftarrow L_1 + L_2 \end{cases} \end{aligned}$$

$L_2 \Leftrightarrow x = 1$ et donc, en prenant l'équation $3x - 5y - 1 = 0$ et en remplaçant x par 1, on obtient $3 - 5y - 1 = 0$, soit $y = \frac{2}{5}$.

Le point d'intersection des deux droites a pour coordonnées $\left(1; \frac{2}{5}\right)$.

Remarque 50

On peut bien sûr choisir d'éliminer l'inconnue que l'on veut : soit x , soit y (comme dans l'exemple).

Appartenance à une droite

Exercice 6.1 (Avec une équation réduite)

Pour chacune des questions suivantes, dire si le point A, dont on donne les coordonnées, appartient à la droite d , dont on donne l'équation réduite.

- 1 $(d) : y = -3x + 7$; $A(-3; 2)$.
- 2 $(d) : y = 7x - 1$; $A(-1; -8)$.
- 3 $(d) : y = -\frac{2}{5}x + 21$; $A(10; 17)$.
- 4 $(d) : y = -\frac{1}{3}x + 8$; $A(9; 5)$.
- 5 $(d) : y = x\sqrt{2} - 2$; $A(\sqrt{2}; 0)$.
- 6 $(d) : y = \frac{1 - \sqrt{3}}{1 + \sqrt{3}}x + 5 - \sqrt{3}$; $A(1 - \sqrt{3}; 2\sqrt{3})$.

Solution page 166

Exercice 6.2 (Avec une équation cartésienne)

Pour chacune des questions suivantes, dire si le point A appartient à la droite (d) .

- 1 $(d) : 3x + y - 5 = 0$; $A(-2; 1)$.
- 2 $(d) : -x + 5y + 6 = 0$; $A(1; -1)$.
- 3 $(d) : -x\sqrt{2} - y\sqrt{3} + 5 = 0$; $A(\sqrt{2}; \sqrt{3})$.
- 4 $(d) : \frac{1}{2}x - 9y + 5 = 0$; $A(8; 1)$.

Solution page 167

Équations de droites

Exercice 6.3 (droites confondues ?)

Les droites suivantes sont-elles confondues ?

- 1 $(d) : \frac{2}{3}x - \frac{3}{5}y + \frac{1}{10} = 0$ et $(d') : 20x - 18y + 3 = 0$.
- 2 $(d) : \frac{1}{7}x + 2y - \frac{1}{5} = 0$ et $(d') : 5x + 70y - 7 = 0$.
- 3 $(d) : \frac{3}{5}x - \frac{5}{3}y + 1 = 0$ et $(d') : -9x + 25y + 15 = 0$.

Solution page 167

Exercice 6.4 (connaissant deux points)

Dans chaque cas, déterminer une équation cartésienne de la droite (AB).

- 1 A(-1;2) et B(3;-7).
- 2 A(3;-2) et $\vec{u}\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$ est un vecteur directeur de (AB).
- 3 A(5;-4) et (AB) est parallèle à la droite d'équation cartésienne $x + y + 1 = 0$.
- 4 A(3;2) et (AB) a pour coefficient directeur $-\frac{1}{2}$.

Solution page 168

Exercice 6.5 (trouver un vecteur directeur)

Dans chacun des cas suivants, donner un vecteur directeur de la droite dont on donne une équation cartésienne.

- | | |
|----------------------|----------------|
| 1 $3x - 5y + 2 = 0$ | 3 $y = 3x - 1$ |
| 2 $-5x + 9y - 7 = 0$ | 4 $y = 5$ |

Solution page 170

Exercice 6.6 (équation de droites avec paramètre)

Dans un repère, on considère la droite \mathcal{D}_m , $m \in \mathbb{R}$, dont une équation cartésienne est :

$$mx + (2m - 1)y + 4 = 0.$$

- 1 Pour quelle(s) valeur(s) de m la droite est-elle parallèle à l'axe des abscisses?
- 2 Pour quelle(s) valeur(s) de m la droite est-elle parallèle à l'axe des ordonnées?
- 3 Montrer que quelle que soit la valeur de m , la droite \mathcal{D}_m passe par un point fixe dont on précisera les coordonnées.

Solution page 170

Exercice 6.7 (médiatrice)

Dans un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j})$, on considère les points A(3;1), B(1;2), C(2;-1) et D(-4;2).

- 1 Montrer que les droites (AB) et (CD) sont parallèles.
- 2 Montrer que O appartient à (CD).
- 3 Soit M(x; y). Exprimer les distances BM et CM en fonction de x et y.
En déduire une équation de la droite Δ , médiatrice de [BC], puis montrer que Δ est la droite (OA).

Solution page 170

Intersection de droites

Exercice 6.8

Trouver les coordonnées du point d'intersection des droites dont on donne une équation cartésienne.

- 1 $(d) : 3x + 4y + 1 = 0$ et $(d') : -5x + 6y - 2 = 0$.
- 2 $(d) : 8x - 3y - 3 = 0$ et $(d') : -4x - 5y + 1 = 0$.
- 3 $(d) : 5x + 7y + 6 = 0$ et $(d') : 3x - 5y + 1 = 0$.
- 4 $(d) : \sqrt{2}x + \sqrt{3}y + 1 = 0$ et $(d') : \sqrt{3}x - \sqrt{2}y + 1 = 0$.

Solution page 171

Systèmes d'équations

Exercice 6.9

Trouver deux entiers naturels x et y tels que la somme de leurs carrés soit égale à 225 et la différence de leurs carrés égale à 63.

Solution page 172

Exercice 6.10 (discussion de mathématiciens)

Un mathématicien dit à son collègue : « j'ai deux fois l'âge que vous aviez quand j'avais l'âge que vous avez.

Quand vous aurez l'âge que j'ai, la somme de nos âges sera égale à 153.

Quels sont nos âges actuels? »

Saurez-vous répondre à cette question?

Solution page 173

Exercice 6.11 (chute d'une pierre)

Une pierre qui s'est détachée du haut d'une falaise est tombée dans la mer.

La pierre est tombée à la vitesse moyenne de 16 m/s dans l'air jusqu'à atteindre l'eau, puis elle a continué à descendre à la vitesse moyenne de 3 m/s avant d'atteindre le fond marin.

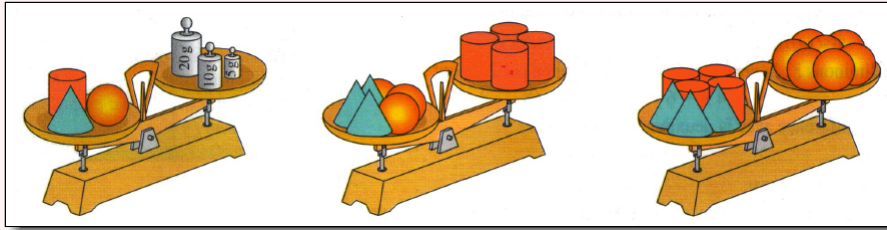
La distance totale du haut de la falaise jusqu'au fond marin est égale à 127 mètres et la chute de la pierre a duré 12 secondes en tout.

Pendant combien de temps la pierre est-elle tombée dans l'air et pendant combien de temps est-elle tombée dans l'eau?

Solution page 173

Exercice 6.12 (billets de tombola)

Les balances suivantes sont en équilibre :



Quelle est la masse d'un cône, d'un cylindre et d'une boule?

Solution page 174

Corrigé de l'exercice 6.1 page 162

Un point appartient à une droite si ses coordonnées vérifient l'équation de la droite. Il suffit donc de remplacer dans chaque équation x par l'abscisse du point A donné, et de vérifier si le calcul donne l'ordonnée de A.

1 $(d) : y = -3x + 7; A(-3; 2).$

$$-3x_A + 7 = -3 \times (-3) + 7 = 9 + 7 = 16 \neq 2 (= y_A).$$

Donc $A \notin (d).$

2 $(d) : y = 7x - 1; A(-1; -8).$

$$7x_A - 1 = 7 \times (-1) - 1 = -7 - 1 = -8 = y_A.$$

Donc $A \in (d).$

3 $(d) : y = -\frac{2}{5}x + 21; A(10; 17).$

$$-\frac{2}{5}x_A + 21 = -\frac{2}{5} \times 10 + 21 = -4 + 21 = 17 = y_A.$$

Donc $A \in (d).$

4 $(d) : y = -\frac{1}{3}x + 8; A(9; 5).$

$$-\frac{1}{3}x_A + 8 = -\frac{1}{3} \times 9 + 8 = -3 + 8 = 5 = y_A.$$

Donc $A \in (d).$

5 $(d) : y = x\sqrt{2} - 2; A(\sqrt{2}; 0).$

$$x_A\sqrt{2} - 2 = \sqrt{2} \times \sqrt{2} - 2 = 2 - 2 = 0 = y_A.$$

Donc $A \in (d).$

6 $(d) : y = \frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}}x + 5 - \sqrt{3}; A(1-\sqrt{3}; 2\sqrt{3}).$

$$\begin{aligned} \frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}}x_A + 5 - \sqrt{3} &= \frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}}(1-\sqrt{3}) + 5 - \sqrt{3} \\ &= \frac{(1-\sqrt{3})^2}{1+\sqrt{3}} + 5 - \sqrt{3} \\ &= \frac{1-2\sqrt{3}+3}{1+\sqrt{3}} + 5 - \sqrt{3} \\ &= \frac{4-2\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}} \times \frac{1-\sqrt{3}}{1-\sqrt{3}} + 5 - \sqrt{3} \\ &= \frac{4-4\sqrt{3}-2\sqrt{3}+2 \times 3}{1^2 - (\sqrt{3})^2} + 5 - \sqrt{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}}x_A + 5 - \sqrt{3} &= \frac{10-6\sqrt{3}}{-2} + 5 - \sqrt{3} \\ &= -5 + 3\sqrt{3} + 5 - \sqrt{3} \\ &= 2\sqrt{3} \\ &= y_A.\end{aligned}$$

Donc $A \in (d)$.

Corrigé de l'exercice 6.2 page 162

1 $(d) : 3x + y - 5 = 0; A(-2; 1).$

$$3x_A + y_A - 5 = 3 \times (-2) + 1 - 5 = -6 + 1 - 5 = -10 \neq 0.$$

Donc $A \notin (d)$.

2 $(d) : -x + 5y + 6 = 0; A(1; -1).$

$$-x_A + 5y_A + 6 = -1 + 5 \times (-1) + 6 = -1 - 5 + 6 = -6 + 6 = 0.$$

Donc $A \in (d)$.

3 $(d) : -x\sqrt{2} - y\sqrt{3} + 5 = 0; A(\sqrt{2}; \sqrt{3}).$

$$-x_A\sqrt{2} - y_A\sqrt{3} + 5 = -\sqrt{2} \times \sqrt{2} - \sqrt{3} \times \sqrt{3} + 5 = -2 - 3 + 5 = 0.$$

Donc $A \in (d)$.

4 $(d) : \frac{1}{2}x - 9y + 5 = 0; A(8; 1).$

$$\frac{1}{2}x_A - 9y_A + 5 = \frac{1}{2} \times 8 - 9 \times 1 + 5 = 4 - 9 + 5 = -5 + 5 = 0.$$

Donc $A \in (d)$.

Corrigé de l'exercice 6.3 page 162

Deux droites sont confondues si leurs équations cartésiennes sont équivalentes, c'est-à-dire si, en multipliant l'une, on obtient l'autre.

1 $(d) : \frac{2}{3}x - \frac{3}{5}y + \frac{1}{10} = 0$ et $(d') : 20x - 18y + 3 = 0.$

$$\begin{aligned}M(x; y) \in (d) &\iff \frac{2}{3}x - \frac{3}{5}y + \frac{1}{10} = 0 \\ &\iff 30 \times \left(\frac{2}{3}x - \frac{3}{5}y + \frac{1}{10} \right) = 30 \times 0 \\ &\iff 30 \times \frac{2}{3}x - 30 \times \frac{3}{5}y + 30 \times \frac{1}{10} = 0\end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow 20x - 18y + 3 = 0 \leftarrow \text{équation de } (d')$$

$$\Leftrightarrow M(x; y) \in (d').$$

Ainsi, (d) et (d') sont confondues.

Remarque 52

Comment obtenir le nombre « 30 » par lequel j'ai multiplié ? J'ai regardé les dénominateurs des fractions $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$ et $\frac{1}{10}$ et j'ai pris le plus petit nombre dans leurs table (le ppcm de 3, 5 et 10 est égal à 30).

2 $(d) : \frac{1}{7}x + 2y - \frac{1}{5} = 0$ et $(d') : 5x + 70y - 7 = 0$.

$$M(x; y) \in (d) \Leftrightarrow \frac{1}{7}x + 2y - \frac{1}{5} = 0$$

$$\Leftrightarrow 35 \times \left(\frac{1}{7}x + 2y - \frac{1}{5} \right) = 35 \times 0$$

$$\Leftrightarrow 5x + 70y - 7 = 0 \leftarrow \text{équation de } (d')$$

$$\Leftrightarrow M(x; y) \in (d').$$

Ainsi, (d) et (d') sont confondues.

3 $(d) : \frac{3}{5}x - \frac{5}{3}y + 1 = 0$ et $(d') : -9x + 25y + 15 = 0$.

$$M(x; y) \in (d) \Leftrightarrow \frac{3}{5}x - \frac{5}{3}y + 1 = 0$$

$$\Leftrightarrow 15 \times \left(\frac{3}{5}x - \frac{5}{3}y + 1 \right) = 0$$

$$\Leftrightarrow 9x - 25y + 15 = 0$$

$$\Leftrightarrow -9x + 25y - 15 = 0 \text{ en multipliant par } (-1)$$

Nous n'obtenons pas la même écriture que celle de l'équation de (d') (le signe de « 15 » n'est pas le même) donc les deux droites ne sont pas confondues.

Corrigé de l'exercice 6.4 page 163

1 $A(-1; 2)$ et $B(3; -7)$, donc $\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} 3 - (-1) \\ -7 - 2 \end{pmatrix}$, soit $\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} 4 \\ -9 \end{pmatrix}$.

$$M(x; y) \in (AB) \Leftrightarrow \overrightarrow{AM} \begin{pmatrix} x + 1 \\ y - 2 \end{pmatrix} \text{ et } \overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} 4 \\ -9 \end{pmatrix} \text{ sont colinéaires}$$

$$\Leftrightarrow -9(x + 1) - 4(y - 2) = 0$$

$$\Leftrightarrow -9x - 4y - 1 = 0.$$

Une équation cartésienne de (AB) est donc $9x + 4y + 1 = 0$.

2 $A(3; -2)$ et $\vec{u}\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$ est un vecteur directeur de (AB).

$$\begin{aligned} M(x; y) \in (AB) &\iff \overrightarrow{AM}\begin{pmatrix} x-3 \\ y+2 \end{pmatrix} \text{ et } \vec{u}\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ sont colinéaires} \\ &\iff 1(x-3) - 2(y+2) = 0 \\ &\iff x - 2y - 7 = 0. \end{aligned}$$

Une équation cartésienne de (AB) est donc $x - 2y - 7 = 0$.

3 $A(5; -4)$ et (AB) est parallèle à la droite d'équation cartésienne $x + y + 1 = 0$.

La droite d'équation cartésienne $x + y + 1 = 0$ a pour vecteur directeur $\vec{u}\begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$ et (AB) est parallèle à cette droite, donc \vec{u} est aussi un vecteur directeur de (AB). Donc :

$$\begin{aligned} M(x; y) \in (AB) &\iff \overrightarrow{AM}\begin{pmatrix} x-5 \\ y+4 \end{pmatrix} \text{ et } \vec{u}\begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ sont colinéaires} \\ &\iff 1(x-5) - (-1)(y+4) = 0 \\ &\iff x + y - 1 = 0. \end{aligned}$$

Une équation cartésienne de (AB) est donc $x + y - 1 = 0$.

4 $A(3; 2)$ et (AB) a pour coefficient directeur $-\frac{1}{2}$.

Une droite d'équation cartésienne $ax + by + c = 0$ a pour vecteur directeur $\vec{u}\begin{pmatrix} 1 \\ m \end{pmatrix}$, où m est le coefficient directeur de la droite.

Donc un vecteur directeur de (AB) est ici $\vec{u}\begin{pmatrix} 1 \\ -\frac{1}{2} \end{pmatrix}$.

$$\begin{aligned} M(x; y) \in (AB) &\iff \overrightarrow{AM}\begin{pmatrix} x-3 \\ y-2 \end{pmatrix} \text{ et } \vec{u}\begin{pmatrix} 1 \\ -\frac{1}{2} \end{pmatrix} \text{ sont colinéaires} \\ &\iff -\frac{1}{2}(x-3) - 1(y-2) = 0 \\ &\iff -\frac{1}{2}x - y + \frac{7}{2} = 0 \\ &\iff x + 2y - 7 = 0. \end{aligned}$$

Une équation cartésienne de (AB) est donc $x + 2y - 7 = 0$.

Corrigé de l'exercice 6.5 page 163

- 1 $3x - 5y + 2 = 0$. Un vecteur directeur est $\vec{u} \begin{pmatrix} 5 \\ 3 \end{pmatrix}$ (propriété 36).
- 2 $-5x + 9y - 7 = 0$. Un vecteur directeur est $\vec{u} \begin{pmatrix} -9 \\ -5 \end{pmatrix}$ (propriété 36).
- 3 $y = 3x - 1$. Un vecteur directeur est $\vec{u} \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$ (propriété 35).
- 4 $y = 5$. Un vecteur directeur est $\vec{u} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ (propriété 35).

Corrigé de l'exercice 6.6 page 163

- 1 La droite est parallèle à l'axe des abscisses lorsqu'un vecteur directeur est de la forme $\vec{u} \begin{pmatrix} k \\ 0 \end{pmatrix}$, $k \in \mathbb{R}$. Or, on sait que la droite d'équation $ax + by + c = 0$ a pour vecteur directeur $\begin{pmatrix} -b \\ a \end{pmatrix}$.

Ainsi, il faut que $m = 0$ pour que \mathcal{D}_m soit parallèle à l'axe des abscisses.

- 2 La droite est parallèle à l'axe des ordonnées lorsqu'un vecteur directeur est de la forme $\vec{u} \begin{pmatrix} 0 \\ k \end{pmatrix}$, $k \in \mathbb{R}$.

D'après ce que l'on a dit dans la question précédente, il faut donc que $1 - 2m = 0$, soit $m = \frac{1}{2}$.

Ainsi, il faut que $m = \frac{1}{2}$ pour que \mathcal{D}_m soit parallèle à l'axe des ordonnées.

- 3 Posons $A(x_A; y_A)$ le point fixe. Ainsi, $A \in \mathcal{D}_0$ et $A \in \mathcal{D}_{\frac{1}{2}}$ (on prend les valeurs de m précédemment trouvées par exemple).

$\mathcal{D}_0 : y = 4$. Donc $y_A = 4$.

$\mathcal{D}_{\frac{1}{2}} : x = -8$. Donc $x_A = -8$.

Le point fixe est donc $A(-8; 4)$.

Corrigé de l'exercice 6.7 page 163

- 1 $\vec{AB} \begin{pmatrix} 1-3 \\ 2-1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \end{pmatrix}$ et $\vec{CD} \begin{pmatrix} -4-2 \\ 2-(-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6 \\ 3 \end{pmatrix} = 3\vec{AB}$. Ainsi, \vec{AB} et \vec{CD} sont colinéaires, donc (AB) et (CD) sont parallèles.
- 2 $\vec{OC} \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = -\vec{AB}$ donc $\vec{CD} = -3\vec{AB}$. Ainsi, \vec{OC} et \vec{CD} sont colinéaires, donc O, C et D sont alignés.

3 $BM = \sqrt{(x-1)^2 + (y-2)^2}$ et $CM = \sqrt{(x-2)^2 + (y+1)^2}$.

La médiatrice de [BC] est l'ensemble des points $M(x; y)$ tels que $BM = CM$, donc $BM^2 = CM^2$. On en déduit :

$$\begin{aligned}(x-1)^2 + (y-2)^2 &= (x-2)^2 + (y+1)^2 \iff x^2 - 2x + 1 + y^2 - 4y + 4 = x^2 - 4x + 4 + y^2 + 2y + 1 \\ &\iff 2x - 6y = 0 \\ &\iff y = \frac{1}{3}x.\end{aligned}$$

L'équation réduite de Δ est donc $y = \frac{1}{3}x$.

Les coordonnées de O et de A vérifient cette équation (car $y_0 = \frac{1}{3}x_0$ et $y_A = \frac{1}{3}x_A$) donc O et A appartiennent à cette droite. Ainsi, $\Delta = (OA)$.

Corrigé de l'exercice 6.8 page 164

1 $(d) : 3x + 4y + 1 = 0$ et $(d') : -5x + 6y - 2 = 0$. On doit résoudre le système :

$$\begin{aligned}\begin{cases} 3x + 4y + 1 = 0 & L_1 \\ -5x + 6y - 2 = 0 & L_2 \end{cases} &\iff \begin{cases} 15x + 20y + 5 = 0 & L_1 \leftarrow 5L_1 \\ -15x + 18y - 6 = 0 & L_2 \leftarrow 3L_2 \end{cases} \\ &\iff \begin{cases} 15x + 20y + 5 = 0 & L_1 \leftarrow L_1 \\ 38y - 1 = 0 & L_2 \leftarrow L_1 + L_2 \end{cases}\end{aligned}$$

On en déduit que $y = \frac{1}{38}$ et en remplaçant y par cette valeur dans l'équation $3x + 4y + 1 = 0$ (par exemple), on obtient :

$$3x + \frac{4}{38} + 1 = 0 \iff 3x = -\frac{21}{19} \iff x = -\frac{7}{19}.$$

Les droites (d) et (d') se coupent donc en un point de coordonnées $\left(-\frac{7}{19}; \frac{1}{38}\right)$.

2 $(d) : 8x - 3y - 3 = 0$ et $(d') : -4x - 5y + 1 = 0$. On doit résoudre le système :

$$\begin{aligned}\begin{cases} 8x - 3y - 3 = 0 & L_1 \\ -4x - 5y + 1 = 0 & L_2 \end{cases} &\iff \begin{cases} 8x - 3y - 3 = 0 & L_1 \leftarrow L_1 \\ -8x - 10y + 2 = 0 & L_2 \leftarrow 2L_2 \end{cases} \\ &\iff \begin{cases} 8x - 3y - 3 = 0 & L_1 \leftarrow L_1 \\ -13y - 1 = 0 & L_2 \leftarrow L_1 + L_2 \end{cases}\end{aligned}$$

On en déduit que $y = -\frac{1}{13}$ et avec l'équation $8x - 3y - 3 = 0$, on a :

$$8x + \frac{3}{13} - 3 = 0 \iff 8x = \frac{36}{13} \iff x = \frac{9}{26}.$$

Les droites (d) et (d') se coupent donc en un point de coordonnées $\left(\frac{9}{26}; -\frac{1}{13}\right)$.

3 $(d) : 5x + 7y + 6 = 0$ et $(d') : 3x - 5y + 1 = 0$. On doit résoudre le système :

$$\begin{aligned} \begin{cases} 5x + 7y + 6 = 0 & L_1 \\ 3x - 5y + 1 = 0 & L_2 \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} 15x + 21y + 18 = 0 & L_1 \leftarrow 3L_1 \\ -15x + 25y - 5 = 0 & L_2 \leftarrow -5L_2 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 15x + 21y + 18 = 0 & L_1 \leftarrow L_1 \\ 46y + 13 = 0 & L_2 \leftarrow L_1 + L_2 \end{cases} \end{aligned}$$

On en déduit que $y = -\frac{13}{46}$ et à l'aide de l'équation $3x - 5y + 1 = 0$, on trouve :

$$3x + \frac{65}{46} + 1 = 0 \Leftrightarrow 3x = -\frac{111}{46} \Leftrightarrow x = -\frac{37}{46}.$$

Les droites (d) et (d') se coupent donc en un point de coordonnées $\left(-\frac{37}{46}; -\frac{13}{46}\right)$.

4 $(d) : \sqrt{2}x + \sqrt{3}y + 1 = 0$ et $(d') : \sqrt{3}x - \sqrt{2}y + 1 = 0$. On doit résoudre le système :

$$\begin{aligned} \begin{cases} \sqrt{2}x + \sqrt{3}y + 1 = 0 & L_1 \\ \sqrt{3}x - \sqrt{2}y + 1 = 0 & L_2 \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} \sqrt{6}x + 3y + \sqrt{3} = 0 & L_1 \leftarrow \sqrt{3}L_1 \\ -\sqrt{6}x + 2y - \sqrt{2} = 0 & L_2 \leftarrow -\sqrt{2}L_2 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} \sqrt{6}x + 3y + \sqrt{3} = 0 & L_1 \leftarrow L_1 \\ 5y + \sqrt{3} - \sqrt{2} = 0 & L_2 \leftarrow L_1 + L_2 \end{cases} \end{aligned}$$

On en déduit alors que $y = \frac{\sqrt{2} - \sqrt{3}}{5}$ et à l'aide de l'équation $\sqrt{2}x + \sqrt{3}y + 1 = 0$, on obtient :

$$\sqrt{2}x + \frac{\sqrt{6} - 3}{5} + 1 = 0 \Leftrightarrow \sqrt{2}x = -\frac{\sqrt{6} + 2}{5} \Leftrightarrow x = -\frac{\sqrt{6} + 2}{5\sqrt{2}} = -\frac{\sqrt{12} + 2\sqrt{2}}{10} = -\frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{5}.$$

Les droites (d) et (d') se coupent donc en un point de coordonnées $\left(-\frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{5}; \frac{\sqrt{2} - \sqrt{3}}{5}\right)$.

Corrigé de l'exercice 6.9 page 164

On cherche les nombres $x > 0$ et $y > 0$ tels que :

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 225 \\ x^2 - y^2 = 63 \end{cases}$$

Posons alors $X = x^2$ et $Y = y^2$ pour simplifier les écritures. On a alors :

$$\begin{aligned} \begin{cases} X + Y = 225 & L_1 \\ X - Y = 63 & L_2 \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} X + Y = 225 & L_1 \leftarrow \\ 2X = 288 & L_2 \leftarrow L_1 + L_2 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} X + Y = 225 \\ X = 144 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} Y = 225 - 144 = 81 \\ X = 144 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow x = \sqrt{144} = 12, y = \sqrt{81} = 9. \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 6.10 page 164

Pour ce type de problème, il faut faire un tableau (par exemple) :

	Passé	Présent	Futur
Moi	y	$2x$	$4x - y$
Vous	x	y	$2x$

- « J'ai deux fois l'âge que vous aviez quand j'avais l'âge que vous avez » : je vais noter « $2x$ » mon âge actuel car il est égal à deux fois l'âge que vous aviez dans le passé : je note donc x votre âge dans le passé. Le passé est l'époque où j'avais l'âge que vous avez actuellement. Je vais donc noter y votre âge actuel.
- « Quand vous aurez l'âge que j'ai... » : dans le futur, quand vous aurez un âge égal à $2x$, il se sera écoulé $2x - y$ années, donc j'aurai $2x - y$ ans de plus, soit $2x + 2x - y = 4x - y$ années.

Maintenant que nous avons compléter le tableau, traduisons l'énoncé en équations :

- dans le futur, la somme de nos âges sera égale à 153 ans : $4x - y + 2x = 153$, soit $6x - y = 153$;
- du passé au présent, il s'est passé $2x - y$ années (si on se réfère à mes âges), qui doit être égal à $y - x$ (si on se réfère à vos âges). On a donc : $2x - y = y - x$, soit $3x - 2y = 0$.

On doit donc résoudre le système :

$$\begin{aligned}
 \begin{cases} 6x - y = 153 \\ 3x - 2y = 0 \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} 12x - 2y = 306 & L_1 \leftarrow 2L_1 \\ 3x - 2y = 0 & L_2 \leftarrow \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} 9x = 306 & L_1 \leftarrow L_1 - L_2 \\ 3x - 2y = 0 & L_2 \leftarrow \end{cases} \\
 &\Leftrightarrow \begin{cases} x = 34 \\ y = 51 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Ainsi, le mathématicien qui parle a 68 ans et son collègue, 51 ans.

Corrigé de l'exercice 6.11 page 164

Appuyons-nous sur la formule :

$$\text{vitesse} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}.$$

Notons :

- t le temps de chute de la pierre dans l'air;
- $12 - t$ le temps de chute de la pierre dans l'eau (car la temps total de la chute est égal à 12 secondes);
- d la distance parcourue par la pierre dans l'air;
- $127 - d$ la distance parcourue par la pierre dans l'eau (car la distance totale est égale à 127 mètres).

Alors,

- dans l'air, $16 = \frac{d}{t}$, soit : $d = 16t$;
- dans l'eau, $3 = \frac{127 - d}{12 - t}$, soit : $3(12 - t) = 127 - d$, ou encore : $3t - d = 36 - 127$, et donc : $3t - d = -91$.

En remplaçant d par $16t$, on obtient :

$$-13t = -91 \quad \text{soit} \quad t = \frac{91}{13} = 7$$

et donc $d = 16 \times 7 = 112$.

La pierre chute donc dans l'air sur 112 mètres pendant 7 secondes, puis dans l'eau sur 15 mètres pendant 5 secondes.

Corrigé de l'exercice 6.12 page 165

Notons :

- x la masse (en g) d'un cône,
- y la masse (en g) d'un cylindre,
- z la masse (en g) d'une boule.

Alors, on peut écrire les trois équations suivantes :

$$\begin{cases} x + y + z = 35 \\ 3x + 3z = 4y \\ 3x + 4y = 7z \end{cases} \iff \begin{cases} x + y + z = 35 & L_1 \\ 3x - 4y + 3z = 0 & L_2 \\ 3x + 4y - 7z = 0 & L_3 \end{cases}$$

Si on ajoute L_2 et L_3 , on élimine les y :

$$L_2 + L_3 \iff 6x - 4z = 0 \iff x = \frac{2}{3}z.$$

Si on les soustrait, on élimine les x :

$$L_3 - L_2 \iff 8y - 10z = 0 \iff y = \frac{5}{4}z.$$

Ainsi, la première ligne devient :

$$L_1 \iff \frac{2}{3}z + \frac{5}{4}z + z = 35 \iff \frac{35}{12}z = 35 \iff z = 12.$$

On en déduit alors : $x = \frac{2}{3} \times 12 = 8$ et $y = \frac{5}{4} \times 12 = 15$.

Ainsi, un cône pèse 12 g, un cylindre pèse 15 g et une boule pèse 12 g.

Généralités sur les fonctions



Plan du chapitre

I	Définition	176
1	Introduction	176
2	Définition mathématique	176
II	Ensemble de définition et ensemble image	177
1	Ensemble de définition	177
2	Ensemble image	177
III	Représentation graphique	178
1	Tableau de valeurs	178
2	Courbe représentative	178
3	Ce que fait votre calculatrice	179
IV	Variations d'une fonction	181
1	Sens de variation	181
2	Tableau de variations	182
3	Minimum et maximum	182
V	Fonctions paires, fonctions impaires	183
1	Fonctions paires	183
2	Fonctions impaires	184
	Exercices	185
	Corrigés	193

1 - Définition

1.1 - Introduction

On considère le programme de calcul suivant :

- Choisir un nombre
- l'élever au carré
- soustraire 7

Si on note x le nombre choisi au départ, ce programme donne à la fin le nombre $x^2 - 7$.

Si on décide de noter $r(x)$ le résultat (dépendant du nombre de départ x) alors :

$$r(x) = x^2 - 7.$$

Si on avait noté a le nombre de départ et $f(a)$ le nombre final obtenu (dépendant de a), alors on aurait noté :

$$f(a) = a^2 - 7.$$

Ce qui compte est l'expression qui permet d'obtenir le nombre final *en fonction* du nombre de départ.

On dit qu'à tout nombre réel x , ce programme **associe** le nombre $x^2 - 7$, et on note :

$$x \mapsto x^2 - 7.$$

Il y a donc deux notations pour désigner le fait qu'un nombre est transformé en un autre.

Cette transformation est appelée une **fonction**.

1.2 - Définition mathématique

Définition 35

Soit x un nombre réel.

On appelle **fonction** toute opération sur x qui le transforme en un autre nombre.

Si on note f cette fonction alors le nombre final est noté $f(x)$.

x est appelé **un antécédent** de $f(x)$.

$f(x)$ est appelé **l'image** de x par la fonction f .

On note alors :

$$f : x \mapsto f(x)$$

II - Ensemble de définition et ensemble image

II.1 - Ensemble de définition

Définition 36

Soit f une fonction.

L'**ensemble de définition** de f (aussi appelé **domaine de définition**) est l'ensemble de toutes les valeurs de x pour lesquelles $f(x)$ existe.

On le note en général \mathcal{D}_f .

Exemple S4

- 1 Si $f : x \mapsto x^2 - 7$ alors $\mathcal{D}_f = \mathbb{R}$ car on peut calculer $x^2 - 7$ pour toutes les valeurs réelles de x .
- 2 Si $g : x \mapsto \frac{1}{x-1}$ alors $\mathcal{D}_g = \mathbb{R} \setminus \{1\}$ car on peut toujours calculer $\frac{1}{x-1}$ sauf si $x = 1$ (car il est impossible de diviser par 0)

II.2 - Ensemble image

Définition 37

Soit f une fonction dont le domaine de définition est \mathcal{D}_f .

On appelle **ensemble image** de f l'ensemble de toutes les valeurs que prend $f(x)$ pour $x \in \mathcal{D}_f$.

Exemple S5

Soit $f : x \mapsto x^2 - 7$. On sait que pour tout x réel, $x^2 \geq 0$ donc $x^2 - 7 \geq -7$.

De plus, x pouvant prendre des valeurs de plus en plus grandes, x^2 peut aussi prendre des valeurs de plus en plus grandes, donc il n'y a pas de limite supérieure à x^2 , donc à $x^2 - 7$ (on dit que $x^2 - 7$ tend vers $+\infty$ quand x tend vers $+\infty$ et quand x tend vers $-\infty$).

Ainsi, l'ensemble image de f est $[-7; +\infty[$.

Remarque S3

Trouver l'ensemble image d'une fonction n'est pas immédiat. Il sera très souvent nécessaire d'étudier la fonction. C'est l'objet du reste de ce chapitre.

III - Représentation graphique

III . 1 - Tableau de valeurs

Définition 38

On considère une fonction f définie sur un intervalle $I = [a; b]$ de \mathbb{R} .

On appelle **tableau de valeurs** de f un tableau constitué de deux lignes :

- sur la 1^{re}, sont reportées plusieurs valeurs de x comprises entre a et b ;
- sur la 2^e, sont reportées les images des valeurs de x de la 1^{re} ligne.

Remarque S4

Le **pas** des valeurs de x , c'est-à-dire la différence entre chaque valeur de x , est arbitraire : c'est nous qui le choisissons selon le contexte dans lequel nous sommes.

Exemple S6

Soit $f : x \mapsto x^2 - 7$. Un tableau de valeurs de f sur $[-5; 5]$ est :

x	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	18	9	2	-3	-6	-7	-6	-3	2	9	18

Ici, j'ai pris la décision (ça n'a pas été simple, mais j'y suis tout de même arrivé...) de prendre un pas égal à 1 pour les valeurs de x , c'est-à-dire que je suis parti de la plus petite valeur de x permise (donc $x = -5$ car la fonction est définie sur $[-5; 5]$) et j'ai avancé en ajoutant 1 à chaque fois, jusqu'à arriver à la plus grande valeur de x permise, donc jusqu'à $x = 5$.

Pour chaque valeur de x , j'ai calculé $f(x)$ (donc $f(-5)$, $f(-4)$, $f(-3)$, ... jusqu'à $f(5)$).

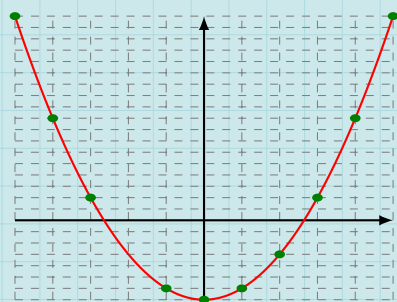
III . 2 - Courbe représentative

Définition 39

Soit f une fonction définie sur son domaine de définition \mathcal{D}_f .

On appelle **courbe représentative** de f dans un repère cartésien l'ensemble de tous les points de coordonnées $(x; f(x))$, pour $x \in \mathcal{D}_f$.

Exemple S7 (courbe représentative)



On a représenté ci-contre la courbe représentative de la fonction $f : x \mapsto x^2 - 7$.

Pour tracer cette courbe, on s'aide du tableau de valeurs établi précédemment en mettant dans le repère les points de coordonnées $(-5; 18)$, $(-4; 9)$, ..., $(5; 18)$.

On les relie ensuite de sorte à ce que la courbe finale ne soit pas trop rectiligne.

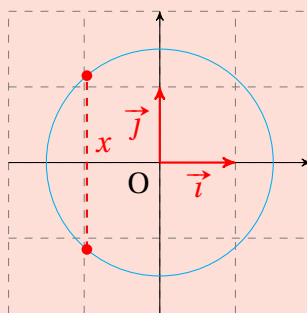
Remarque 55

La définition de la courbe représentative d'une fonction est très importante. En effet, elle nous permet de savoir l'ordonnée d'un de ses points si on en connaît l'abscisse.

Par exemple, sur la fonction $f : x \mapsto x^2 - 7$, on sait que le point de la courbe représentative de f d'abscisse $x = 2,5$ a pour ordonnée $y = f(2,5) = 2,5^2 - 7 = -0,75$.

Attention 7

La courbe représentative d'une fonction ne « retourne pas en arrière »; autrement dit, pour un x donné, il n'y a qu'un seul point sur la courbe dont l'abscisse vaut x . Par exemple, le cercle suivant n'est pas la courbe représentative d'une fonction car pour l'abscisse x indiquée, il y a deux points sur le cercle dont l'abscisse est x :

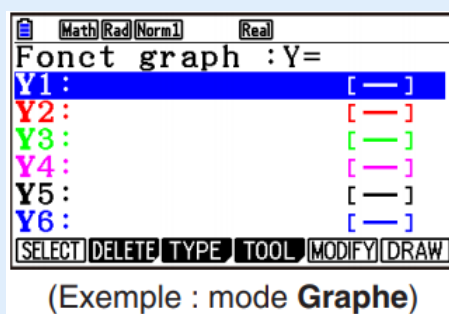


III . 3 - Ce que fait votre calculatrice

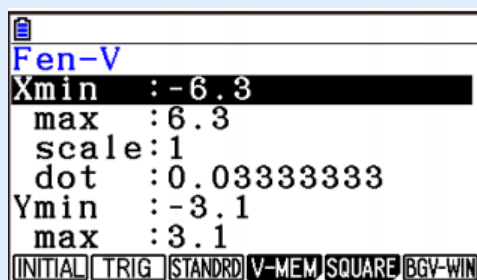
Les captures d'écran ci-dessous sont issues du manuel d'utilisation de la CASIO GRAPH90+.

Pour tracer une courbe sur une calculatrice,

- 1 il faut avant tout entrer l'expression de la fonction en accédant à un écran ressemblant à celui-ci :



- 2 il faut ensuite entrer les paramètres d'affichage en accédant à une fenêtre comme celle-ci :



Ici, X_{\min} représente la plus petite valeur de x du domaine de définition sur lequel on souhaite tracer la courbe. Quant à X_{\max} , cela représente la plus grande valeur de x . Ainsi, pour une fonction définie sur $[-5;5]$, on entrera $X_{\min}=-5$ et $X_{\max}=5$.

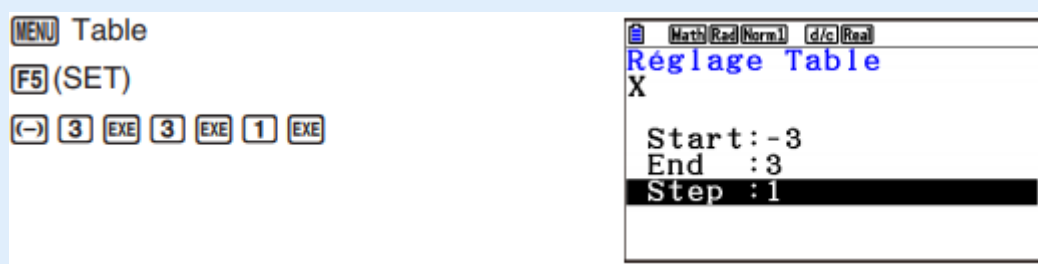
Il va de soit que Y_{\min} et Y_{\max} jouent le même rôle, mais pour les valeurs des images. Sur l'exemple précédent, d'après le tableau de valeurs, on pourra prendre $Y_{\min}=-7$ et $Y_{\max}=18$.

Le paramètre *scale* représente l'échelle des graduations.

Sur la TI89, un paramètre *xres* est présent : pour un tracé très précis, ce paramètre doit valoir 1. Pour un tracé rapide mais moins précis, on peut entrer une valeur de 2 à 10 (si « 10 » est entré, cela sous-entend que la calculatrice prendra 1 pixel sur 10, calculera son image, et tracera une segment de cette image à la suivante).

Votre calculatrice peut aussi construire un tableau de valeurs.

Par exemple, sur la CASIO GRAPH90+, après avoir entrée l'expression de la fonction, on devra définir les paramètres du tableau de valeurs :

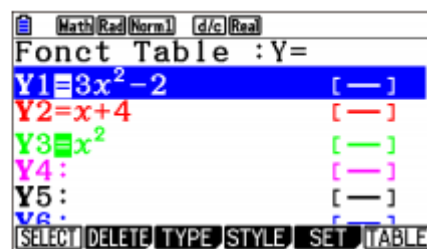


Ici, le paramètre *step* informe le *pas* entre chaque valeurs de x (sur cet exemple, *step*=1 stipule que les valeurs de x vont être : $-3, -2, -1, 0, 1, 2$ et 3).

Voici ci-dessous un extrait du manuel d'utilisation de la CASIO GRAPH90+ permettant de voir comment générer un tableau de valeurs pour trois fonctions ($x \mapsto 3x^2 - 2$, $x \mapsto x + 4$ et $x \mapsto x^2$).

Utilisez \blacktriangle et \blacktriangledown pour mettre en surbrillance la fonction que vous voulez sélectionner pour générer le tableau et appuyez sur **F1**(SELECT) pour la sélectionner.

Le signe « = » des fonctions sélectionnées est en surbrillance à l'écran. Pour désélectionner une fonction, amenez le curseur sur celle-ci et appuyez une nouvelle fois sur **F1**(SELECT).



Appuyez sur **F6**(TABLE) pour générer un tableau de chiffres à partir des fonctions sélectionnées. La valeur de la variable x change en fonction de la plage ou du contenu de la liste que vous avez spécifiée.

L'exemple ci-contre montre les résultats obtenus pour la liste 6 ($-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$).

X	Y1	Y3
-3	25	9
-2	10	4
-1	1	1
0	-2	0

Chaque cellule peut contenir jusqu'à six chiffres, signe négatif compris.

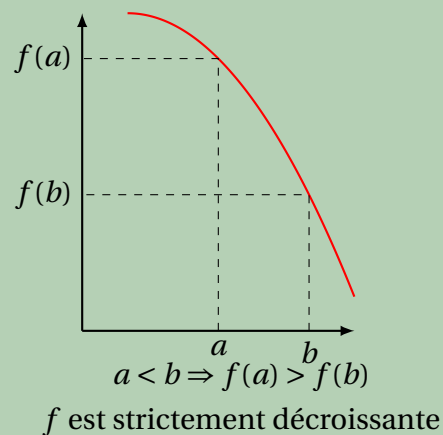
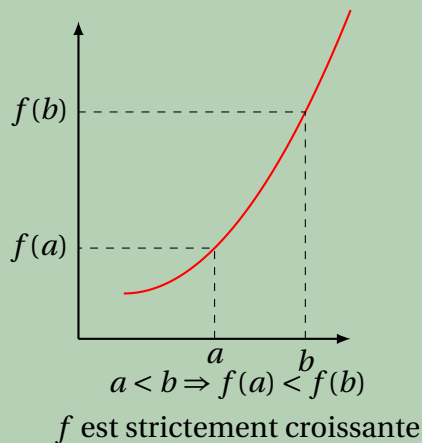
IV - VARIATIONS d'une fonction

IV.1 - Sens de variation

Définition 40

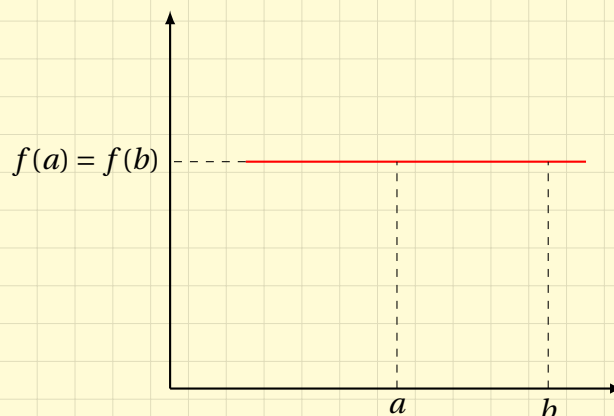
Soit f une fonction définie sur un intervalle I de \mathbb{R} . On considère deux nombres a et b quelconques dans I tels que $a < b$.

- On dit que f est **strictement croissante sur I** si $f(a) < f(b)$.
- On dit que f est **strictement décroissante sur I** si $f(a) > f(b)$.
- On dit que f est **constante sur I** si $f(a) = f(b)$.



Remarque S6

- Si f est strictement croissante sur un intervalle I alors les images sont rangées dans le même ordre que les antécédents.
- Si f est strictement décroissante sur un intervalle I alors les images sont rangées dans l'ordre inverse des antécédents.
- Une fonction constante sur un intervalle I sera représentée par une droite (ou segment si l'intervalle est fini) horizontale.e. :



IV . 2 - Tableau de variations

Définition 41

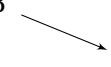
Soit f une fonction définie sur un domaine de définition \mathcal{D}_f .

Le **tableau de variations** de f sur \mathcal{D}_f est un tableau comportant deux lignes :

- sur la 1^{re} sont reportées toutes les valeurs de x importantes (bornes du domaine de définition, valeurs interdites de la fonction, valeurs de x où la fonction change de sens de variation);
- sur la 2^e sont représentées les variations de f (une flèche montante quand f est croissante, une flèche descendante quand f est décroissante), ainsi éventuellement que la donnée de certaines images.

Exemple 58

D'après la courbe représentative de la fonction $f : x \mapsto x^2 - 7$ donnée dans l'exemple 57, ainsi que du tableau de valeurs de cette fonction, on peut dresser le tableau de variations suivant :

x	-5	0	5
Variations de $f(x)$	18		18

IV . 3 - Minimum et maximum

Définition 42

Soit f une fonction définie sur un intervalle I de \mathbb{R} .

- On appelle **minimum** de f sur I la plus petite valeur atteinte par $f(x)$ pour $x \in I$.
- On appelle **maximum** de f sur I la plus grande valeur atteinte par $f(x)$ pour $x \in I$.

Exemple 59

D'après le tableau de variations précédent,

- le minimum de la fonction $f : x \mapsto x^2 - 7$ sur $[-5; 5]$ est -7 ;
- le maximum de la fonction $f : x \mapsto x^2 - 7$ sur $[-5; 5]$ est 18 .

V - Fonctions paires, fonctions impaires

V.1 - Fonctions paires

Définition 43

Soit f une fonction définie sur \mathcal{D}_f .

On dit que f est **paire** si :

- $\forall x \in \mathcal{D}_f, -x \in \mathcal{D}_f$;
- $f(-x) = f(x)$.

Exemple 60

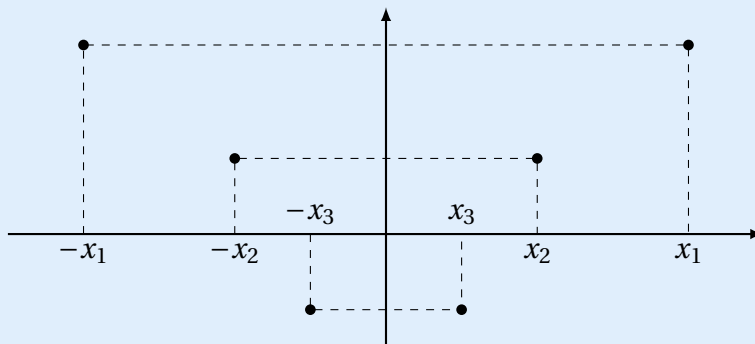
La fonction $f : x \mapsto x^2 - 7$ est paire car son domaine de définition est \mathbb{R} (donc pour tout $x \in \mathbb{R}$, $-x \in \mathbb{R}$) et :

$$f(-x) = (-x)^2 - 7 = x^2 - 7 = f(x).$$

Propriété 38

Si une fonction f est paire alors, dans un repère orthogonal, sa courbe représentative est symétrique par rapport à l'axe des ordonnées.

En effet, on a la situation suivante :



f est paire donc $f(x_1) = f(-x_1)$, $f(x_2) = f(-x_2)$, $f(x_3) = f(-x_3)$, etc.

Les points sont symétriques par rapport à l'axe des ordonnées

V.2 - Fonctions impaires

Définition 44

Soit f une fonction définie sur \mathcal{D}_f .

On dit que f est **impair** si :

- $\forall x \in \mathcal{D}_f, -x \in \mathcal{D}_f$;
- $f(-x) = -f(x)$.

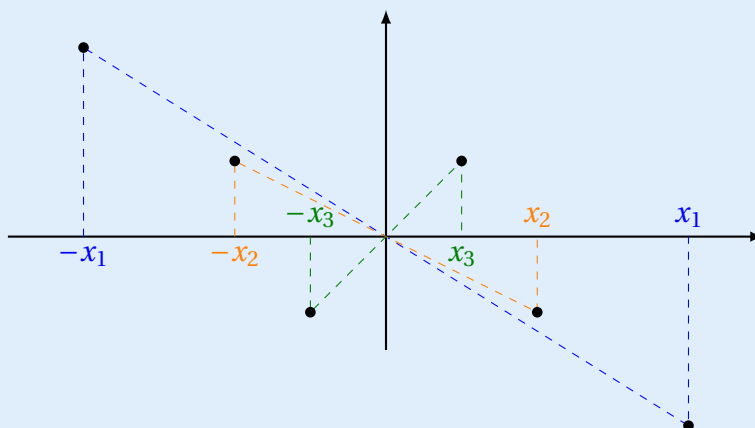
Exemple 61

La fonction $f : x \mapsto x^3 + x$ est impaire car son domaine de définition est \mathbb{R} (donc pour tout $x \in \mathbb{R}, -x \in \mathbb{R}$) et :

$$f(-x) = (-x)^3 + (-x) = -x^3 - x = -(x^3 + x) = -f(x).$$

Propriété 39

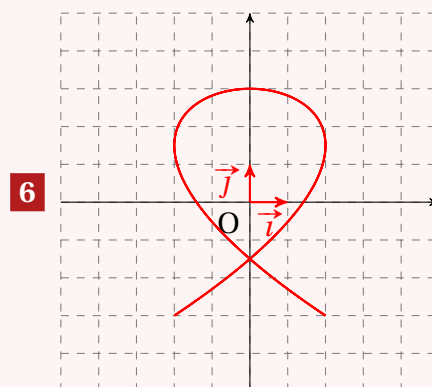
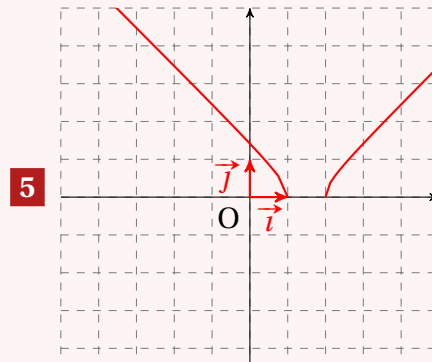
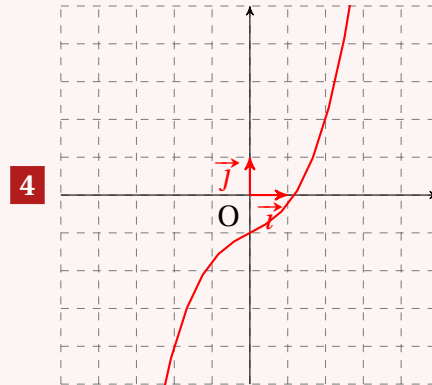
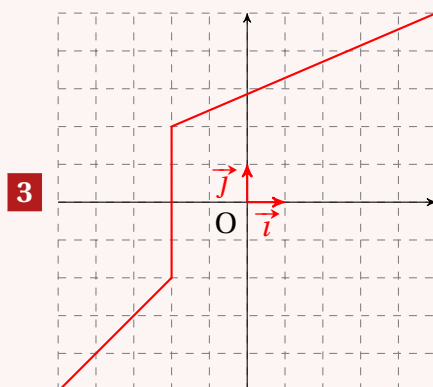
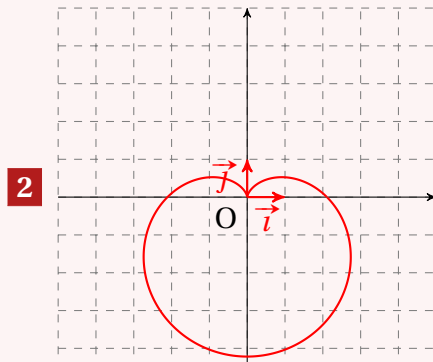
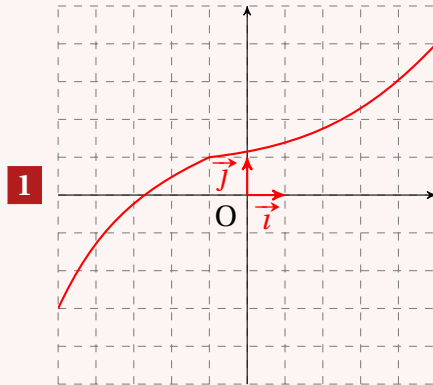
Si une fonction f est impaire alors, dans un repère orthogonal, sa courbe représentative est symétrique par rapport à l'origine.



f est impaire donc $f(x_1) = -f(-x_1)$, $f(x_2) = -f(-x_2)$, $f(x_3) = -f(-x_3)$, etc.
Les points sont symétriques par rapport à l'origine du repère.

Exercice 7.1 (fonction ou pas fonction ?)

Pour chaque courbe dessinée ci-dessous, dire si elle représente une fonction en justifiant.



Solution page 193

Exercice 7.2 (domaine de définition)

Pour chacune des fonctions suivantes, trouver leur domaine de définition.

1 $f_1 : x \mapsto \frac{1}{x-8}$

2 $f_2 : x \mapsto \frac{1}{x^2-4}$

3 $f_3 : x \mapsto \sqrt{x-7}$

4 $f_4 : x \mapsto \sqrt{x^2+1}$

5 $f_5 : x \mapsto x^2-5x+1$

6 $f_6 : x \mapsto \sqrt{\frac{-8}{x-1}}$

Solution page 193

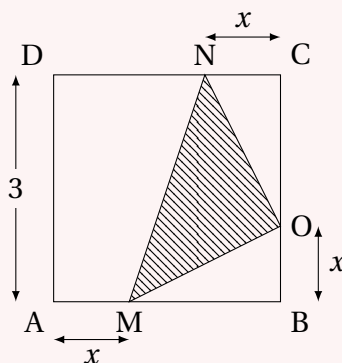
Exercice 7.3 (établir une expression d'une fonction)

Pour chacune des questions suivantes, exprimer $f(x)$ sous sa forme la plus simple, puis donner son domaine de définition.

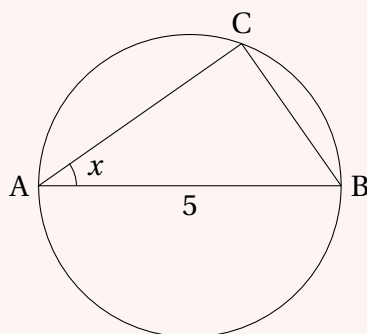
- 1** Un complexe sportif est composé de plusieurs activités. Pour pouvoir y avoir accès, on doit payer un droit d'entrée de 5 € puis payer 2 € par heure.

$f(x)$ représente le prix à payer pour x heures.

- 2** $f(x)$ représente l'aire hachurée dans le carré ABCD suivant :

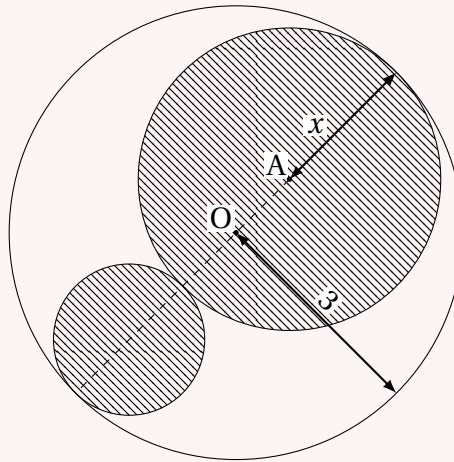


- 3** $f(x)$ représente l'aire du triangle ABC inscrit dans le cercle de diamètre [AB] :



- 4** On choisit un nombre x . $f(x)$ représente alors la différence entre le carré de son précédent et celui de son suivant.

- 5 $f(x)$ représente l'aire du domaine blanc de la figure suivante, où O est le centre du cercle de rayon 3 et A le centre du cercle de rayon x :



Solution page 194

Exercice 7.4 (Associer une fonction à une notion)

Dans chacune des situations suivantes, donner l'expression de la fonction associée.

- 1 Soit ABCD un carré de côté x . p est la fonction qui à x associe le périmètre de ABCD.
- 2 Soit ABCD un carré de côté x . \mathcal{A} est la fonction qui à x associe l'aire de ABCD.
- 3 Soit ABC un triangle rectangle en A tel que $AB = 10$ et $AC = x$. f est la fonction qui à x associe d'aire de ABC.
- 4 Soit ABC un triangle rectangle en A tel que $AB = 10$ et $AC = x$. c est la fonction qui à x associe la longueur BC.

Solution page 195

Exercice 7.5 (loi d'Ohm)

En sciences physiques, la *loi d'Ohm* dit que la tension U (en volts) entre les bornes d'un résistor de résistance R est égale au produit de l'intensité du courant électrique I (en ampères) et de la valeur de R .

- 1 Si l'intensité reste constamment égale à 5 ampères, quelle est la fonction $f(R)$ donnant la tension en fonction de la résistance?
- 2 Construire un tableau de valeurs de la fonction f sur $[1; 10]$ avec un pas de 1.
- 3 Construire la courbe représentative de f dans un repère orthonormé.

Solution page 195

Exercice 7.6 (tableau de valeurs à la calculatrice)

À l'aide de votre calculatrice, compléter le tableau de valeurs donné pour chaque fonction.

1 $f(x) = x^2 - 3x + 6$.

x	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$f(x)$											

2 $g(x) = \frac{1}{x-3}$.

x	-1	0	1	2	2,25	2,5	2,75	3,25	3,5	3,75	4	5	6
$g(x)$													

3 $h(x) = \sqrt{4-x^2}$.

x	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2
$h(x)$									

Solution page 196

Exercice 7.7 (Appartenance de points à une courbe)

Soit f une fonction et soit \mathcal{C}_f sa courbe représentative dans un repère.

Pour chacune des fonctions suivantes, dire si le point A (dont les coordonnées sont données à chaque fois) appartient ou non à \mathcal{C}_f .

1 $f(x) = -5x + 2$, A(-1; 7).

2 $f(x) = x^2 + x + 1$, A(-2; 3).

3 $f(x) = \frac{1}{x^2 + 1}$, A(2; 0,25).

4 $f(x) = \sqrt{x^2 + 1}$, A($\sqrt{2}$; $\sqrt{3}$).

Solution page 197

Exercice 7.8 (Images et antécédents)

1 Soit $f(x) = -3x + 2$.

a. Donner l'image des nombres -1, 0 et $\sqrt{2}$ par la fonction f .

b. -1 est-il un antécédent de 1 par la fonction f ?

c. Trouver tous les antécédents de -3 par la fonction f .

2 Soit $g(x) = x^2 - 5x + 2$.

a. Donner l'image des nombres -1, 1 et $\sqrt{2}$ par la fonction g .

b. -2 est-il un antécédent de 1 par la fonction g ?

c. Donner tous les antécédents de 2 par la fonction g .

Solution page 198

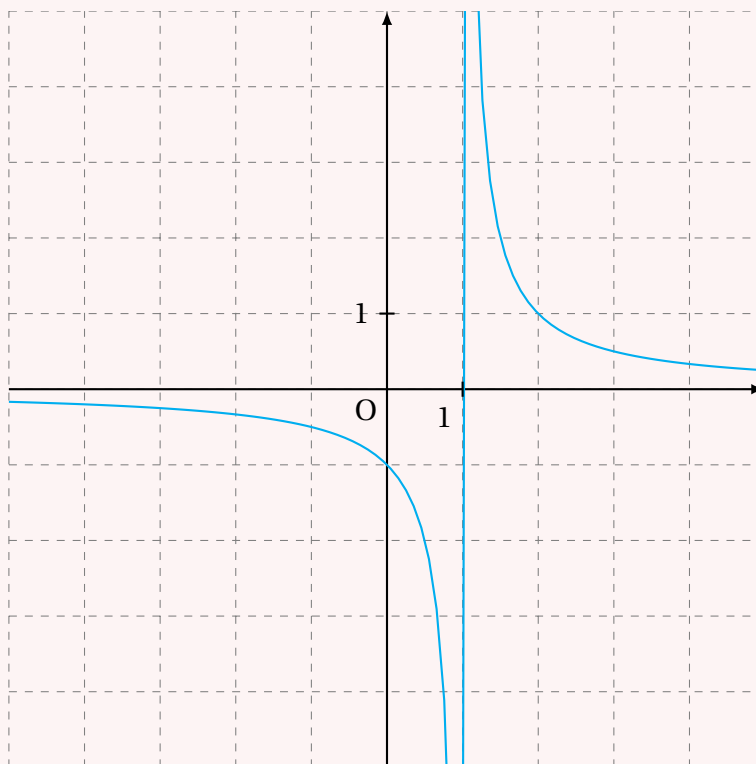
Exercice 7.9 (tableau de variations avec valeur interdite)

On considère la fonction f définie sur \mathbb{R} par :

$$f(x) = \frac{1}{x-1}$$

dont la courbe représentative dans un repère orthonormé (dessinée à l'aide d'un logiciel de tracé de courbes) est donnée ci-dessous.

Construire le tableau de variations de f sur \mathbb{R} .



Solution page 199

Exercice 7.10 (lecture d'un tableau de variations)

On considère la fonction f définie sur $[-6;5]$ dont le tableau de variations est le suivant :

x	-6	-3	0	1	5
$f(x)$	2	5	-3	0	-4

- 1** Quel est le maximum de la fonction f sur $[-6;5]$?
- 2** Quel est le minimum de la fonction f sur $[-6;5]$?
- 3** Comparer $f(-5)$ et $f(-4)$. Justifier.

4 Peut-on comparer $f(-5)$ et $f(3)$? Justifier.

5 Peut-on comparer $f(-1)$ et $f(4)$? Justifier.

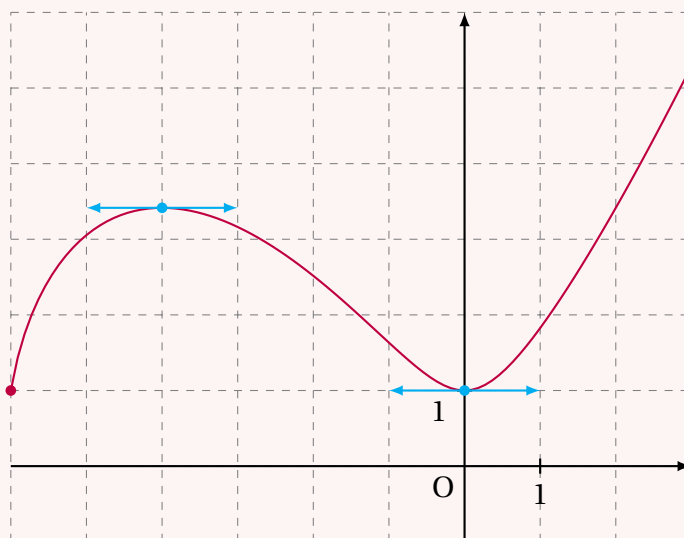
Solution page 199

Exercice 7.11 (tableau de variations)

On considère la fonction f définie sur $[-6;3]$ par :

$$f(x) = \sqrt{\frac{1}{3}x^3 + 2x^2 + 1}$$

dont la courbe représentative dans un repère orthonormé est la suivante :

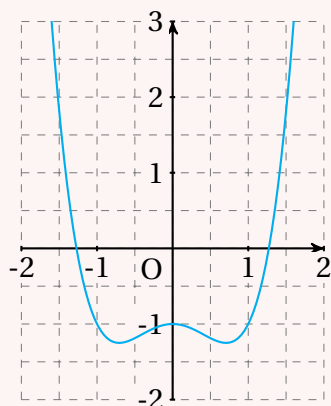


Construire le tableau de variations de f sur $[-6;3]$ en précisant les valeurs des extrema locaux (maximum et minimum dans cet intervalle).

Solution page 200

Exercice 7.12

On considère la fonction f définie sur $[-2;2]$ représentée par la courbe ci-dessous :



À l'aide du graphique, répondre aux questions suivantes.

- 1** Résoudre l'équation : $f(x) = -1$ sur $[-2;2]$.
- 2** Résoudre l'inéquation : $f(x) \geq -1$ sur $[-2;2]$.
- 3** Résoudre l'inéquation : $f(x) < -2$ sur $[-2;2]$.

Solution page 200

Exercice 7.13 (fonction impaire)

Soit f une fonction impaire telle que $f(0)$ existe.
Montrer que $f(0) = 0$.

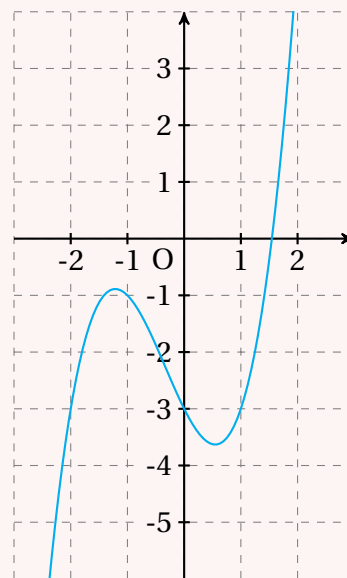
Solution page 200

Exercice 7.14

On considère la fonction f définie sur $[-3;3]$ représentée par la courbe ci-dessous :

À l'aide du graphique, répondre aux questions suivantes.

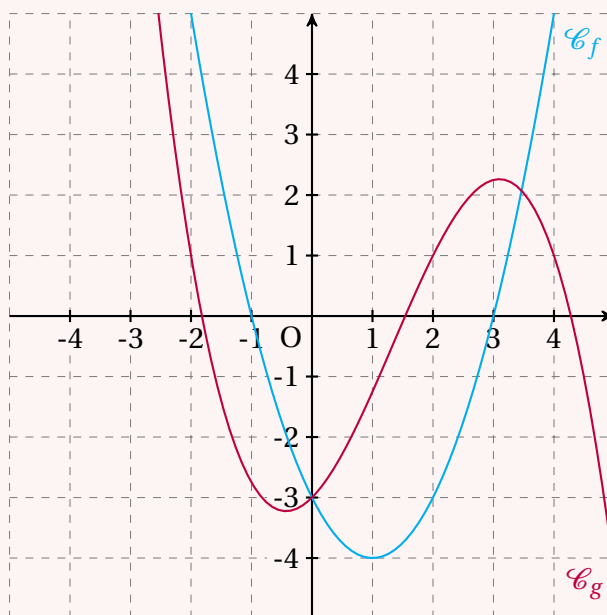
- 1** Résoudre l'équation : $f(x) = 0$ sur $[-3;3]$.
- 2** Résoudre l'inéquation : $f(x) \leq -3$ sur $[-3;3]$.
- 3** Résoudre l'inéquation : $f(x) > 0$ sur $[-3;3]$.



Solution page 201

Exercice 7.15

On considère deux fonctions f et g définies sur $[-5;5]$ dont les courbes représentatives sont dessinées ci-dessous :



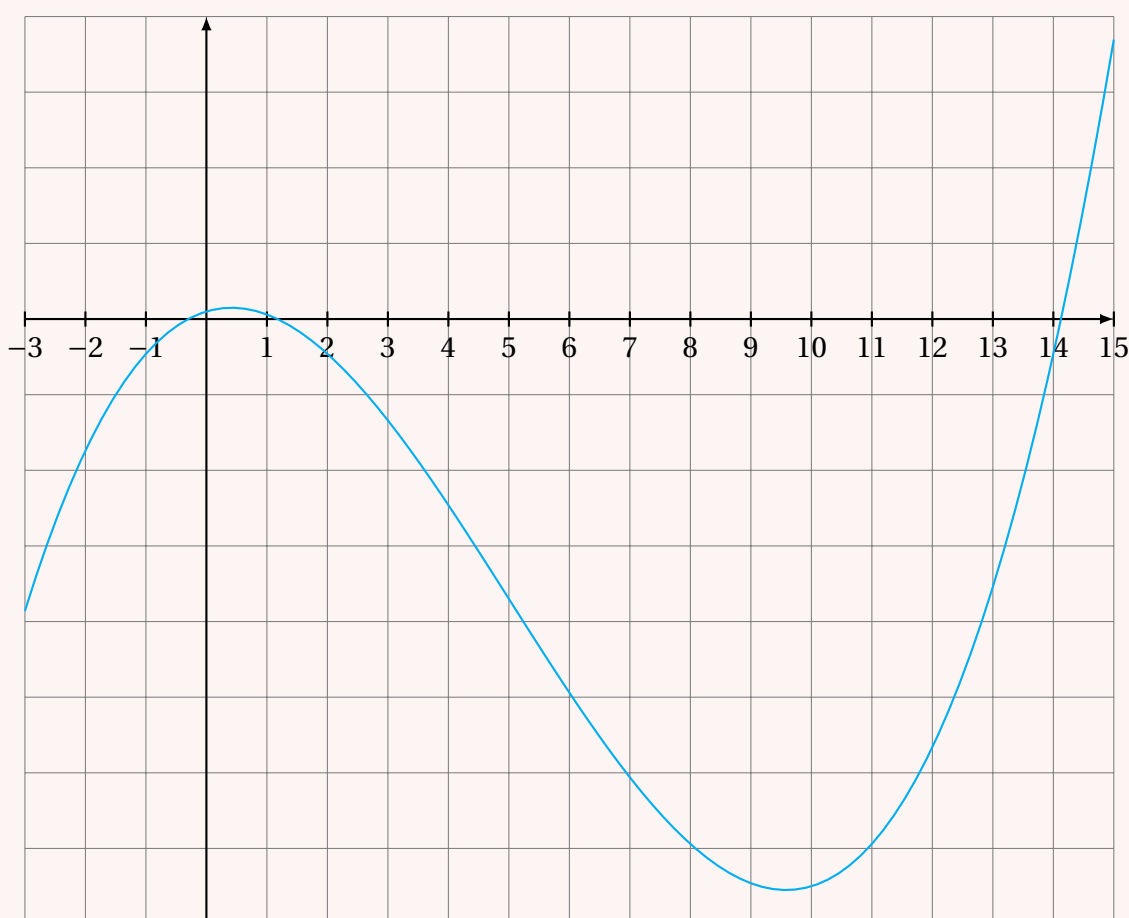
À l'aide du graphique, répondre aux questions suivantes.

- 1 Résoudre l'équation : $f(x) = g(x)$ sur $[-5;5]$.
- 2 Résoudre l'inéquation : $f(x) \leq g(x)$ sur $[-5;5]$.
- 3 Combien l'équation $g(x) = 3$ possède-t-elle de solution(s) ?
- 4 Dresser le tableau de variation de la fonction g sur $[-5;5]$.
- 5 Dresser un tableau de signes de la fonction g sur $[-5;5]$.

Solution page 202

Exercice 7.16 (Python)

Soit la fonction f définie par $f(x) = \frac{1}{5}x^3 - 3x^2 + \frac{12}{5}x + 1$ sur \mathbb{R} . Sa courbe représentative sur $[-3;15]$ est donnée ci-dessous :



- 1 Écrire un algorithme et un programme Python permettant de calculer l'image de toutes les valeurs de x pour $x \in [0;1]$ avec un pas de 0,01 et d'afficher le maximum de f sur cet intervalle ainsi que l'abscisse de ce maximum.
- 2 De même, écrire un algorithme et un programme Python permettant d'afficher le minimum de f sur $[9;11]$.

Solution page 204

Corrigé de l'exercice 7.1 page 185

- 1** La courbe représente bien une fonction malgré la singularité au point d'abscisse -1 (regardez bien ce qui se passe au point de coordonnées $(-1; 1)$: la courbe se « brise » mais ce n'est pas vraiment grave...). En effet, chaque valeur de x dans $[-5; 5]$ n'admet qu'une image $f(x)$: si on prend une valeur de x quelconque dans $[-5; 5]$, on ne peut trouver qu'un seul point de la courbe qui a pour abscisse x .
- 2** La courbe ne représente pas une fonction car il existe au moins un x pour lequel deux images par f existent. Par exemple, pour $x = 1$, les points de coordonnées $(1; 0,5)$ et $(1; -4)$ sont sur cette courbe.
- 3** Cette courbe ne représente pas une fonction car on voit qu'il existe plusieurs points de cette courbe dont l'abscisse vaut -2 .
- 4** La courbe représente bien une fonction car sur $[-5; 5]$, chaque valeur de x admet une unique image.
- 5** Cette courbe représente bien une fonction malgré le fait qu'elle possède un « trou » sur $[1; 2]$. En effet, chaque valeur de x dans $[-5; 1]$ possède une unique image et il en est de même pour chaque valeur de x dans $[2; 5]$.
- 6** Cette courbe n'est pas représentative d'une fonction car il existe au moins une valeur de x qui possède deux images. Par exemple, pour $x = 0$, il y a deux images : 3 et $-1,5$.

Corrigé de l'exercice 7.2 page 186

- 1** $f_1 : x \mapsto \frac{1}{x-8}$ est définie pour toutes les valeurs de x sauf quand $x - 8 = 0$ car le dénominateur d'une fraction ne peut pas être égal à 0 .
Or $x - 8 = 0 \iff x = 8$; donc il faut enlever « 8 » à l'ensemble des nombre réels pour que $f_1(x)$ existe.
Donc $\mathcal{D}_{f_1} = \mathbb{R} \setminus \{8\}$.
- 2** $f_2 : x \mapsto \frac{1}{x^2 - 4}$ est définie pour toutes les valeurs de x sauf pour les valeurs telles que $x^2 - 4 = 0$.
Or, $x^2 - 4 = 0 \iff (x - 2)(x + 2) = 0 \iff x = 2$ ou $x = -2$.
On doit donc enlever à \mathbb{R} les valeurs -2 et 2 .
Donc $\mathcal{D}_{f_2} = \mathbb{R} \setminus \{-2; 2\}$.
- 3** $f_3 : x \mapsto \sqrt{x-7}$ est définie uniquement si $x - 7 \geq 0$, donc si $x \geq 7$.
Ainsi, $\mathcal{D}_{f_3} = [7; +\infty[$.
- 4** $f_4 : x \mapsto \sqrt{x^2 + 1}$ est définie uniquement si $x^2 + 1 \geq 0$. Or, pour toutes les valeurs de x réelles, $x^2 \geq 0$ donc $x^2 + 1 \geq 1$. Donc $f_4(x)$ existe toujours, quelle que soit la valeur de x .

Donc $\mathcal{D}_{f_4} = \mathbb{R}$.

- 5 $f_5 : x \mapsto x^2 - 5x + 1$ est définie pour toutes les valeurs que x peut prendre car on peut toujours calculer $x^2 - 5x + 1$.

Donc $\mathcal{D}_{f_5} = \mathbb{R}$.

- 6 $f_6 : x \mapsto \sqrt{\frac{-8}{x-1}}$ est définies uniquement si $\frac{-8}{x-1} \geq 0$ et si $x-1 \neq 0$, c'est-à-dire si $x-1 < 0$, soit $x < 1$.

Donc $\mathcal{D}_{f_6} =]-\infty; 1[$.

Corrigé de l'exercice 7.3 page 186

- 1 $f(x) = 5 + 2x$. Son domaine de définition est $[0; +\infty[$ car x ne peut pas être négatif (vu que x représente un nombre d'heures).

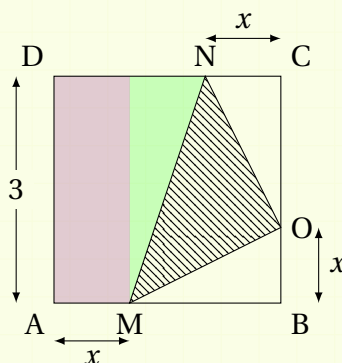
- 2 • L'aire du carré ABCD est : 9.

- L'aire des triangles MBO et NCO est : $\frac{x(3-x)}{2}$.

- L'aire du trapèze AMND est la somme des aires des figures violette et verte :

$$3x + \frac{3(3-2x)}{2} = \frac{6x+9-6x}{2} = \frac{9}{2}$$

(soit la moitié de l'aire du carré ABCD... coïncidence? Je ne crois pas...)



L'aire du triangle MON est donc :

$$f(x) = 9 - \frac{9}{2} - 2 \times \frac{x(3-x)}{2} = \frac{9}{2} - x(3-x) = x^2 - 3x + \frac{9}{2}.$$

Son domaine de définition est $[0; 3]$ car x ne peut pas être négatif ni plus grand que la mesure d'un côté de ABCD.

- 3 Le triangle ABC est rectangle en C donc :

$$\cos x = \frac{AC}{5} \quad ; \quad \sin x = \frac{BC}{5}$$

donc $AC = 5 \cos x$ et $BC = 5 \sin x$.

L'aire de ABC est donc $f(x) = \frac{AC \times BC}{2} = \frac{25}{2} \sin x \cos x$.

x étant un angle aigu, le domaine de définition de f est $[0; 90[$, si x est exprimé en degrés.

4 Le carré du précédent de x est $(x-1)^2$.

Le carré du suivant de x est $(x+1)^2$.

Ainsi, $f(x) = (x-1)^2 - (x+1)^2 = -4x$. C'est une fonction linéaire dont le domaine de définition est \mathbb{R} .

5 L'aire du disque de rayon 3 est : 9π (formule : $\pi \times r^2$).

L'aire du disque de rayon x est : πx^2 .

L'aire du « petit disque » est : $(3-x)^2\pi$.

Ainsi, l'aire blanche est :

$$9\pi - \pi x^2 - (3-x)^2\pi = [9 - x^2 - (9 - 6x + x^2)]\pi \\ = (6x - 2x^2)\pi$$

$$f(x) = 2x(3-x)\pi$$

Le domaine de définition de f est $[0; 3]$.

Corrigé de l'exercice 7.4 page 187

1 Le périmètre d'un carré de côté x est égal à $4x$. Donc :

$$p : x \mapsto 4x \quad \text{ou} \quad p(x) = 4x.$$

2 L'aire d'un carré de côté x est égale à x^2 . Donc :

$$\mathcal{A} : x \mapsto x^2 \quad \text{ou} \quad \mathcal{A}(x) = x^2.$$

3 L'aire de ABC est égale à $\frac{AB \times AC}{2}$ car il est rectangle en A.

$$\frac{AB \times AC}{2} = \frac{10 \times x}{2} = 5x.$$

Donc :

$$f : x \mapsto 5x \quad \text{ou} \quad f(x) = 5x.$$

4 D'après le théorème de Pythagore,

$$BC = \sqrt{AB^2 + AC^2} = \sqrt{10^2 + x^2} = \sqrt{100 + x^2}.$$

Donc :

$$c : x \mapsto \sqrt{100 + x^2} \quad \text{ou} \quad c(x) = \sqrt{100 + x^2}.$$

Corrigé de l'exercice 7.5 page 187

1 $f(R) = U = RI = 5R$ d'après la loi d'Ohm.

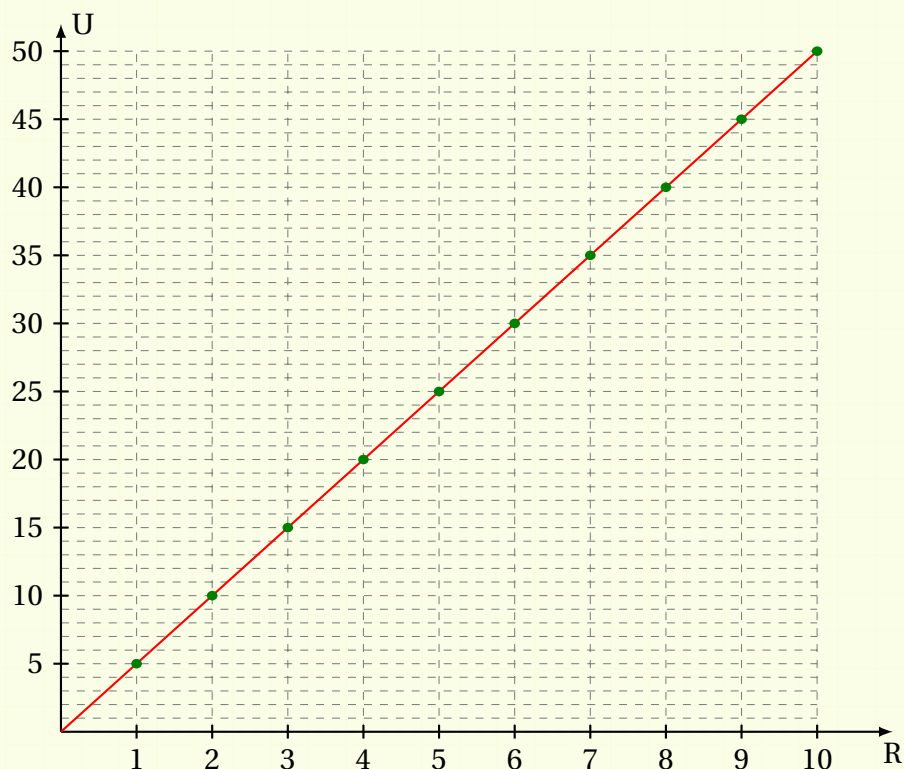
2 Tableau de valeurs de la fonction f sur $[1; 10]$ avec un pas de 1 :

R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f(R)$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Remarque 63

C'est un tableau de proportionnalité.

3 Courbe représentative de f dans un repère orthonormé :



Remarque 64

On reconnaît ici la représentation d'une fonction linéaire : c'est une droite qui passe par l'origine du repère.

Corrigé de l'exercice 7.6 page 188

Sur **CASIO**, appuyer sur la touche [MENU], puis appuyer sur la touche [7] (ou sélectionner [TABLE]).

Ensuite, entrer l'expression de chaque fonction en Y1, Y2 et Y3. Noter que la touche $[X, t, \theta, n]$ est à utiliser pour la variable X. Valider en appuyant sur la touche [EXE].

Pour construire le tableau de valeurs d'une fonction, positionnez-vous sur la ligne correspondant à la fonction souhaitée, puis appuyer sur la touche [F5] (SET) pour paramétrer la valeur initiale et la valeur finale de x , en précisant le pas (Step).

Sur TI, appuyer sur la touche $[f(x)]$ pour rentrer l'expression des fonctions en Y1, Y2 et Y3. Noter que la touche $[X, t, \theta, n]$ est à utiliser pour la variable X. Valider en appuyant sur la touche [ENTRER].

Pour paramétrer le tableau de valeurs, appuyer sur $[2nd]+[F4]$ (afin de sélectionner "TblSet").

1 Ici, pour la **CASIO**, on entrera :

- Start : -5
- End : 5
- Step : 1

Pour la **T.I.**, on entrera :

- TblStart : -5
- Δtbl : 1

On obtient :

x	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	46	34	24	16	10	6	4	4	6	10	16

2 Ici, pour la **CASIO**, on entrera :

- Start : -1
- End : 6
- Step : 0.25

Pour la **T.I.**, on entrera :

- TblStart : -1
- Δtbl : 0.25

On obtient :

x	-1	0	1	2	2,25	2,5	2,75	3,25	3,5	3,75	4	5	6
$g(x)$	-0,25	-0,333	-0,5	-1	-1,333	-2	-4	4	2	1,333	1	0,5	0,333

3 Ici, pour la **CASIO**, on entrera :

- Start : -2
- End : 2
- Step : 0.5

Pour la **T.I.**, on entrera :

- TblStart : -2
- Δtbl : 0.5

On obtient :

x	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2
$h(x)$	0	1,323	1,732	1,936	2	1,936	1,732	1,323	0

Corrigé de l'exercice 7.7 page 188

Remarque 65

Pour voir si un point appartient à la courbe représentative d'une fonction f , on doit vérifier si son ordonnée est égale à l'image de son abscisse par la fonction f ; autrement dit,

$$M(x; y) \in \mathcal{C}_f \iff y = f(x).$$

1 $f(x) = -5x + 2$, $A(-1; 7)$.

$$f(-1) = -5 \times (-1) + 2 = 5 + 2 = 7 = y_A. \text{ Donc } A \in \mathcal{C}_f.$$

2 $f(x) = x^2 + x + 1, A(-2;3).$

$f(-2) = (-2)^2 + (-2) + 1 = 4 - 2 + 1 = 2 + 1 = 3 = y_A$ donc $A \in \mathcal{C}_f$.

3 $f(x) = \frac{1}{x^2 + 1}, A(2;0,25).$

$f(2) = \frac{1}{2^2 + 1} = \frac{1}{4 + 1} = \frac{1}{5} = 0,2 \neq y_A.$ Donc $A \notin \mathcal{C}_f$.

4 $f(x) = \sqrt{x^2 + 1}, A(\sqrt{2};\sqrt{3}).$

$f(\sqrt{2}) = \sqrt{\sqrt{2}^2 + 1} = \sqrt{2 + 1} = \sqrt{3} = y_A$ donc $A \in \mathcal{C}_f$.

Corrigé de l'exercice 7.8 page 188

1 Soit $f(x) = -3x + 2.$

a. Donner l'image des nombres $-1, 0$ et $\sqrt{2}$ par la fonction $f.$

$$f(-1) = -3 \times (-1) + 2 = 5 \quad ; \quad f(0) = -3 \times 0 + 2 = 2 \quad ;$$

$$\underline{f(\sqrt{2}) = -3\sqrt{2} + 2.}$$

b. -1 est-il un antécédent de 1 par la fonction $f?$

$$f(-1) = -3 \times (-1) + 2 = 3 + 2 = 5 \neq 1.$$

-1 n'est donc pas un antécédent de 1 par la fonction $f.$

c. Trouver tous les antécédents de -3 par la fonction $f.$

Rechercher les antécédents de -3 par f revient à trouver toutes les valeurs de x telles que $f(x) = -3.$ Il faut donc résoudre cette équation.

$$f(x) = -3 \iff -3x + 2 = -3$$

$$\iff -3x = -5$$

$$\iff x = \frac{5}{3}.$$

Ainsi, le seul antécédent de -3 par f est $\frac{5}{3}.$

2 $g(x) = x^2 - 5x + 2.$

a. Donner l'image des nombres $-1, 1$ et $\sqrt{2}$ par la fonction $g.$

$$g(-1) = (-1)^2 - 5(-1) + 2 = 8 \quad ; \quad g(1) = 1^2 - 5 \times 1 + 2 = -2 \quad ;$$

$$\underline{g(\sqrt{2}) = \sqrt{2}^2 - 5\sqrt{2} + 2 = 4 - 5\sqrt{2}.}$$

b. -2 est-il un antécédent de 1 par la fonction $g?$

$$g(-2) = (-2)^2 - 5(-2) + 2 = 4 + 10 + 2 = 16 \neq 1.$$

-2 n'est donc pas un antécédent de 1 par $g.$

c. Donner tous les antécédents de 2 par la fonction g .

$$g(x) = 2 \iff x^2 - 5x + 2 = 2$$

$$\iff x^2 - 5x = 0$$

$$\iff x(x - 5) = 0$$

$$\iff x = 0 \text{ ou } x = 5.$$

Les antécédents de 2 par g sont donc 0 et 5.

Corrigé de l'exercice 7.9 page 189

Avant de construire le tableau de variations de f , remarquons qu'il a été tracée une droite verticale en $x = 1$. Cette droite ne fait pas partie de la courbe mais a été tracée par le logiciel automatiquement pour signifier qu'en $x = 1$, il y a une valeur interdite. En effet, l'expression de la fonction montre que l'on divise par $x - 1$ et que ce n'est pas possible de le faire quand $x - 1 = 0$, soit quand $x = 1$.

De plus, il semblerait que la courbe se rapproche de l'axe des abscisses aux infinis, donc que $f(x)$ se rapproche de 0 aux infinis.

Le tableau de variations de f est donc le suivant :

x	$-\infty$	1	$+\infty$
$f(x)$	0 ↘ $-\infty$	$+\infty$ ↘ 0	

Corrigé de l'exercice 7.10 page 189

1 Le maximum de la fonction f sur $[-6; 5]$ est 5 ; il est atteint pour $x = -3$.

2 Le minimum de la fonction f sur $[-6; 5]$ est -4 ; il est atteint pour $x = 5$.

3 $-6 < -5 < -4 < -3$. De plus, sur $[-6; -3]$, f est strictement croissante donc $f(-6) < f(-5) < f(-4) < f(-3)$ (les images sont rangées dans le même ordre que les antécédents quand la fonction est strictement croissante).

Ainsi, $f(-5) < f(-4)$.

4 $-6 < -5 < -3$ et f est strictement croissante sur $[-6; -3]$ donc $f(-6) < f(-5) < f(-3)$, soit $2 < f(-5) < 5$.

De plus, $1 < 3 < 5$ et f est strictement décroissante sur $[1; 5]$ donc $f(1) > f(3) > f(5)$, soit $0 > f(3) > -4$, que l'on peut aussi écrire : $- < f(3) < 0$.

Donc $f(3)$ est négatif et $f(-5)$ est positif.

Ainsi, $f(-5) > f(3)$.

5 De la même manière, $-3 < f(-1) < 5$ et $-4 < f(4) < 0$. On ne peut donc pas comparer $f(-1)$ et $f(4)$ car les intervalles sur lesquels ils sont (à savoir $] -3; 5[$ et $] -4; 0[$) ne sont pas disjoints, c'est-à-dire que leur réunion n'est pas vide.

Corrigé de l'exercice 7.11 page 190

Avant de construire le tableau de variations de f , calculons la valeur du minimum et du maximum :

- il y a un maximum pour $x = -4$, et :

$$f(-4) = \sqrt{\frac{1}{3} \times (-4)^3 + 2 \times (-4)^2 + 1} = \sqrt{-\frac{64}{3} + 32 + 1} = \sqrt{\frac{35}{3}}.$$

- il y a un minimum pour $x = 0$ et $f(0) = 1$.
- $f(-6) = 1$.
- $f(3) = 2\sqrt{7}$.

Le tableau de variations de f est donc le suivant :

x	-6	-4	0	3
$f(x)$	1	$\sqrt{\frac{35}{3}}$	1	$2\sqrt{7}$

Corrigé de l'exercice 7.12 page 190

- 1** La droite horizontale passant par $y = -1$ coupe la courbe en 3 points d'abscisses respectives -1 , 0 et 1 . Ainsi, l'équation $f(x) = -1$ admet pour ensemble solution :

$$S = \{-1; 0; 1\}$$

- 2** Les parties de la courbe se trouvant au-dessus de la droite horizontale passant par $y = -1$ (ou sur cette droite) se trouvent respectivement sur $[-2; -1]$, $[1; 2]$ et au point d'abscisse 0 . L'inéquation $f(x) \geq -1$ admet donc pour ensemble solution :

$$S = [-2; -1] \cup \{0\} \cup [1; 2]$$

- 3** La courbe n'est jamais sous de la droite horizontale passant par $y = -2$ donc l'inéquation $f(x) < -2$ admet pour ensemble solution :

$$S = \emptyset \quad (\text{ensemble vide})$$

Corrigé de l'exercice 7.13 page 191

f est impaire donc pour tout x de son domaine de définition, $f(-x) = -f(x)$.

$f(0)$ existe donc, en remplaçant x par 0 dans l'égalité $f(-x) = -f(x)$, on a les équivalences page suivante.

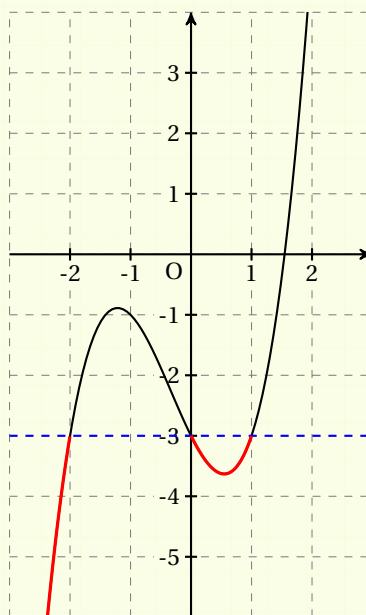
$$\begin{aligned}
 f(-0) = -f(0) &\iff f(0) = -f(0) \\
 &\iff f(0) + f(0) = 0 \\
 &\iff 2f(0) = 0 \\
 &\iff \frac{2f(0)}{2} = \frac{0}{2} \\
 &\iff \underline{f(0) = 0}.
 \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 7.14 page 191

- 1** La courbe semble couper l'axe des abscisses en $x = 1,5 = \frac{3}{2}$. Ainsi, $f(x) = 0$ admet pour ensemble solution :

$$S = \left\{ \frac{3}{2} \right\}$$

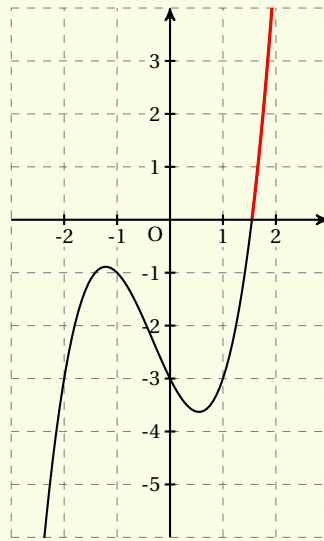
- 2** Les solutions de l'inéquation $f(x) \leq -3$ sont les valeurs de x pour lesquelles les points de la courbe d'abscisse x sont sous la droite horizontale passant par $y = -3$, donc sur les parties en rouge ci-dessous :



Ces parties sont sur les intervalles $[-3; -2]$ et $[0; 1]$ donc l'ensemble solution de l'inéquation $f(x) \leq -3$ est :

$$S = [-3; -2] \cup [0; 1]$$

- 3** Les solutions de l'inéquation $f(x) > 0$ sont les valeurs de x pour lesquelles les points de la courbe d'abscisse x sont au-dessus de l'axe des abscisses, donc sur la branche rouge ci-dessous :

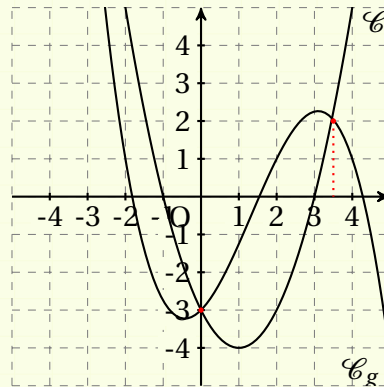


Donc l'ensemble solution de l'inéquation $f(x) > 0$ sur $[-3; 3]$ est :

$$S = \left] \frac{3}{2}; 3 \right]$$

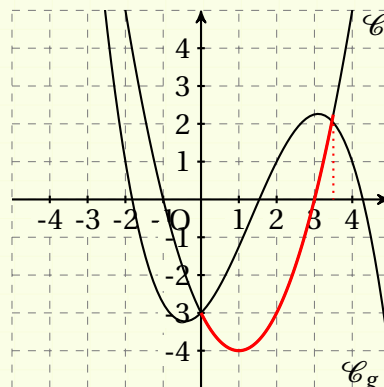
Corrigé de l'exercice 7.15 page 191

- 1** Les solutions de l'équation $f(x) = g(x)$ sont les abscisses des points d'intersection de \mathcal{C}_f et \mathcal{C}_g . Il y a deux points d'intersection (en rouge page suivante).



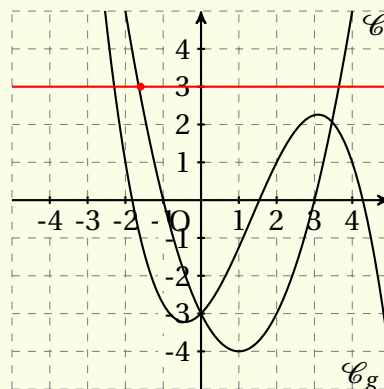
Les solutions à l'équation $f(x) = g(x)$ sont donc $x = 0$ et $x = 3,5$.

- 2 Repassons en rouge la partie de la courbe \mathcal{C}_f sous \mathcal{C}_g :



La partie repassée en rouge correspond aux images des x compris entre 0 à 3,5.
Donc, l'inéquation a pour solution l'intervalle $[0; 3,5]$.

- 3 Pour savoir combien l'équation $f(x) = 3$ admet de solution(s), on regarde combien il y a de points d'intersection entre la droite d'équation $y = 3$ et \mathcal{C}_f :



Il n'y a qu'un seul point d'intersection donc il n'y a qu'une solution à l'équation $f(x) = 3$.

- 4 Le tableau de variations de la fonction g est :

x	-5	-0,5	3,1	5
$g(x)$		-3,2	2,2	-4,2

- 5 Le tableau de signes de la fonction g est :

x	-5	-1,9	1,5	4,4	5
$g(x)$	+	0	-	0	-

Remarque 66

Les valeurs mises pour les deux dernières réponses sont approximatives.

Corrigé de l'exercice 7.16 page 192

- 1 Sur $[0; 1]$, on voit en effet que la fonction f admet un maximum.

```
Initialisation:
M ← 0 (variable où sera stockée
le maximum)
xmax ← 0 (variable où sera
stockée l'abscisse du maximum)
Traitement:
  Pour x allant de 0 à 1 avec un
  pas de 0.01:
    Si  $f(x) > M$ :
      M ←  $f(x)$ 
      xmax ← x
    Fin du Si
  Fin du Pour
```

Dans cet algorithme, on parcourt l'intervalle $[0; 1]$ avec un pas de 0,01 (« Pour x allant de 0 à 1 avec un pas de 0.01 : ») et pour chaque valeur de x , on compare $f(x)$ à la valeur stockée dans M ; si $f(x) > M$ alors la valeur stockée dans M n'est pas le maximum, donc on la remplace par $f(x)$.

Le programme Python correspondant est :

Code Python 7-14

```
1 M, xmax, x = 0,0,0
2 while x <= 1:
3     if 0.2*x*x*x-3*x*x+2.4*x+1 > M:
4         M = 0.2*x*x*x-3*x*x+2.4*x+1
5         xmax = x
6     x += 0.01
7 print(xmax,M)
```

Ici, j'ai utilisé une boucle « Tant que » (while) à la place d'une boucle « Pour » pour plus de facilité. Il m'a donc fallu introduire une autre variable x qui s'incrémente de 0.01 et 0.01.

Le programme affiche alors $x_{\max}=0,42$ et $M=1,4936176$.

Remarque 67

Si vous suivez l'enseignement de spécialité en 1^{re}, vous saurez démontrer qu'en fait, l'abscisse du maximum est $x = 5 - \sqrt{21} \approx 0,4174$.

2 Sur $[9; 11]$, on a l'algorithme suivant :

```
Initialisation:
m ← 0 (variable où sera stockée
le minimum)
xmin ← 9 (variable où sera
stockée l'abscisse du minimum)
Traitement:
  Pour x allant de 9 à 11 avec un
  pas de 0.01:
    Si f(x) < m:
      m ← f(x)
      xmin ← x
    Fin du Si
  Fin du Pour
```

Le programme Python est alors :

Code Python 7-15

```
1 m, xmin, x = 0,9,9
2 while x <= 11:
3     if 0.2*x*x*x-3*x*x+2.4*x+1 < m:
4         m = 0.2*x*x*x-3*x*x+2.4*x+1
5         xmin = x
6     x += 0.01
7 print(xmin,m)
```

Ce programme affiche alors $x_{\min}=9,58$ et $m=-75,4936$.

Remarque 68

On peut montrer que $x_{\min} = 5 + \sqrt{21} \approx 9,58258$ donc le programme est assez performant.

Fonctions Affines et linéaires. Tableaux de signes.



Plan du chapitre

I	Fonctions affines et linéaires	207
1	Fonctions affines (rappels de collège)	207
a	Définition	207
b	Signe d'une fonction affine	207
2	Fonctions linéaires	208
II	Équations-produits (rappels)	209
III	Inéquations-produits	210
1	Définition et méthode de résolution	210
2	Exemple de résolution	210
IV	Inéquations-quotients	211
1	Définition et méthode de résolution	211
2	Exemple de résolution	211
	Exercices	212
	Corrigés	216

1 - Fonctions Affines et linéaires

1.1 - Fonctions affines (rappels de collège)

1.1.a - Définition

Définition 45

Une fonction f est une **fonction affine** si, pour tout réel x ,

$$f(x) = mx + p, \quad m \in \mathbb{R}, p \in \mathbb{R}.$$

Une fonction affine est représentée dans un repère par une droite. Tout ce qui a été vu dans le chapitre 6 sera donc utile quand on parlera de fonctions affines.

m est donc le **coefficient directeur** de la droite représentative de la fonction, et p est l'**ordonnée à l'origine**, c'est-à-dire l'ordonnée du point d'intersection de la droite avec l'axe des ordonnées.

1.1.b - Signe d'une fonction affine

Propriété 40 (signe d'une fonction affine)

Soit $f(x) = mx + p$, où $m \neq 0$.

- Si $m < 0$ alors le signe de $f(x)$ est donné par le tableau suivant :

x	$-\infty$	$-\frac{p}{m}$	$+\infty$
$f(x)$	+	0	-

- Si $m > 0$ alors le signe de $f(x)$ est donné par le tableau suivant :

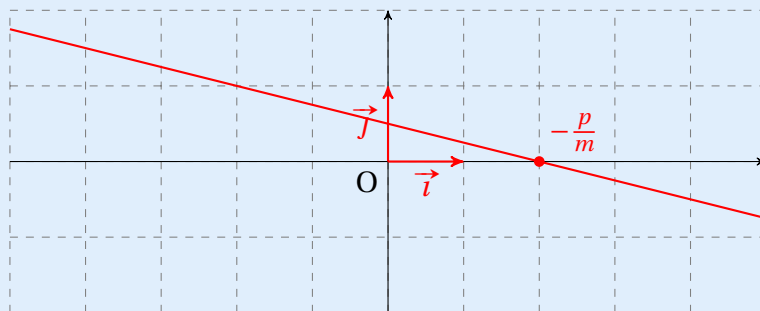
x	$-\infty$	$-\frac{p}{m}$	$+\infty$
$f(x)$	-	0	+

En effet,

- d'une part, résolvons l'équation $f(x) = 0$:

$$\begin{aligned} f(x) = 0 &\iff mx + p = 0 \\ &\iff mx = -p \\ &\iff x = -\frac{p}{m} \text{ car } m \neq 0. \end{aligned}$$

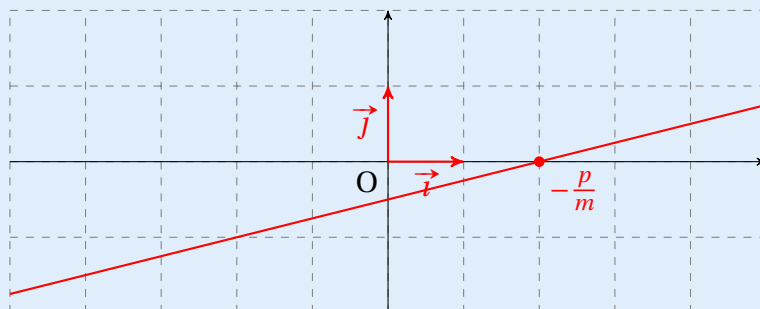
- d'autre part, si $m < 0$ alors la fonction est décroissante. On a donc la situation suivante :



La droite est **au-dessus** de l'axe des abscisses pour $x < -\frac{p}{m}$, ce qui signifie que $f(x) > 0$ sur $]-\infty; -\frac{p}{m}[$, et donc $f(x) < 0$ sur $]-\frac{p}{m}; +\infty[$, d'où le tableau de signes :

x	$-\infty$	$-\frac{p}{m}$	$+\infty$
$f(x)$	+	0	-

Et si $m > 0$, la fonction est croissante :



La droite est **au-dessus** de l'axe des abscisses pour $x < -\frac{p}{m}$, ce qui signifie que $f(x) > 0$ sur $]-\infty; -\frac{p}{m}[$, et donc $f(x) < 0$ sur $]-\frac{p}{m}; +\infty[$, d'où le tableau de signes :

x	$-\infty$	$-\frac{p}{m}$	$+\infty$
$f(x)$	-	0	+

Remarque 69

Dans le cas où $m = 0$, $f(x) = p$ donc $f(x)$ est du signe de p sur \mathbb{R} .

1.2 - Fonctions linéaires

Définition 46

Une fonction f est une **fonction linéaire** si pour tout réel x ,

$$f(x) = mx, \quad m \in \mathbb{R}.$$

C'est un cas particulier de fonctions affines.

La représentation graphique d'une fonction linéaire est une droite passant par l'origine du repère.

Propriété 41

Soit $f(x) = mx$, avec $m \neq 0$.

- Si $m < 0$ alors le signe de $f(x)$ est donné par le tableau suivant :

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

- Si $m > 0$ alors le signe de $f(x)$ est donné par le tableau suivant :

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

II - Équations-produits (rappels)

Définition 47

Une **équation-produit** (sous-entendu *équation-produit nul*) est une équation dont un membre est le produit de plusieurs fonctions affines ou linéaires et dont le second membre est le nombre 0.

Exemple 62

- 1 $(2x - 1)(3x + 8) = 0$ est une équation-produit. Le membre de gauche est le produit des fonctions affines $x \mapsto 2x - 1$ et $x \mapsto 3x + 8$.
- 2 $-2x(5 - 3x)$ est aussi une équation-produit. Le membre de gauche est le produit de la fonction linéaire $x \mapsto -2x$ et de la fonction affine $x \mapsto 5 - 3x$.

Théorème 1 (du produit nul : TPN)

Un produit est nul si et seulement si l'un de ses facteurs est nul.

Exemple 63

$$\begin{aligned}(2x - 1)(3x + 8) = 0 &\iff 2x - 1 = 0 \quad \text{ou} \quad 3x + 8 = 0 \\ &\iff 2x = 1 \quad \text{ou} \quad 3x = -8 \\ &\iff x = \frac{1}{2} \quad \text{ou} \quad x = -\frac{8}{3}.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $(2x - 1)(3x + 8) = 0$ est donc $S = \left\{ \frac{1}{2}; -\frac{8}{3} \right\}$.

III - Inéquations-produits

III.1 - Définition et méthode de résolution

Définition 48

Une **inéquation-produit** (sous-entendu *inéquation-produit nul*) est une inéquation dont un membre est le produit de plusieurs fonctions affines ou linéaires et dont le second membre est le nombre 0.

Exemple 64

- 1 $(2x - 1)(3x + 8) < 0$ est une inéquation-produit.
- 2 $(8x - 7)(6x - 3)(7x + 1) \geq 0$ est une inéquation-produit.

Remarque 70

Pour résoudre une inéquation-produit,

- on cherche le signe de chaque facteur ;
- on dresse un tableau dans lequel chaque ligne contient les différents signes de chaque facteur (1 ligne par facteur) ;
- la dernière ligne est le signe « bilan », trouvé avec la règle des signes.

III.2 - Exemple de résolution

On souhaite résoudre l'inéquation : $(3x - 5)(-7x - 8) \leq 0$.

- **On cherche le signe de chaque facteur.**

Pour cela, on résout les inéquations suivantes (ou on utilise la propriété 40).

$$\begin{aligned} 3x - 5 > 0 &\iff 3x > 5 \\ &\iff x > \frac{5}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -7x - 8 > 0 &\iff -7x > 8 \\ &\iff x < -\frac{8}{7} \end{aligned}$$

- **On en déduit le tableau de signes.**

x	$-\infty$	$-\frac{8}{7}$	$\frac{5}{3}$	$+\infty$
$3x - 5$	-	-	0	+
$7x - 8$	+	0	-	-
$(3x - 5)(7x - 8)$	-	0	+	-

Le produit
est ici négatif
ou nul

Le produit
est ici négatif
ou nul

Donc l'ensemble solution de l'inéquation est : $S = \left] -\infty; -\frac{8}{7} \right] \cup \left[\frac{5}{3}; +\infty \right[$.

IV - Inéquations-quotients

IV.1 - Définition et méthode de résolution

Définition 49

Une **inéquation-quotient** est une inéquation où un membre est de la forme $\frac{N(x)}{D(x)}$, où $N(x)$ et $D(x)$ sont des produits de fonctions affines.

Exemple 65

1 $\frac{3-2x}{7x+6} \geq 0$ est une inéquation-quotient.

2 $\frac{(8x+5)(6x-3)}{x+1} < 0$ est une inéquation-quotient.

Pour résoudre une inéquation-quotient, on procède de la même façon que pour les inéquations-produits, à ceci près que l'on doit toujours exclure sur la dernière ligne du tableau de signes les valeurs de x qui annulent le dénominateur. Cela se traduit par des **doubles barres**, symbolisées par « || », au niveau des valeurs de x à exclure.

IV.2 - Exemple de résolution

On souhaite résoudre l'inéquation : $\frac{(7x-21)(20-5x)}{8x+16} \geq 0$.

En utilisant la propriété 40 pour connaître le signe des facteurs, on complète le tableau de signes :

x	$-\infty$	-2	3	4	$+\infty$		
$7x - 21$	$-$	$-$	0	$+$	$+$		
$20 - 5x$	$+$	$+$		0	$-$		
$8x + 16$	$-$	0	$+$	$+$	$+$		
Quotient	$+$	$||$	$-$	0	$+$	0	$-$

On exclut $x = -2$ car le dénominateur du quotient s'annule pour cette valeur; le quotient n'est donc pas défini ici.

L'ensemble solution de l'inéquation est donc : $S =]-\infty; -2[\cup [3; 4]$ (on exclut -2).

Fonctions affines

Exercice 8.1 (établir l'expression de la fonction)

f est une fonction affine. Déterminer son expression dans chacun des cas suivants.

- 1 $f(0) = 2$ et $f(1) = 5$.
- 2 $f(-1) = -1$ et $f(1) = 1$.
- 3 $f(-3) = 2$ et $f(2) = -3$.
- 4 $f(5) = 1$ et $f(-5) = 2$.

Solution page 216

Exercice 8.2 (établir l'expression de la fonction)

f est une fonction affine. On note \mathcal{D} sa représentation graphique. Dans chacun des cas suivants, donner son expression.

- 1 \mathcal{D} a pour coefficient directeur -3 et passe par le point $A(0; 2)$.
- 2 \mathcal{D} coupe l'axe des ordonnées au point d'ordonnée 1 et passe par le point $B(-1; 0)$.
- 3 \mathcal{D} passe par les points $A(-3; 5)$ et $B(2; -1)$.

Solution page 217

Exercice 8.3 (taxi)

La compagnie de taxis « Charles à temps » propose les tarifs suivants :

- 1,40 € / km
- 0,25 € / min

- 1 Combien devra-t-on payer pour une course de 22,7 km faite en 22 minutes?
- 2
 - a. Je dois le rendre à 50 km de chez moi. Je note $f(t)$ la fonction représentant le prix que je devrai payer pour un trajet fait en t minutes .
Quelle est l'expression de $f(t)$?
 - b. Je n'ai que 30 minutes pour faire mon trajet. Je note $g(x)$ la fonction représentant le prix que je devrai payer pour x kilomètres parcourus.
Quelle est l'expression de $g(x)$?
- 3
 - a. Je dois me rendre à un endroit situé à 17 km de chez moi. En combien de temps au maximum le trajet doit-il être fait pour dépenser au maximum 30 €?
 - b. Est-ce réalisable sachant que je suis en ville et que la vitesse moyenne est d'environ 35 km/h?

Solution page 217

Exercice 8.4 (fonction définie par morceaux)

Une entreprise vend des vis au poids. Le prix est de :

- 0,15 € par gramme jusqu'à 100 grammes ;
- 0,07 € par gramme supplémentaire jusqu'à 200 grammes ;
- 0,05 € par gramme au-delà.

- 1** Quel est le coût total pour 52 grammes ? 130 grammes ? 220 grammes ?
- 2** On note $f(x)$ le prix à payer pour x grammes de vis achetées.
 - a.** Exprimer $f(x)$ pour $x \in [0; 100]$, $x \in]100; 200]$ et $x \in]200; +\infty[$.
- 3** Quelle quantité de vis a-t-on achetée si l'on a payé 11,25 € ? 19,20 € ? 57 € ?

Solution page 218

Exercice 8.5 (fonction par morceaux)

Dans un magasin bio, on peut acheter des lentilles en fonction de la masse selon la tarification suivante :

- 0,05 € par gramme jusqu'à 50 grammes ;
- 0,03 € par gramme supplémentaire jusqu'à 150 grammes ;
- 0,02 € par gramme au-delà.

- 1** Quel est le coût total pour 20 grammes ? 100 grammes ? 200 grammes ?
- 2** On note $f(x)$ le prix à payer pour x grammes de lentilles achetées.
 - a.** Exprimer $f(x)$ pour $x \in [0; 50]$, $x \in]50; 150]$ et $x \in]150; +\infty[$.
- 3** Quelle quantité de lentilles a-t-on achetée si l'on a payé 2,25 € ? 4,75 € ? 12,50 € ?

Solution page 220

Tableaux de signes

Exercice 8.6 (inéquations)

Résoudre les inéquations suivantes :

1 $(x-1)(x+2) \leq 0$

2 $(3x-2)(5x-7) \geq 0$

3 $(5x-1)(-x+9)(2x+1) > 0$

4 $\frac{2x+1}{2x-1} - \frac{2x-1}{2x+1} < \frac{2x+6}{4x^2-1}$

5 $\frac{5x+4}{2x-3} + \frac{(8-x)(10x+8)}{(2x-3)^2} \leq 0$

6 $\frac{(4-3x)(9x^2-10x-3)}{2x-7} < 4-3x$

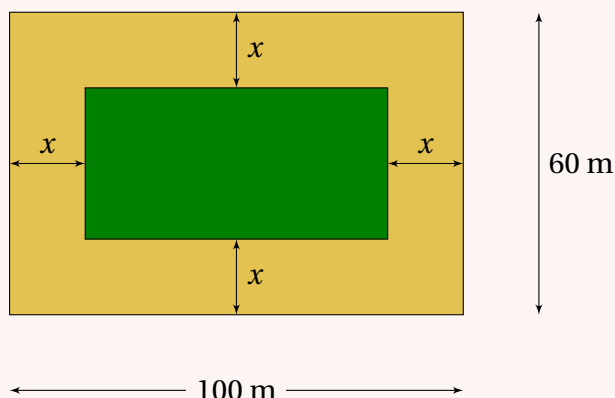
7 $\frac{1}{x-1} - \frac{1}{x+1} \leq \frac{1}{x} + \frac{2}{x(x^2-1)}$

8 $\frac{1-2x}{16x^2-9} \geq \frac{1-2x}{4x+3}$

Solution page 221

Exercice 8.7 (mise en inéquation)

Un jardin à forme rectangulaire est représenté ci-dessous :



On note $f(x)$ l'aire (en m^2) de la partie extérieure à l'espace vert.

- 1 Montrer que $f(x) = -4x(x - 80)$.
- 2 Montrer que $f(x) = -4(x - 40)^2 + 6400$.

On souhaite savoir pour quelles valeurs de x cette aire est inférieure ou égale à $1\,500 \text{ m}^2$.

- 3 Montrer alors que $(75 - x)(x - 5) \leq 0$.
- 4 Résoudre cette dernière inéquation et conclure.

Solution page 225

Exercice 8.8 (comparaison de deux fonctions)

On considère les fonctions f et g définies par :

$$f(x) = (4x - 1)(2 - 3x) \quad \text{et} \quad g(x) = -6x^2 - 5x + 6.$$

On note respectivement \mathcal{C}_f et \mathcal{C}_g les courbes représentatives de f et g .

- 1
 - a. Dresser le tableau de signes de $f(x)$.
 - b. En déduire les solutions de l'inéquation $f(x) \leq 0$.
- 2
 - a. Vérifier que $f(x) - g(x) = -2(x - 2)(3x - 2)$.
 - b. Étudier alors la position relative de \mathcal{C}_f et \mathcal{C}_g .
 - c. Comparer alors sans calcul $f\left(\frac{\pi}{2}\right)$ et $g\left(\frac{\pi}{2}\right)$.

Solution page 225

Exercice 8.9 (inéquations)

Résoudre les inéquations suivantes :

- 1 $(4x - 5)^2 \leq (12x - 15)(1 - x)$
- 2 $3x^3 > 12x$

Solution page 227

Exercice 8.10

On considère les fonctions f et g définies par :

$$f(x) = 2x^2 - x + 7 \quad \text{et} \quad g(x) = 2x^3 + 6x^2 - 7x + 7.$$

- 1** Vérifier que $f(x) - g(x) = 2x(1 - x)(x + 3)$.
- 2** Déterminer alors la position relatives des courbes représentatives des deux fonctions.

Solution page 227

Corrigé de l'exercice 8.1 page 212

Posons $f(x) = ax + b$.

1 $f(0) = 2$ et $f(1) = 5$.

- $f(0) = 2 \iff a \times 0 + b = 2 \iff b = 2$. Donc $f(x) = ax + 2$.
- $f(1) = 5 \iff a \times 1 + 2 = 5 \iff a = 5 - 2 = 3$.

Ainsi, $f(x) = 3x + 2$.

2 $f(-1) = -1$ et $f(1) = 1$.

- $f(-1) = -1 \iff a \times (-1) + b = -1 \iff -a + b = -1 \iff b = -1 + a$.
- $f(1) = 1 \iff a \times 1 + b = 1$
 $\iff a + b = 1$
 $\iff a + (-1 + a) = 1$
 $\iff 2a = 2$
 $\iff a = 1$.

On en déduit que $b = -1 + a = -1 + 1 = 0$, et donc $f(x) = x$.

3 $f(-3) = 2$ et $f(2) = -3$.

- $f(-2) = 3 \iff -2a + b = 3 \iff b = 3 + 2a$.
- $f(3) = -2 \iff 3a + b = -2 \iff b = -2 - 3a$.

On en déduit :

$$3 + 2a = -2 - 3a \iff 2a + 3a = -2 - 3 \iff 5a = -5 \iff a = -1$$

et donc :

$$b = 3 + 2a = 3 + 2 \times (-1) = 3 - 2 = 1.$$

Finalement, $f(x) = -x + 1$.

4 $f(5) = 1$ et $f(-5) = 2$.

- $f(5) = 1 \iff 5a + b = 1 \iff b = 1 - 5a$.
- $f(-5) = 2 \iff -5a + b = 2 \iff b = 2 + 5a$.

On en déduit que :

$$1 - 5a = 2 + 5a \iff -5a - 5a = 2 - 1 \iff -10a = 1 \iff a = -\frac{1}{10}$$

et donc :

$$b = 1 - 5a = 1 - 5 \times \left(-\frac{1}{10}\right) = 1 + \frac{5}{10} = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}.$$

Finalement, $f(x) = -\frac{1}{10}x + \frac{3}{2}$.

Corrigé de l'exercice 8.2 page 212

1 \mathcal{D} a pour coefficient directeur -3 et passe par le point $A(0;2)$.

- \mathcal{D} a pour coefficient directeur -3 donc $f(x) = -3x + p$.
- \mathcal{D} passe par le point $A(0;2)$ donc $f(0) = 2$, soit $p = 2$.

Ainsi, $f(x) = -3x + 2$.

2 \mathcal{D} coupe l'axe des ordonnées au point d'ordonnée 1 et passe par le point $B(-1;0)$.

- \mathcal{D} coupe l'axe des ordonnées au point d'ordonnée 1 donc $f(0) = 1$, c'est-à-dire $f(x) = mx + 1$.
- \mathcal{D} passe par le point $B(-1;0)$ donc $f(-1) = 0$, soit $-m + 1 = 0$, donc $m = 1$.

Finalement, $f(x) = x + 1$.

3 \mathcal{D} passe par les points $A(-3;5)$ et $B(2;-1)$. Posons $f(x) = mx + p$.

- \mathcal{D} passe par le point $A(-3;5)$ donc $f(-3) = 5$, soit $-3m + p = 5$, et donc $p = 5 + 3m$.
- \mathcal{D} passe par le point $B(2;-1)$ donc $f(2) = -1$, soit $2m + p = -1$, et donc $p = -1 - 2m$.

On en déduit alors que :

$$5 + 3m = -1 - 2m \iff 3m + 2m = -1 - 5 \iff 5m = -6 \iff m = -\frac{6}{5}$$

et donc :

$$p = 5 + 3m = 5 + 3 \times \left(-\frac{6}{5}\right) = 5 - \frac{18}{5} = \frac{7}{5}.$$

Finalement, $f(x) = -\frac{6}{5}x + \frac{7}{5}$.

Corrigé de l'exercice 8.3 page 212

1 Selon les tarifs proposés, si une course fait 22,7 km et que je paie 1,40 €/km, cela me fera :

$$22,7 \times 1,40 = 31,78 \text{ €}.$$

À cela s'ajoute le prix que je dois payer pour 22 minutes sachant que je dois payer 0,25 €/min, donc :

$$22 \times 0,25 = 5,5 \text{ euro}.$$

Je devrais donc payer :

$$31,78 + 5,5 = 37,28 \text{ euro}.$$

2 a. Dans cette question, je connais la distance (50 km), donc je sais que je vais payer :

$$50 \times 1,40 = 70 \text{ €}$$

en plus de 0,25 € par minute, donc en plus de 0,25 t (car un trajet dure t minutes).
Donc :

$$f(t) = 0,25t + 70$$

- b.** Dans cette question, je connais le temps (30 minutes) donc je sais que je vais payer :

$$1,40 \times 30 = 7,5 \text{ €}$$

en plus de 1,40 € par kilomètre, donc en plus de $1,4x$ pour x km de parcourus.
Donc :

$$g(x) = 1,4x + 7,5$$

- 3** Si je note x le nombre de kilomètres et t le nombre de minutes d'une course, alors le prix à payer est :

$$1,4x + 0,25t.$$

- a.** Dans cette question, je sais que $x = 17$ et je cherche à connaître t de sorte que le tarif soit inférieur ou égal à 30 €, donc :

$$1,4 \times 17 + 0,25t \leq 30$$

$$23,8 + 0,25t \leq 30$$

$$0,25t \leq 30 - 23,8$$

$$0,25t \leq 6,2$$

$$t \leq \frac{6,2}{0,25}$$

$$t \leq 24,8.$$

Ainsi, il faut que le trajet soit fait en moins de 25 minutes (si on arrondit à la minute près).

- b.** Dans cette question, je dois calculer le temps théorique d'une course de 17 km avec une vitesse moyenne de 35 km/h, à l'aide de la formule :

$$\text{vitesse} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$$

soit ici :

$$35 = \frac{17}{t}, \text{ soit : } t = \frac{17}{35} \approx 0,4857 \text{ h} = 0,4857 \times 60 \text{ min} \approx 29 \text{ min.}$$

On dépasse donc le temps imparti (25 minutes).

Corrigé de l'exercice 8.4 page 213

- 1** Quel est le coût total pour 52 grammes? 130 grammes? 220 grammes?

- $0 \leq 52 \leq 100$ donc le coût total pour 52 grammes est :

$$52 \times 0,15 = 7,80 \text{ €}.$$

- $100 < 130 \leq 200$ donc le coût total pour 130 grammes est :

$$100 \times 0,15 + (130 - 100) \times 0,07 = 17,10 \text{ €}.$$

- $220 > 200$ donc le coût total pour 220 grammes est :

$$100 \times 0,15 + (200 - 100) \times 0,07 + (230 - 200) \times 0,05 = 23 \text{ €}.$$

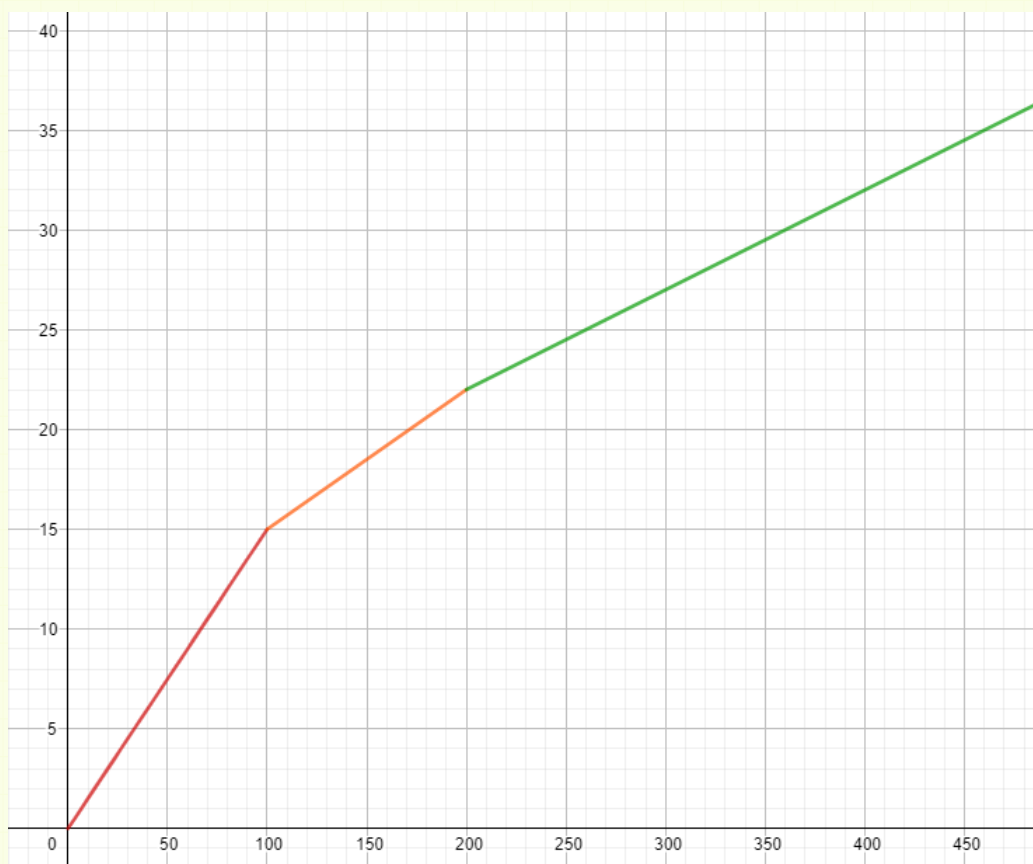
- 2** a. En s'inspirant des calculs de la question précédent, on peut écrire :

$$f(x) = \begin{cases} 0,15x & \text{si } 0 \leq x \leq 100 \\ 15 + 0,07(x - 100) & \text{si } 100 < x \leq 200 \\ 15 + 7 + 0,05(x - 200) & \text{si } x > 200 \end{cases}$$

c'est-à-dire :

$$f(x) = \begin{cases} 0,15x & \text{si } 0 \leq x \leq 100 \\ 0,07x + 8 & \text{si } 100 < x \leq 200 \\ 0,05x + 12 & \text{si } x > 200 \end{cases}$$

Cela donne graphiquement :



- 3** Quelle quantité de vis a-t-on achetée si l'on a payé 11,25 €? 19,20 €? 57 €?

- On cherche à résoudre l'équation $f(x) = 11,25$. Or, $11,25 < 15$ donc nous devons prendre la première expression de $f(x)$:

$$0,15x = 11,25 \iff x = \frac{11,25}{0,15} \iff x = 75.$$

Donc si l'on a payé 11,25 €, on a pris 75 grammes de vis.

- On cherche à résoudre l'équation $f(x) = 19,20$. Or, $15 < 19,20 < 22$ donc nous devons prendre la deuxième expression de $f(x)$:

$$\begin{aligned} 0,07x + 8 &= 19,20 \iff 0,07x = 19,20 - 8 \\ &\iff 0,07x = 11,2 \\ &\iff x = \frac{11,20}{0,07} \\ &\iff x = 160. \end{aligned}$$

Donc si l'on a payé 19,20 €, on a pris 160 grammes de vis.

- On cherche à résoudre l'équation $f(x) = 57$. Or, $57 > 22$ donc nous devons prendre la troisième expression de $f(x)$:

$$0,05x + 22 = 57 \iff 0,05x = 57 - 22 \iff 0,05x = 35 \iff x = \frac{35}{0,05} \iff x = 700.$$

Donc si l'on a payé 57 €, on a pris 700 grammes de vis.

Corrigé de l'exercice 8.5 page 213

1 Quel est le coût total pour 20 grammes ? 100 grammes ? 200 grammes ?

- $0 \leq 20 \leq 50$ donc pour 20 grammes, on doit payer $0,05 \times 20 = 1$ €.
- $20 < 100 \leq 150$ donc pour 100 grammes, on doit payer $0,05 \times 50 + 0,03(100 - 50) = 4$ €.
- $200 > 150$ donc pour 200 grammes, on doit payer $0,05 \times 50 + 0,03(150 - 50) + 0,02(200 - 150) = 6,50$ €.

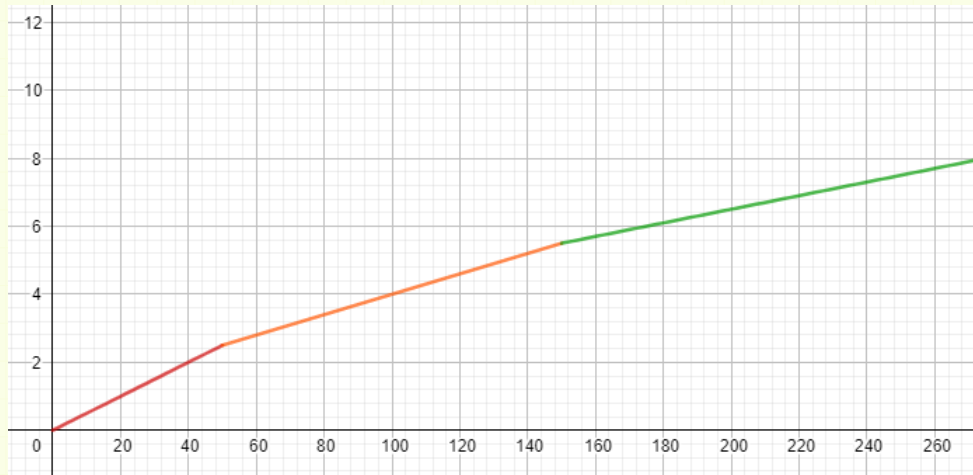
2 a. D'après les calculs faits à la question précédente, on peut écrire :

$$f(x) = \begin{cases} 0,05x & \text{si } 0 \leq x \leq 50 \\ 0,05 \times 50 + 0,03(x - 50) & \text{si } 50 < x \leq 150 \\ 0,05 \times 50 + 0,03 \times 100 + 0,02(x - 150) & \text{si } x > 150 \end{cases}$$

soit, après simplifications :

$$f(x) = \begin{cases} 0,05x & \text{si } 0 \leq x \leq 50 \\ 0,03x + 1 & \text{si } 50 < x \leq 150 \\ 0,02x + 2,5 & \text{si } x > 150 \end{cases}$$

Cela donne le graphique page suivante.



3 Quelle quantité de lentilles a-t-on achetée si l'on a payé 2,25 €? 4,75 €? 12,50 €?

- $2,25 < 2,5$ donc $f(x) = 2,25 \iff 0,05x = 2,25 \iff x = \frac{2,25}{0,05} = 45$.

On a donc pris 45 grammes de lentilles si l'on a payé 2,25 €.

- $2,5 < 4,75 < 5,5$ donc $f(x) = 4,75 \iff 0,03x + 2,5 = 4,75$
 $\iff 0,03x = 2,25$
 $\iff x = 75$.

On a donc pris 75 grammes de lentilles si l'on a payé 4,75 €.

- $12,5 > 5,5$ donc $f(x) = 12,5 \iff 0,02x + 2,5 = 5,5 \iff 0,02x = 3 \iff x = 150$.
- On a donc pris 150 grammes de lentilles si l'on a payé 12,50 €.

Corrigé de l'exercice 8.6 page 213

1 $(x-1)(x+2) \leq 0$.

Les valeurs de x qui annulent le produit $(x-1)(x+2)$ sont les solutions des équations $x-1=0$ et $x+2=0$, donc sont égales à $x=1$ et $x=-2$.

De plus, le coefficient de x dans chaque facteur est positif, donc pour chacun d'eux, le signe sera : $- \ 0 \ +$, d'où le tableau de signes suivante.

x	$-\infty$	-2	1	$+\infty$
$x-1$	$-$	$-$	0	$+$
$x+2$	$-$	0	$+$	$+$
$(x-1)(x+2)$	$+$	0	$-$	$+$

Donc $S = [-2; 1]$

2 $(3x-2)(5x-7) \geq 0$.

Les valeurs de x qui annulent le produit $(3x-2)(5x-7)$ sont les solutions des équations $3x-2=0$ et $5x-7=0$, donc sont égales à $x = \frac{2}{3}$ et $x = \frac{7}{5}$, où $\frac{2}{3} < \frac{7}{5}$.

De plus, le coefficient de x dans chaque facteur est positif, donc pour chacun d'eux, le signe sera : $- 0 +$, d'où le tableau de signes suivant :

x	$-\infty$	$\frac{2}{3}$	$\frac{7}{5}$	$+\infty$	
$3x - 2$	$-$	0	$+$	$+$	
$5x - 7$	$-$	$-$	0	$+$	
$(3x - 2)(5x - 7)$	$+$	0	$-$	0	$+$

Donc $S = \left] -\infty; \frac{2}{3} \right] \cup \left[\frac{7}{5}; +\infty \right[$

3 $(5x - 1)(-x + 9)(2x + 1) > 0$.

Les valeurs de x qui annulent le produit $(5x - 1)(-x + 9)(2x + 1)$ sont les solutions des équations $5x - 1 = 0$, $-x + 9 = 0$ et $2x + 1 = 0$, donc sont égales à $x = \frac{1}{5}$, $x = 9$ et $x = -\frac{1}{2}$, où $-\frac{1}{2} < \frac{1}{5} < 9$.

D'où le tableau de signes suivant :

x	$-\infty$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	9	$+\infty$
$5x-1$	$-$	$-$	0	$+$	$+$
$-x+9$	$+$	$+$	$+$	0	$-$
$2x+1$	$-$	0	$+$	$+$	$+$
Produit	$+$	0	$-$	0	$-$

Donc $S = \left] -\infty; -\frac{1}{2} \right[\cup \left] \frac{1}{5}; 9 \right[$

4
$$\frac{2x+1}{2x-1} - \frac{2x-1}{2x+1} < \frac{2x+6}{4x^2-1}$$

$$\Leftrightarrow \frac{(2x+1)^2 - (2x-1)^2}{(2x+1)(2x-1)} < \frac{2x+6}{4x^2-1}$$

$$\Leftrightarrow \frac{(2x+1-2x+1)(2x+1+2x-1) - 2x-6}{4x^2-1} < 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{8x-2x-6}{(2x-1)(2x+1)} < 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{6(x-1)}{(2x+1)(2x-1)} < 0$$

x	$-\infty$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$+\infty$
$x-1$	-	-	-	0	+
$2x+1$	-	0	+	+	+
$2x-1$	-	-	0	+	+
Fraction	-	+	-	0	+

Donc $S = \left] -\infty; -\frac{1}{2} \right[\cup \left] \frac{1}{2}; 1 \right[$

5
$$\frac{5x+4}{2x-3} + \frac{(8-x)(10x+8)}{(2x-3)^2} \leq 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{(5x+4)(2x-3) + 2(8-x)(5x+4)}{(2x-3)^2} \leq 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{(5x+4)(2x-3+16-2x)}{(2x-3)^2} \leq 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{13(5x+4)}{(2x-3)^2} \leq 0$$

x	$-\infty$	$-\frac{4}{5}$	$\frac{3}{2}$	$+\infty$
$5x+4$	-	0	+	+
$(2x-3)^2$	+	+	0	+
Fraction	-	0	+	+

Donc $S = \left] -\infty; -\frac{4}{5} \right]$

6
$$\frac{(4-3x)(9x^2-10x-3)}{2x-7} < 4-3x$$

$$\Leftrightarrow \frac{(4-3x)(9x^2-10x-3) - (4-3x)(2x-7)}{2x-7} < 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{(4-3x)(9x^2-10x-3-2x+7)}{2x-7} < 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{(4-3x)(9x^2-12x+4)}{2x-7} < 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{(4-3x)(3x-2)^2}{2x-7} < 0$$

x	$-\infty$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{7}{2}$	$+\infty$
$4-3x$	+	+	0	-	-
$(3x-2)^2$	+	0	+	+	+
$2x-7$	-	-	-	0	+
Fraction	-	0	-	0	+

Donc $S =]-\infty; \frac{2}{3}[\cup]\frac{2}{3}; \frac{4}{3}[\cup]\frac{7}{2}; +\infty[$

7 $\frac{1}{x-1} - \frac{1}{x+1} \leq \frac{1}{x} + \frac{2}{x(x^2-1)}, x \neq 0, x \neq -1, x \neq 1$
 $\Leftrightarrow \frac{x(x+1) - x(x-1) - (x+1)(x-1) - 2}{x(x-1)(x+1)} \leq 0$ (remarqué : $(x^2-1) = (x-1)(x+1)$)
 $\Leftrightarrow \frac{2x - x^2 - 1}{x(x+1)(x-1)} \leq 0$
 $\Leftrightarrow -\frac{x^2 - 2x + 1}{x(x+1)(x-1)} \leq 0$
 $\Leftrightarrow -\frac{(x-1)^2}{x(x+1)(x-1)} \leq 0$
 $\Leftrightarrow x(x+1)(x-1) > 0$, car $(x-1)^2 > 0$

x	$-\infty$	-1	0	1	$+\infty$
x	-	-	0	+	+
$x+1$	-	0	+	+	+
$x-1$	-	-	-	0	+
Fraction	-	+	-	+	+

Donc $S =]-1; 0[\cup]1; +\infty[$

8 $\frac{1-2x}{16x^2-9} \geq \frac{1-2x}{4x+3}$
 $\Leftrightarrow \frac{(1-2x) - (1-2x)(4x+3)}{16x^2-9} \geq 0$
 $\Leftrightarrow \frac{(1-2x)(1-4x+3)}{16x^2-9} \geq 0$
 $\Leftrightarrow \frac{4(1-2x)(1-x)}{(4x-3)(4x+3)} \geq 0$

x	$-\infty$	$-\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$+\infty$	
$1-2x$	+	+	0	-	-	-	
$1-x$	+	+	+	+	0	-	
$4x-3$	-	-	-	0	+	+	
$4x+3$	-	0	+	+	+	+	
Fraction	+	-	0	+	-	0	+

Donc $S =]-\infty; -\frac{3}{4}[\cup]\frac{1}{2}; \frac{3}{4}[\cup]1; +\infty[$

Corrigé de l'exercice 8.7 page 214

$$\begin{aligned} 1 \quad f(x) &= 100 \times 60 - (100 - 2x)(60 - 2x) \\ &= 6000 - 6000 + 200x + 120x - 4x^2 \\ &= -4x^2 + 320x \end{aligned}$$

$$f(x) = -4x(x - 80)$$

$$\begin{aligned} 2 \quad \text{On a : } -4(x - 40)^2 + 6400 &= -4(x^2 - 80x + 1600) + 6400 \\ &= -4x^2 + 320x - 6400 + 6400 \\ &= -4x^2 + 320x \\ &= f(x). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \quad f(x) \leq 1500 &\Leftrightarrow -4(x - 40)^2 + 6400 \leq 1500 \\ &\Leftrightarrow -4(x - 40)^2 + 6400 - 1500 \leq 0 \\ &\Leftrightarrow 4900 - 4(x - 40)^2 \leq 0 \\ &\Leftrightarrow 70^2 - [2(x - 40)]^2 \leq 0 \\ &\Leftrightarrow [70 - 2(x - 40)][70 + 2(x - 40)] \leq 0 \\ &\Leftrightarrow (70 - 2x + 80)(70 + 2x - 80) \leq 0 \\ &\Leftrightarrow (150 - 2x)(2x - 10) \leq 0 \\ &\Leftrightarrow 2(75 - x) \times 2(x - 5) \leq 0 \\ &\Leftrightarrow (75 - x)(x - 5) \leq 0 \end{aligned}$$

4 Dressons le tableau de signes du produit $(75 - x)(x - 5)$ sur $[0; 30]$ (car x ne peut pas dépasser 30 mètres, soit la moitié de la largeur du rectangle extérieur) :

x	0	5	30
$75 - x$	+		+
$x - 5$	-	0	+
$(75 - x)(x - 5)$	-	0	+

Ainsi, l'aire jaune est inférieure à $1\,500 \text{ m}^2$ pour $0 \leq x \leq 5$.

Corrigé de l'exercice 8.8 page 214

1 a. Le tableau de signes de $f(x)$ est le suivant :

x	$-\infty$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{3}$	$+\infty$
$4x - 1$	-	0	+	+
$2 - 3x$	+	+	0	-
$f(x)$	-	0	0	-

b. L'ensemble solution de l'inéquation $f(x) \leq 0$ est donc :

$$S = \left[\frac{1}{4}; \frac{2}{3} \right]$$

2

a. Pour vérifier que $f(x) - g(x) = -2(x-2)(3x-2)$, on peut développer les membres de droite et gauche séparément, et constater que les formes développées sont égales :

$$\begin{aligned} \bullet \quad f(x) - g(x) &= (4x-1)(2-3x) - (-6x^2-5x+6) \\ &= 8x - 12x^2 - 2 + 3x + 6x^2 + 5x - 6 \\ &= -6x^2 + 16x - 8. \\ \bullet \quad -2(x-2)(3x-2) &= -2(3x^2 - 2x - 6x + 4) \\ &= -2(3x^2 - 8x + 4) \\ &= -6x^2 + 16x - 8. \end{aligned}$$

Les deux formes développées sont donc égales : $f(x) - g(x) = -2(x-2)(3x-2)$.

b. Dressons le tableau de signes de $f(x) - g(x)$ à l'aide de la forme factorisée trouvée à la question précédente :

x	$-\infty$	$\frac{2}{3}$	2	$+\infty$	
-2	$-$	$-$	$-$		
$x-2$	$-$	$-$	0	$+$	
$3x-2$	$-$	0	$+$	$+$	
$f(x)-g(x)$	$-$	0	$+$	0	$-$

On peut alors conclure que :

- $f(x) - g(x) < 0$, et donc $f(x) < g(x)$, sur $\left]-\infty; \frac{2}{3}\right[$ et sur $]2; +\infty[$, soit \mathcal{C}_f sous \mathcal{C}_g sur ces intervalles;
- $f(x) - g(x) > 0$, et donc $f(x) > g(x)$, sur $\left]\frac{2}{3}; 2\right[$, soit \mathcal{C}_f au-dessus de \mathcal{C}_g sur cet intervalle;
- $f(x) - g(x) = 0$, soit $f(x) = g(x)$, pour $x = \frac{2}{3}$ et $x = 2$ et donc que les courbes se coupent aux points de coordonnées $(2; f(2))$ et $\left(\frac{2}{3}; f\left(\frac{2}{3}\right)\right)$, c'est-à-dire aux points de coordonnées $(2; -28)$ et $\left(\frac{2}{3}; 0\right)$.

c. Comparer alors sans calcul $f\left(\frac{\pi}{2}\right)$ et $g\left(\frac{\pi}{2}\right)$:

$\frac{2}{3} < \frac{\pi}{2} < 2$ donc d'après l'étude précédente de la position relative des deux courbes, $f\left(\frac{\pi}{2}\right) > g\left(\frac{\pi}{2}\right)$.

Corrigé de l'exercice 8.9 page 214

$$\begin{aligned}
 \text{1 } (4x-5)^2 &\leq (12x-15)(1-x) \iff (4x-5)^2 \leq 3(4x-5)(1-x) \\
 &\iff (4x-5)^2 - 3(4x-5)(1-x) \leq 0 \\
 &\iff (4x-5)[(4x-5) - 3(1-x)] \leq 0 \\
 &\iff (4x-5)(4x-5-3+3x) \leq 0 \\
 &\iff (4x-5)(7x-8) \leq 0
 \end{aligned}$$

x	$-\infty$	$\frac{8}{7}$	$\frac{5}{4}$	$+\infty$	
$4x - 5$	-	-	0	+	
$7x - 8$	-	0	+	+	
$(4x - 5)(7x - 8)$	+	0	-	0	+

$$S = \left[\frac{8}{7}; \frac{5}{4} \right]$$

$$\begin{aligned}
 \text{2 } 3x^3 &> 12x \iff 3x^3 - 12x > 0 \\
 &\iff 3x(x^2 - 4) > 0 \\
 &\iff 3x(x-2)(x+2) > 0
 \end{aligned}$$

x	$-\infty$	-2	0	2	$+\infty$
$3x$	$-$	$-$	0	$+$	$+$
$x+2$	$-$	0	$+$	$+$	$+$
$x-2$	$-$	$-$	$-$	0	$+$
$3x(x-2)(x+2)$	$-$	0	$+$	0	$+$

$$S =]-2; 0[\cup]2; +\infty[$$

Corrigé de l'exercice 8.10 page 215

$$\begin{aligned}
 \text{1 } &\bullet f(x) - g(x) = (2x^2 - x + 7) - (2x^3 + 6x^2 - 7x + 7) \\
 &= 2x^2 - x + 7 - 2x^3 - 6x^2 + 7x - 7 \\
 &= -2x^3 - 4x^2 + 6x. \\
 &\bullet 2x(1-x)(x+3) = 2x(x+3-x^2-3x) \\
 &= 2x(-x^2-2x+3) \\
 &= -2x^3+4x^2+6x \\
 &= f(x) - g(x).
 \end{aligned}$$

2 Dressons le tableau de signes de $f(x) - g(x)$:

x	$-\infty$	-3	0	1	$+\infty$
$2x$	$-$	$-$	0	$+$	$+$
$1 - x$	$+$	$+$	$+$	0	$-$
$x + 3$	$-$	0	$+$	$+$	$+$
$f(x) - g(x)$	$+$	0	$-$	0	$-$

Notons \mathcal{C}_f la courbe représentative de f , et \mathcal{C}_g celle de g .

Du tableau de signes, on déduit alors que :

- sur $] -\infty; -3[$ et sur $] 0; 1[$, $f(x) - g(x) > 0$, donc $f(x) > g(x)$, ce qui signifie que \mathcal{C}_f est au-dessus de \mathcal{C}_g ;
- sur $] -3; 0[$ et sur $] 1; +\infty[$, \mathcal{C}_f est en dessous de \mathcal{C}_g ;
- les courbes se coupent aux points d'abscisses $A(-3; f(-3))$, $B(0; f(0))$ et $C(1; f(1))$, soit $A(-3; 28)$, $B(0; 7)$ et $C(1; 8)$.

Fonctions de référence



Plan du chapitre

I	La fonction carré	230
1	Définition	230
2	Courbe représentative	230
3	Sens de variation	231
4	Équations	231
5	Inéquations	232
II	La fonction inverse	233
1	Définition	233
2	Sens de variation	234
3	Courbe représentative	234
4	Équations	235
5	Inéquations	236
III	La fonction cube	237
1	Définition	237
2	Sens de variation	238
3	Courbe représentative	238
4	Équations et inéquations	239
IV	Racine carrée	240
1	Définition	240
2	Sens de variation	240
3	Courbe représentative	240
4	Équations et inéquations	241
V	Généralités sur les fonctions de référence	242
1	Ordre des images	242
2	Position relative des courbes	242
Exercices		244
Corrigés		251

1 - LA fonction carré

1.1 - Définition

Définition 50

La fonction carré est la fonction qui à tout réel x associe son carré x^2 .

On la note :

$$x \mapsto x^2.$$

Propriété 42

La fonction carré est paire.

Démonstration 13

Posons $f(x) = x^2$.

f est définie sur \mathbb{R} , ensemble centré en 0.

De plus, pour tout réel x ,

$$f(-x) = (-x)^2 = x^2 = f(x),$$

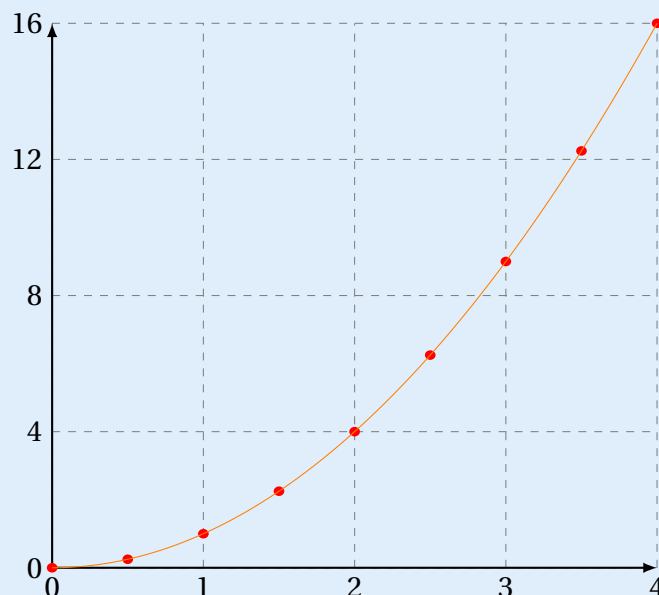
ce qui justifie que f est paire.

1.2 - Courbe représentative

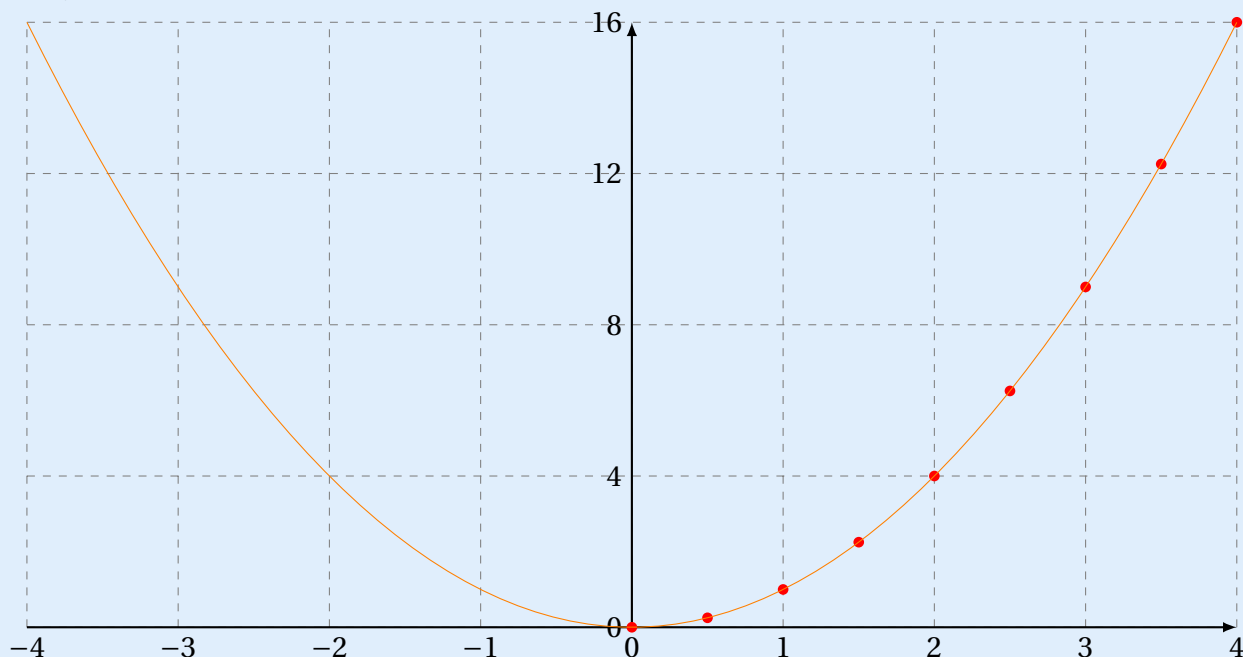
Afin de tracer la courbe représentative de la fonction carré sur un intervalle $[-4; 4]$ par exemple, on peut avant tout souhaiter la tracer sur l'intervalle $[0; 4]$ car la fonction est paire (ce qui signifie que la courbe représentative est symétrique par rapport à l'axe des ordonnées, d'où le fait de tracer la courbe uniquement sur $[0; 4]$).

x	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
x^2	0	0,25	1	2,25	4	6,25	9	12,25	16

On obtient alors la courbe suivante :



Par symétrie, on obtient la courbe représentative complète sur $[-4;4]$:



On dit que cette courbe est une *parabole*.

1.3 - Sens de variation

On peut bien entendu voir sur le graphique les variations de la fonction carré, mais on aurait pu aussi trouver les variations avant de construire la courbe.

Pour cela, on aurait pu prendre deux nombres a et b sur l'intervalle $[0; +\infty[$, et comparer a^2 et b^2 :

$$0 \leq a < b \iff a^2 - b^2 = \underbrace{(a - b)}_{<0} \underbrace{(a + b)}_{>0}$$

$$\iff a^2 < b^2$$

\iff la fonction carré est strictement croissante sur $[0; +\infty[$.

Par symétrie par rapport à l'axe des ordonnées, on peut en déduire que la fonction carré est strictement décroissante sur $]-\infty; 0]$.

Le tableau de variation de la fonction carré sur \mathbb{R} est donc le suivant :

x	$-\infty$	0	$+\infty$
$x \mapsto x^2$			

1.4 - Équations

Propriété 43

Pour tout nombre $a > 0$,

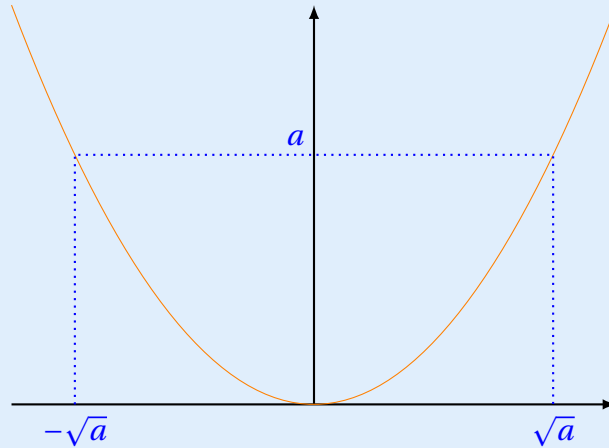
$$x^2 = a \iff x = -\sqrt{a} \quad \text{ou} \quad x = \sqrt{a}.$$

Exemple 66

1 $x^2 = 7 \iff x = -\sqrt{7} \text{ ou } x = \sqrt{7}.$

2 $x^2 = 16 \iff x = -\sqrt{16} = -4 \text{ ou } x = \sqrt{16} = 4.$

Graphiquement, cela revient à trouver les antécédents du nombre a par la fonction carré :



1.5 - Inéquations

Propriété 44

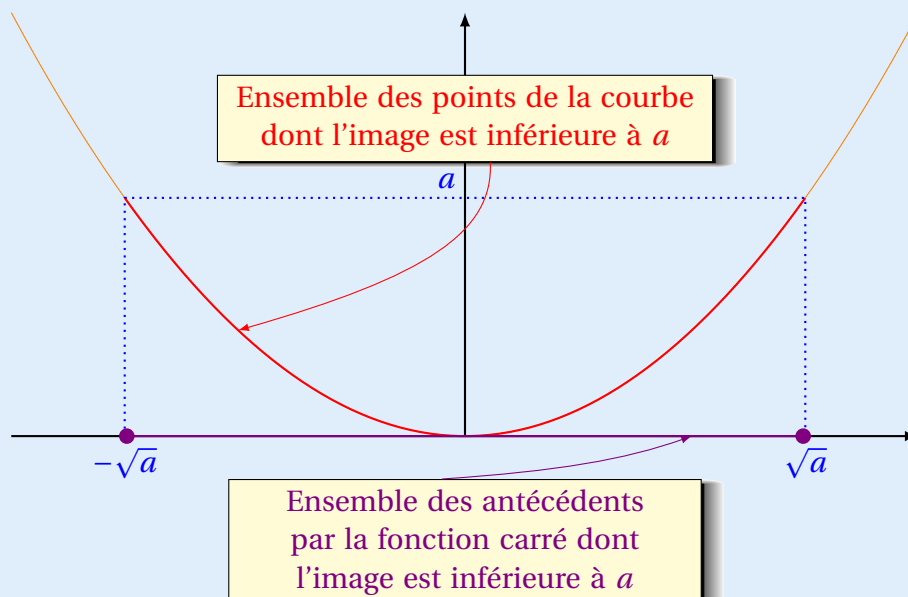
Pour tout nombres $a > 0$,

$$x^2 < a \iff -\sqrt{a} < x < \sqrt{a}.$$

Exemple 67

$$x^2 < 9 \iff -3 < x < 3.$$

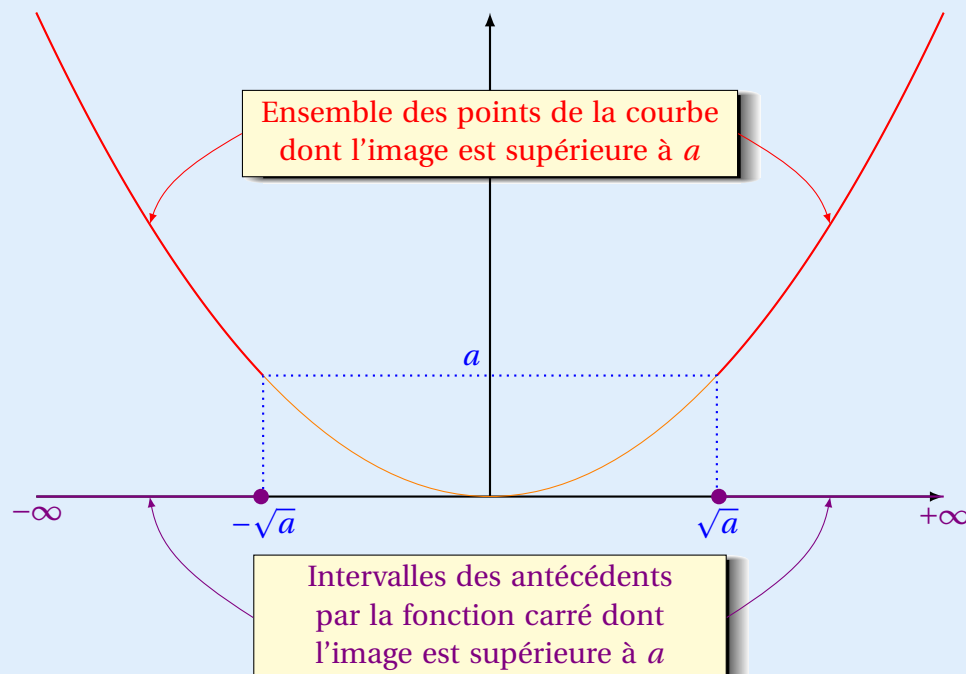
Graphiquement, cela revient à trouver tous les antécédents dont l'image est plus petite que 9 par la fonction carré :



Propriété 45

Pour tout réel $a > 0$,

$$x^2 > a \iff x \in]-\infty; -\sqrt{a}[\cup]\sqrt{a}; +\infty[.$$



II - LA fonction inverse

II.1 - Définition

Définition 51

La fonction inverse est la fonction qui à tout réel x associe son inverse $\frac{1}{x}$.

On la note :

$$x \mapsto \frac{1}{x}.$$

Propriété 46

La fonction carré est impaire.

Démonstration 14

Posons $f(x) = \frac{1}{x}$.

f est définie sur $]-\infty; 0[\cup]0; +\infty[$, ensemble centré en 0.

De plus, pour tout réel x ,

$$f(-x) = \frac{1}{-x} = -\frac{1}{x} = -f(x),$$

ce qui justifie que f est impaire.

II. 2 - Sens de variation

Soient deux nombres a et b tels que $a < b$. Posons $f(x) = \frac{1}{x}$.

$$\begin{aligned} f(a) - f(b) &= \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \\ &= \frac{b}{ab} - \frac{a}{ab} \\ &= \frac{b-a}{ab}. \end{aligned}$$

- Si on se place sur $] -\infty; 0[$ alors $a < 0$ et $b < 0$ donc a et b sont de même signe, ce qui signifie que $ab > 0$.
- Si on se place sur $] 0; +\infty[$ alors $a > 0$ et $b > 0$ donc a et b sont aussi de même signe, ce qui signifie que $ab > 0$.

De plus, $a < b$ donc $b - a > 0$. Ainsi, $f(a) - f(b) > 0$, ce qui signifie que f est strictement décroissante sur $] -\infty; 0[$ et sur $] 0; +\infty[$.

II. 3 - Courbe représentative

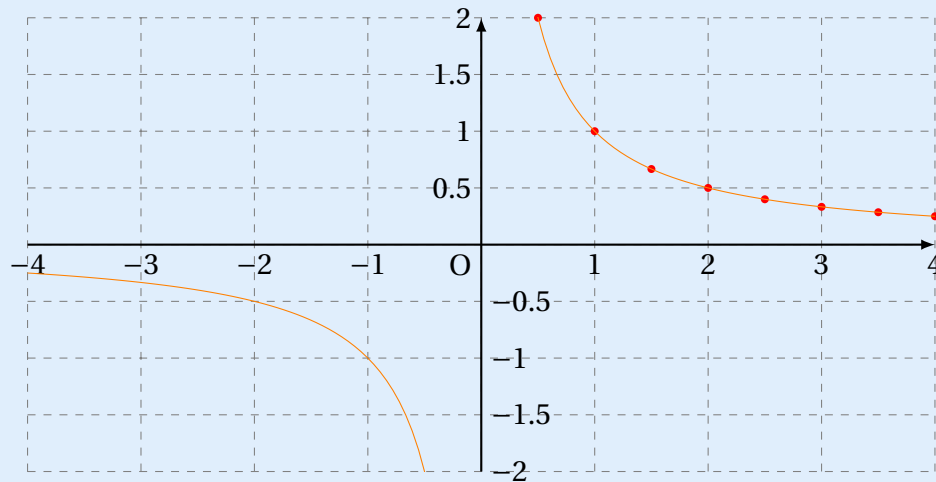
Afin de tracer la courbe représentative de la fonction inverse sur un intervalle $[-4; 0] \cup] 0; 4]$ par exemple, on peut avant tout souhaiter la tracer sur l'intervalle $] 0; 4]$ car la fonction est impaire (ce qui signifie que la courbe représentative est symétrique par rapport à l'origine du repère, d'où le fait de tracer la courbe uniquement sur $] 0; 4]$).

x	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
x^2	2	1	0,66	0,5	0,4	0,33	0,29	0,25

On obtient alors :



Par symétrie par rapport à O, on obtient la courbe représentative complète sur $[-4;4]$:



On dit que cette courbe est une *hyperbole*.

II. 4 - Équations

Propriété 47

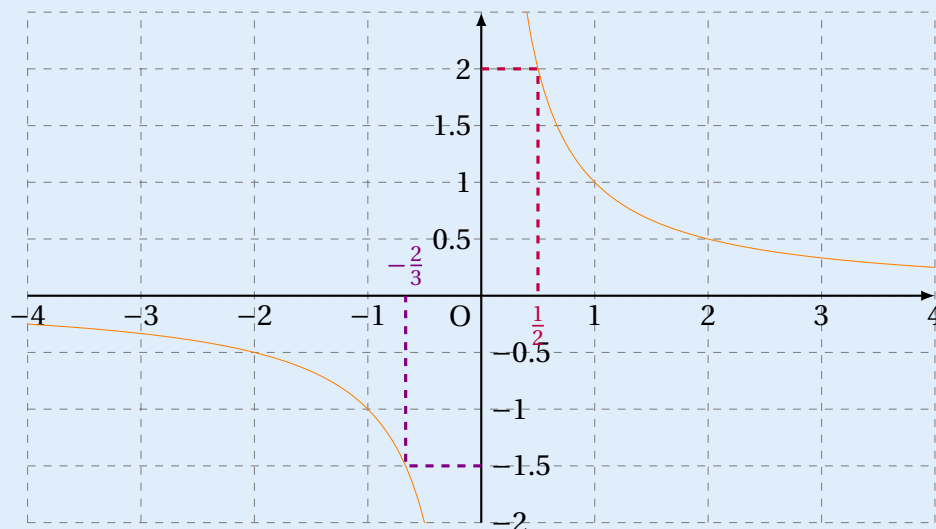
Pour tout nombre $a \neq 0$,

$$\frac{1}{x} = a \iff x = \frac{1}{a}.$$

Exemple 68

1 $\frac{1}{x} = 2 \iff x = \frac{1}{2}.$

2 $\frac{1}{x} = -1,5 \iff x = \frac{1}{-1,5} = -\frac{1}{1,5} = -\frac{1}{\frac{3}{2}} = -\frac{2}{3}.$



II. 5 - Inéquations

Propriété 48

1 Si $a > 0$,

- $\frac{1}{x} > a \iff x \in \left] 0; \frac{1}{a} \right[$;
- $\frac{1}{x} < a \iff x \in]-\infty; 0[\cup \left] \frac{1}{a}; +\infty \right[$.

2 Si $a < 0$,

- $\frac{1}{x} > a \iff x \in \left] -\infty; \frac{1}{a} \right[\cup] 0; +\infty [$;
- $\frac{1}{x} < a \iff x \in \left] \frac{1}{a}; 0 \right[$.

Exemple 69

1 $\frac{1}{x} > \frac{3}{2} \iff x \in \left] 0; \frac{2}{3} \right[$.



2 $\frac{1}{x} < \frac{3}{2} \iff x \in]-\infty; 0[\cup \left] \frac{2}{3}; +\infty \right[.$



III - LA fonction cube

III.1 - Définition

Définition 52

La fonction cube est la fonction qui à tout réel x associe son cube x^3 .
On la note :

$$x \mapsto x^3.$$

Propriété 49

La fonction carré est impaire.

Démonstration 15

Posons $f(x) = x^3$.

f est définie sur \mathbb{R} , ensemble centré en 0.

De plus, pour tout réel x ,

$$f(-x) = (-x)^3 = (-1 \times x)^3 = (-1)^3 \times x^3 = -1 \times x^3 = -x^3 = -f(x),$$

ce qui justifie que f est impaire.

III . 2 - Sens de variation

Soient deux nombres a et b tels que $a < b$. Posons $f(x) = x^3$.

$$\begin{aligned}f(a) - f(b) &= a^3 - b^3 \\ &= (a - b)(a^2 + ab + b^2).\end{aligned}$$

- Si on se place sur $]-\infty; 0]$ alors $a \leq 0$ et $b \leq 0$ donc $ab \geq 0$.
- Si on se place sur $[0; +\infty[$ alors $a \geq 0$ et $b \geq 0$ donc $ab \geq 0$.

Dans les deux cas, $ab \geq 0$; de plus, $a^2 \geq 0$ et $b^2 \geq 0$ donc $a^2 + ab + b^2 > 0$.

Remarque 71

a et b ne peuvent pas être égaux à 0 tous les deux car on a supposé $a < b$. Donc $a^2 + b^2 \neq 0$, et donc $a^2 + b^2 > 0$, d'où $a^2 + b^2 + ab > 0$ (l'inégalité est nécessairement stricte).

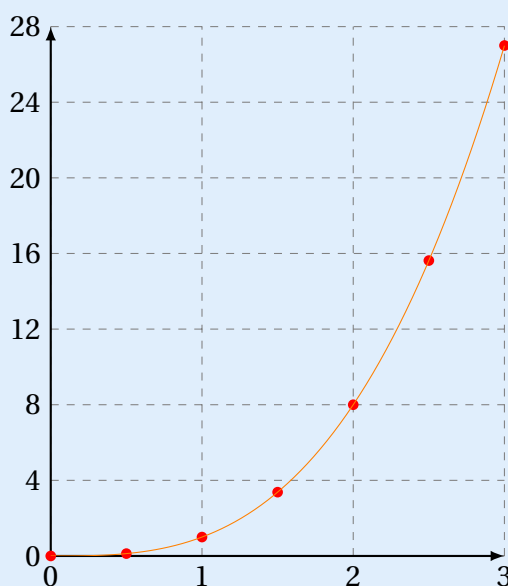
De plus, $a < b$ donc $a - b < 0$. Ainsi, $f(a) - f(b) < 0$, ce qui signifie que f est strictement croissante sur $]-\infty; 0[$ et sur $]0; +\infty[$.

III . 3 - Courbe représentative

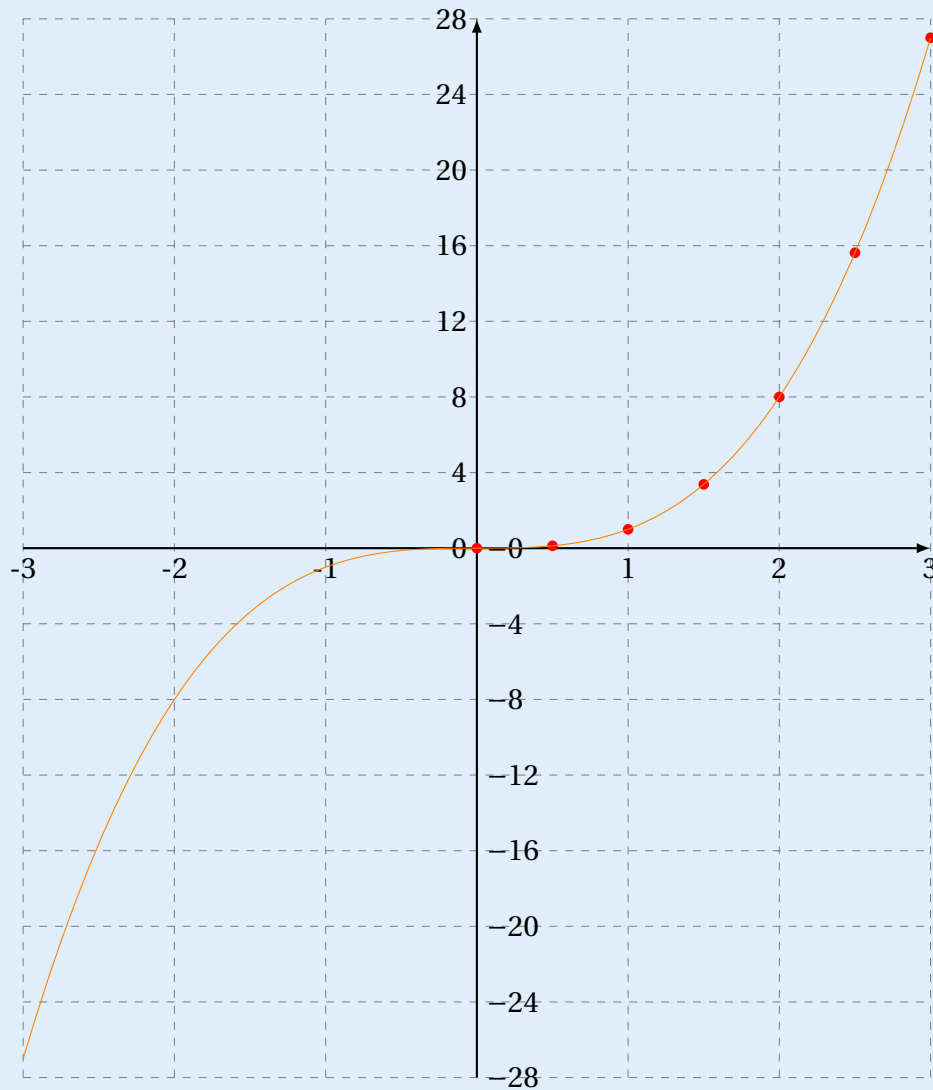
Afin de tracer la courbe représentative de la fonction cube sur un intervalle $[-3; 3]$ par exemple, on peut avant tout souhaiter la tracer sur l'intervalle $]0; 3]$ car la fonction est impaire (ce qui signifie que la courbe représentative est symétrique par rapport à l'origine du repère, d'où le fait de tracer la courbe uniquement sur $]0; 3]$).

x	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
x^2	0	0,125	1	3,375	8	15,625	27

On obtient alors :



Par symétrie par rapport à O, on obtient la courbe représentative complète sur $[-3;3]$:



III . 4 - Équations et inéquations

Propriété 50

Pour tout nombre réel a ,

$$x^3 = a \iff x = \sqrt[3]{a}.$$

Exemple 70

1 $x^3 = 27 \iff x = \sqrt[3]{27} = 3$ car $3^3 = 27$.

2 $x^3 = -8 \iff x = \sqrt[3]{-8} = -2$ car $(-2)^3 = -8$.

Propriété S1

Pour tout nombre réel a ,

$$x^3 > a \iff x > \sqrt[3]{a}$$

$$x^3 < a \iff x < \sqrt[3]{a}$$

IV - Racine carrée

IV.1 - Définition

Définition S3

La fonction racine carrée est la fonction qui à tout réel x associe sa racine carrée \sqrt{x} .

On la note :

$$x \mapsto \sqrt{x}.$$

Son domaine de définition est \mathbb{R}_+ , c'est-à-dire $[0; +\infty[$.

IV.2 - Sens de variation

Soient deux nombres positifs a et b tels que $a < b$. Posons $f(x) = \sqrt{x}$.

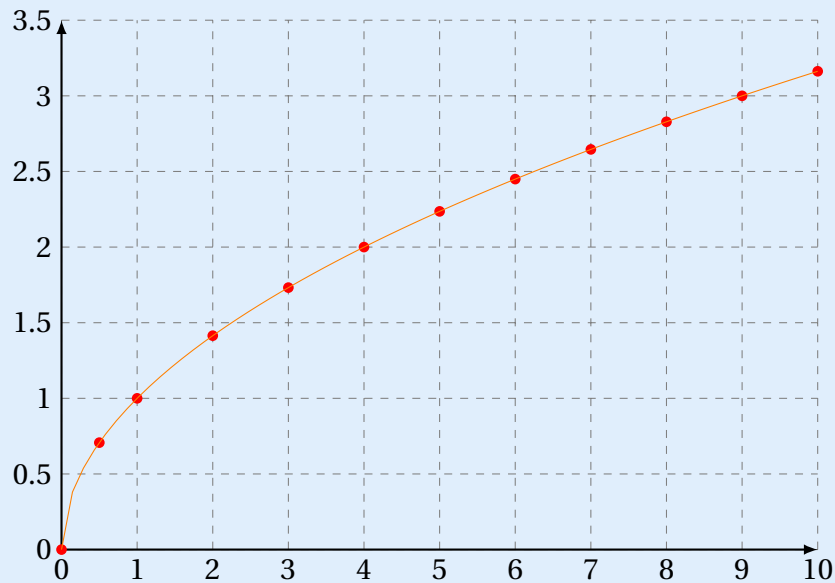
$$\begin{aligned} f(a) - f(b) &= \sqrt{a} - \sqrt{b} \\ &= (\sqrt{a} - \sqrt{b}) \times \frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}}{\sqrt{a} + \sqrt{b}} \\ &= \frac{(\sqrt{a} - \sqrt{b})(\sqrt{a} + \sqrt{b})}{\sqrt{a} + \sqrt{b}} \\ &= \frac{(\sqrt{a})^2 - (\sqrt{b})^2}{\sqrt{a} + \sqrt{b}} \\ &= \frac{a - b}{\sqrt{a} + \sqrt{b}}. \end{aligned}$$

$a < b$ donc $a - b < 0$. De plus, $\sqrt{a} + \sqrt{b} > 0$. Ainsi, $f(a) - f(b) < 0$, ce qui signifie que f est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ .

IV.3 - Courbe représentative

x	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x^2	0	0,7	1	1,4	1,7	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2

On obtient alors :



IV . 4 - Équations et inéquations

Propriété S2

Soit $a > 0$.

$$\sqrt{x} = a \iff x = a^2$$

$$\sqrt{x} < a \iff x \in]0; a^2]$$

$$\sqrt{x} > a \iff x \in]a^2; +\infty[.$$

Exemple 71

1 $\sqrt{x} = 2 \iff x = 2^2 = 4.$

2 $\sqrt{x} < 3 \iff 0 < x < 9.$

3 $\sqrt{x} > 4 \iff x > 4^2 \iff x > 16.$

V - Généralités sur les fonctions de référence

V.1 - Ordre des images

Propriété S3

1 $0 < a < b \iff 0 < a^2 < b^2$ et $a < b < 0 \iff 0 < b^2 < a^2$.

2 $a < b \iff \frac{1}{a} > \frac{1}{b}$.

3 $a < b \iff a^3 < b^3$.

4 $0 < a < b \iff \sqrt{a} < \sqrt{b}$.

Les résultats de cette propriété viennent des variations des fonctions de référence.

Quand une fonction est croissante sur un intervalle, les images sont rangées dans le même ordre que les antécédents ($x \mapsto x^2$ sur $[0; +\infty[$, $x \mapsto x^3$ et $x \mapsto \sqrt{x}$).

Au contraire, quand une fonction est décroissante sur un intervalle, les images sont rangées dans l'ordre inverse des antécédents ($x \mapsto x^2$ sur $] -\infty; 0]$ et $x \mapsto \frac{1}{x}$).

V.2 - Position relative des courbes

Propriété S4

Pour tout réel x strictement compris entre 0 et 1, $x^3 < x^2 < x$.

Pour tout réel $x > 1$, $x < x^2 < x^3$.

Démonstration 16

- Soit $x \in]0; 1[$.

$$x^3 - x^2 = x^2(x - 1).$$

Or, $x^2 > 0$ et $x - 1 < 0$, donc $x^2(x - 1) < 0$, soit $x^3 - x^2 < 0$. Donc $x^3 < x^2$.

De plus, $x^2 - x = x(x - 1) < 0$ car $x > 0$ et $x - 1 < 0$. Ainsi, $x^2 < x$.

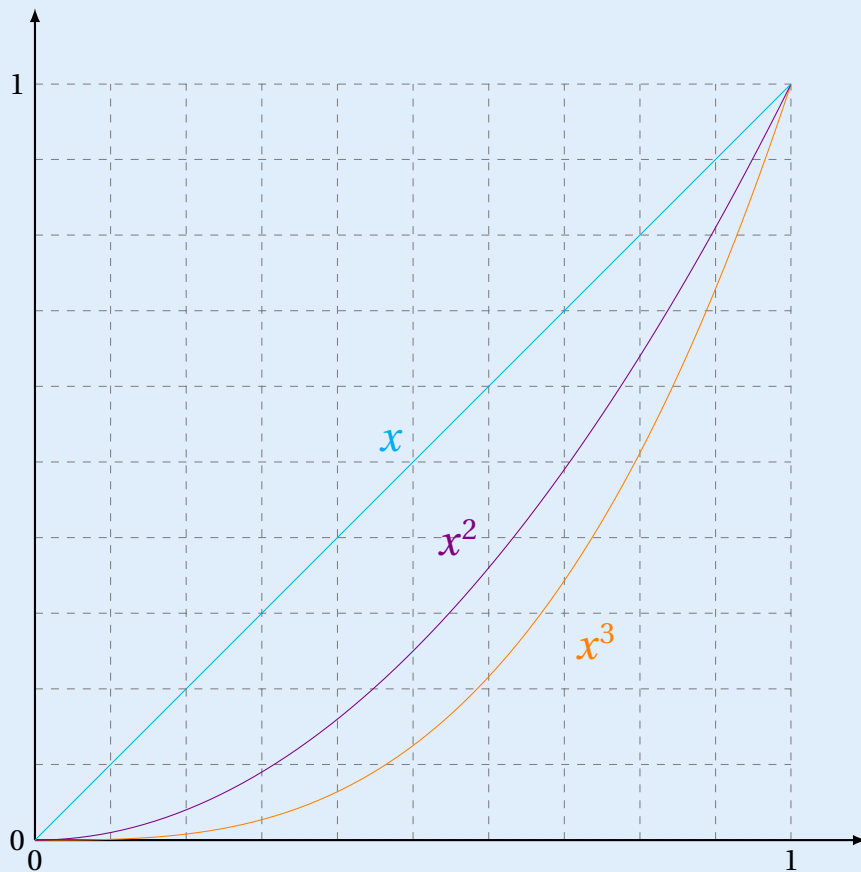
Finalement, on obtient : $x^3 < x^2 < x$.

- Soit $x > 1$. Alors, $x^3 - x^2 = x^2(x - 1) > 0$ car $x^2 > 0$ et $x - 1 > 0$. Donc $x^3 > x^2$.

De plus, $x^2 - x = x(x - 1) > 0$ car $x > 0$ et $x - 1 > 0$. Donc $x^2 > x$.

On obtient finalement : $x^3 > x^2 > x$, que l'on peut aussi écrire : $x < x^2 < x^3$.

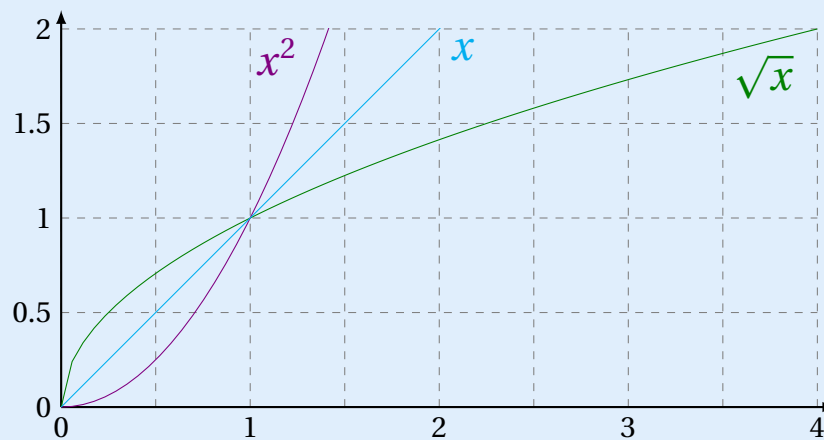
Graphiquement, cela se traduit par le fait que sur $[0;1]$, la courbe représentative de $x \mapsto x^3$ est en-dessous de celle de $x \mapsto x^2$, qui est elle-même en-dessous de celle de $x \mapsto x$:



Cela sous-entend notamment que si $0 < x < 1$ alors x^2 et x^3 sont plus petits que x .

Propriété 55

Pour tout réel x strictement compris entre 0 et 1, $x^2 < x < \sqrt{x}$.
 Pour tout réel $x > 1$, $\sqrt{x} < x < x^2$.



Fonction carré

Exercice 9.1

Compléter les pointillés par l'un des symboles « < » et « > ».

1 $2,18^2 \dots 2,19^2$

3 $1,718^2 \dots 1,0817^2$

5 $(-0,78)^2 \dots (-0,77)^2$

2 $(-\pi)^2 \dots (-4)^2$

4 $0,04^2 \dots 0,006^2$

6 $(1-\pi)^2 \dots (3-2\pi)^2$

Solution page 251

Exercice 9.2

Résoudre les équations suivantes.

1 $x^2 = 8$

3 $x^2 = 25$

5 $2x^2 - 18 = 0$

2 $x^2 = 16$

4 $x^2 = 54$

6 $5x^2 + 1 = 0$

Solution page 251

Exercice 9.3

Résoudre les équations suivantes.

1 $(x+1)^2 = 5$

3 $(2x-1)^2 = 36$

5 $2(x-1)^2 - 7 = 0$

2 $(x-3)^2 = 100$

4 $(5-2x)^2 = 64$

6 $5(x+3)^2 + 1 = 0$

Solution page 252

Exercice 9.4

Compléter les pointillés.

1 Si $x \in [5; 8]$ alors $x^2 \in \dots$

3 Si $x \in]-1; 1]$ alors $x^2 \in \dots$

2 Si $x \in [-4; -2[$ alors $x^2 \in \dots$

4 Si $x \in]-2; 6[$ alors $x^2 \in \dots$

Solution page 253

Exercice 9.5

On pose $f(x) = x^2$. Soient a et b deux réels quelconques. Calculer et simplifier :

1 $\frac{1}{2} \left[f(a+b) - (f(a) + f(b)) \right]$

2 $f(a+b) - f(a-b)$

3 $f\left(\frac{a+b}{2}\right) - f\left(\frac{a-b}{2}\right)$

Solution page 254

Exercice 9.6

Résoudre les inéquations suivantes.

1 $x^2 \geq 81$

2 $x^2 < -1$

3 $x^2 > -5$

4 $x^2 \leq 64$

Solution page 255

La fonction inverse

Exercice 9.7

Compléter les pointillés par l'un des symboles « < » et « > ».

1 $\frac{1}{2,18} \cdots \frac{1}{2,19}$

2 $\frac{1}{-\pi} \cdots \frac{1}{-4}$

3 $\frac{1}{1,718} \cdots \frac{1}{1,0817}$

4 $\frac{1}{0,04} \cdots \frac{1}{0,006}$

5 $\frac{1}{-0,78} \cdots \frac{1}{-0,77}$

6 $\frac{1}{1-\pi} \cdots \frac{1}{3-2\pi}$

Solution page 255

Exercice 9.8

Résoudre les équations suivantes.

1 $\frac{1}{x} = 8$

2 $\frac{1}{x} = -16$

3 $\frac{1}{x} = 0$

Solution page 256

Exercice 9.9

Résoudre les équations suivantes.

1 $\frac{1}{x+1} = 5$

3 $\frac{1}{2x-1} = 36$

5 $\frac{2}{x-1} - 7 = 0$

2 $\frac{1}{x-3} = 100$

4 $\frac{1}{5-2x} = 64$

6 $\frac{5}{x+3} + 1 = 0$

Solution page 256

Exercice 9.10

Compléter les pointillés.

1 Si $x \in [5; 8]$ alors $\frac{1}{x} \in \dots$

2 Si $x \in [-4; -2[$ alors $\frac{1}{x} \in \dots$

3 Si $x \in]-1; 0[$ alors $\frac{1}{x} \in \dots$

4 Si $x \in]0; 7[$ alors $\frac{1}{x} \in \dots$

Solution page 258

Exercice 9.11

Résoudre les inéquations suivantes.

1 $\frac{1}{x} \geq 81$

2 $\frac{1}{x} < -1$

3 $\frac{1}{x} > -5$

4 $\frac{1}{x} \leq 64$

Solution page 258

Exercice 9.12

On pose $f(x) = \frac{1}{x}$. Soient a et b deux nombres non opposés. Calculer et simplifier :

1 $f(a+b) - f(a-b)$

2 $\frac{1}{2}[f(a+b) + f(a-b)]$

Solution page 260

La fonction cube

Exercice 9.13

Compléter les pointillés par l'un des symboles « < » et « > ».

1 $2,18^3 \dots 2,19^3$

3 $1,718^3 \dots 1,0817^3$

5 $(-0,78)^3 \dots (-0,77)^3$

2 $(-\pi)^3 \dots (-4)^3$

4 $(-0,04)^3 \dots 0,006^3$

6 $(1-\pi)^3 \dots (3-2\pi)^3$

Solution page 260

Exercice 9.14

Compléter les pointillés.

1 Si $x \in [5; 8]$ alors $x^3 \in \dots$

3 Si $x \in]-1; 1]$ alors $x^3 \in \dots$

2 Si $x \in [-4; -2[$ alors $x^3 \in \dots$

4 Si $x \in]-2; 6[$ alors $x^3 \in \dots$

Solution page 260

La fonction racine carrée

Exercice 9.15

Compléter les pointillés par l'un des symboles « < » et « > ».

1 $\sqrt{2,18} \dots \sqrt{2,19}$

3 $1,718^2 \dots 1,0817^2$

5 $\sqrt{(-0,78)^2} \dots \sqrt{(-0,77)^2}$

2 $\sqrt{(-\pi)^2} \dots \sqrt{(-4)^2}$

4 $\sqrt{(-0,04)^2} \dots \sqrt{0,006^2}$

6 $\sqrt{(1-\pi)^2} \dots \sqrt{(3-2\pi)^2}$

Solution page 261

Exercice 9.16

Résoudre les équations suivantes.

1 $\sqrt{x} = 8$

2 $\sqrt{x} = 16$

3 $\sqrt{x} = 25$

4 $\sqrt{x} = 54$

5 $2\sqrt{x} - 18 = 0$

6 $5\sqrt{x} + 1 = 0$

Solution page 262

Exercice 9.17

Résoudre les équations suivantes.

1 $\sqrt{x+1} = 5$

2 $\sqrt{x-3} = 1$

3 $\sqrt{2x-1} = 6$

4 $\sqrt{5-2x} = 7$

5 $2\sqrt{x-1} - 7 = 0$

6 $5\sqrt{x+3} - 1 = 0$

Solution page 262

Exercice 9.18

On pose $f(x) = \sqrt{x}$.

Montrer que pour tous réels positifs a et b , $f(a+b) < f(a) + f(b)$.

Solution page 264

Exercice 9.19

Résoudre les inéquations suivantes.

1 $\sqrt{x} \geq 9$

2 $\sqrt{x} < -1$

3 $\sqrt{x} > -5$

4 $\sqrt{x} \leq 8$

5 $\sqrt{3x-8} < 1$

6 $\sqrt{5-2x} \geq 2$

Solution page 264

Bilan

Exercice 9.20

Montrer que la courbe représentative des fonctions carré et racine carrée se coupent en seulement deux points, dont on donnera les coordonnées.

Solution page 265

Exercice 9.21

Montrer que la courbe représentative des fonctions inverse et racine carrée se coupent en un unique point, dont on donnera les coordonnées.

Solution page 265

Exercice 9.22

Montrer que la courbe représentative des fonctions inverse et carré se coupent en un unique point, dont on donnera les coordonnées.

Solution page 266

Exercice 9.23

On considère deux fonctions f et g telles que :

$$f(x) = 2 + \sqrt{x} - x \quad \text{et} \quad g(x) = x + \frac{1}{x}.$$

- 1** Quel est le domaine de définition de f ?
- 2** Quel est le domaine de définition de g ?
- 3** Montrer que les courbes représentatives de f et g se coupent au point $A(1; 2)$.
- 4** Tracer sur une calculatrice les deux courbes, puis en déduire le nombre de points d'intersection de ces deux courbes.
- 5** En déduire la valeur des solutions de l'équation $f(x) = g(x)$. On donnera une valeur approchée au centième si nécessaire.

À partir de là, les questions sont assez compliquées.

- 6** Montrer que l'équation $2x^2 - 2x + 1 = x\sqrt{x}$ admet les mêmes solutions que l'équation $f(x) = g(x)$.
- 7** Montrer alors que les solutions de l'équation $f(x) = g(x)$ sont aussi solutions de l'équation $4x^4 - 9x^3 + 8x^2 - 4x + 1 = 0$.
- 8** On sait que $x = 1$ est une solution de cette dernière équation. On peut alors écrire : $4x^4 - 9x^3 + 8x^2 - 4x + 1 = (x - 1)(ax^3 + bx^2 + cx + d)$.

Trouver les valeurs de a , b , c et d .

Solution page 266

Exercice 9.24 (comparaison de deux nombres)

Comparer a et b dans chacun des cas suivants.

- | | | |
|---|---|--|
| 1 $a = (\pi + 1)^3$ et $b = 4,5^3$ | 3 $a = \frac{1}{\pi}$ et $b = \frac{1}{3,1}$ | 4 $a = (\pi - 5)^3$ et $b = (\pi - 4)^3$ |
| 2 $a = \sqrt{\pi + 4}$ et $b = \sqrt{7}$ | | 5 $a = \frac{1}{-4}$ et $b = \frac{1}{\pi - 7}$ |

Solution page 269

Exercice 9.25 (comparaison de deux nombres)

Comparer a et b sans calcul.

- | | |
|---|---|
| 1 $a = (\pi - 2)^2$ et $b = 1,1^2$ | 3 $a = \frac{1}{\pi}$ et $b = \frac{\pi^2 + 1}{\pi}$ |
| 2 $a = \sqrt{\pi - 1}$ et $b = \sqrt{2}$ | 4 $a = (\pi - 7)^3$ et $b = (\pi - 6)^3$ |

Solution page 269

Exercice 9.26 (encadrements)

1 Encadrer a^2 , a^3 et $\frac{1}{a}$ dans chacun des cas suivants/

a. $3 < a < 5$

b. $-2 \leq a < -\frac{1}{2}$

2 Encadrer a^2 dans les cas suivants :

a. $-\pi \leq a \leq 3$

b. $-\frac{6}{7} < a < \frac{7}{6}$

Solution page 269

Exercice 9.27 (encadrements)

1 Encadrer a^2 , a^3 et $\frac{1}{a}$ dans chacun des cas suivants :

a. $1 \leq a < 2$

b. $-3 \leq a < -1$

2 Encadrer a^2 dans chacun des cas suivants :

a. $-2\pi < a \leq 3$

b. $-\frac{2}{3} \leq a < \frac{3}{2}$

Solution page 270

Exercice 9.28 (équations et inéquations)

1 Résoudre les équations suivantes :

a. $x^2 = 10$

b. $x^3 = 216$

c. $\sqrt{x} = 8$

d. $\frac{1}{x} = 5$

2 Résoudre les inéquations suivantes :

a. $x^2 < 6$

b. $x^2 \geq 10$

c. $x^3 < 8$

d. $\sqrt{x} \leq 4$

Solution page 270

Exercice 9.29 (équations et inéquations)

1 Résoudre les équations suivantes :

a. $x^2 = 7$

b. $x^3 = -64$

c. $\sqrt{x} = 16$

d. $\frac{1}{x} = -\frac{2}{7}$

2 Résoudre les inéquations suivantes :

a. $x^2 < 12$

b. $x^2 \geq 7$

c. $x^3 < -1$

d. $\sqrt{x} \leq 9$

Solution page 271

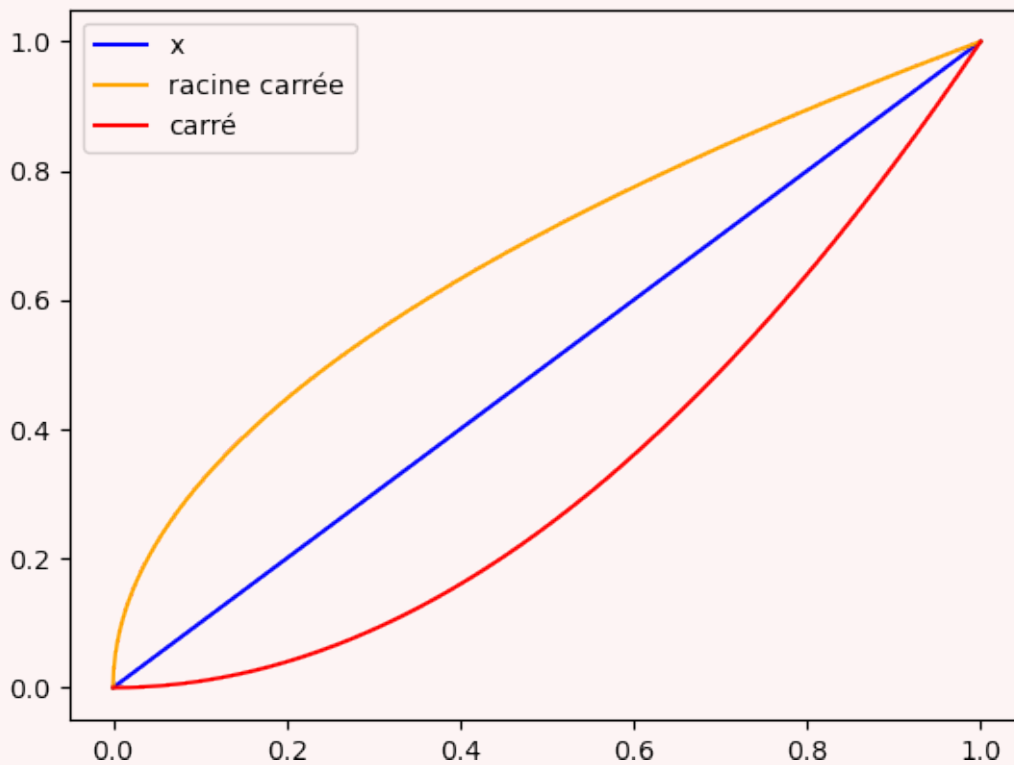
Exercice 9.30 (utilisation de matplotlib)

Le module matplotlib permet de faire des graphiques, notamment des représentations graphiques de courbes (avec la bibliothèque `matplotlib.pyplot`).

On l'installe en ligne de commande avec la commande :

```
pip install matplotlib  
ou  
conda install matplotlib (sous anaconda)
```

Effectuer quelques recherches sur le fonctionnement de ce module, puis écrire un programme Python permettant d'afficher les courbes de référence $x \mapsto x$, $x \mapsto \sqrt{x}$ et $x \mapsto x^2$ sur $[0; 1]$ comme l'illustration page suivante en faisant appel au moins de fonctions possible.



Solution page 271

Corrigé de l'exercice 9.1 page 244

- 1 $2,18^2 < 2,19^2$. En effet, $0 < 2,18 < 2,19$ et la fonction carré est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 2 $(-\pi)^2 < (-4)^2$. En effet, $-4 < -\pi < 0$ et la fonction carré est strictement décroissante sur \mathbb{R}_- , donc les images sont rangées dans l'ordre inverse : $(-4)^2 > (-\pi)^2$.
- 3 $1,718^2 > 1,0817^2$. En effet, $0 < 1,0817 < 1,718$ et la fonction carré est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 4 $0,04^2 > 0,006^2$. En effet, $0 < 0,006 < 0,04$ et la fonction carré est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 5 $(-0,78)^2 > (-0,77)^2$. En effet, $-0,78 < -0,77 < 0$ et la fonction carré est strictement décroissante sur \mathbb{R}_- , donc les images sont rangées dans l'ordre inverse : $(-0,78)^2 > (-0,77)^2$.
- 6 $(1 - \pi)^2 < (3 - 2\pi)^2$. En effet, $1 - \pi \approx 1 - 3,14 \approx -2,14$ et $3 - 2\pi \approx 3 - 6,28 \approx -3,28$ donc $3 - 2\pi < 1 - \pi < 0$. De plus, la fonction carré est strictement décroissante sur \mathbb{R}_- donc les images sont rangées dans l'ordre inverse : $(3 - 2\pi)^2 > (1 - \pi)^2$.

Corrigé de l'exercice 9.2 page 244

$$\begin{aligned}
 1 \quad x^2 = 8 &\iff x = -\sqrt{8} \text{ ou } x = \sqrt{8} \\
 &\iff x = -\sqrt{4 \times 2} \text{ ou } x = \sqrt{4 \times 2} \\
 &\iff x = -\sqrt{4} \times \sqrt{2} \text{ ou } x = \sqrt{4} \times \sqrt{2} \\
 &\iff x = -2\sqrt{2} \text{ ou } x = 2\sqrt{2}.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $x^2 = 8$ est donc : $S = \{-2\sqrt{2}; 2\sqrt{2}\}$.

$$\begin{aligned}
 2 \quad x^2 = 16 &\iff x = -\sqrt{16} \text{ ou } x = \sqrt{16} \\
 &\iff x = -4 \text{ ou } x = 4.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $x^2 = 16$ est donc : $S = \{-4; 4\}$.

$$\begin{aligned}
 3 \quad x^2 = 25 &\iff x = -\sqrt{25} \text{ ou } x = \sqrt{25} \\
 &\iff x = -5 \text{ ou } x = 5.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $x^2 = 25$ est donc : $S = \{-5; 5\}$.

$$\begin{aligned}
 4 \quad x^2 = 54 &\iff x = -\sqrt{54} \text{ ou } x = \sqrt{54} \\
 &\iff x = -\sqrt{9 \times 6} \text{ ou } x = \sqrt{9 \times 6} \\
 &\iff x = -3\sqrt{6} \text{ ou } x = 3\sqrt{6}.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $x^2 = 54$ est donc : $S = \{-3\sqrt{6}; 3\sqrt{6}\}$.

5 $2x^2 - 18 = 0 \iff 2x^2 = 18$

$\iff x^2 = 9$

$\iff x = -3 \text{ ou } x = 3.$

L'ensemble solution de l'équation $2x^2 - 18 = 0$ est donc : $S = \{-3 ; 3\}.$

6 $5x^2 + 1 = 0 \iff x^2 = -\frac{1}{5} \leftarrow \text{impossible car un carré est toujours positif ou nul.}$

L'ensemble solution de l'équation $5x^2 + 1 = 0$ est donc : $S = \emptyset.$

Corrigé de l'exercice 9.3 page 244

1 $(x + 1)^2 = 5.$ Posons $X = x + 1.$ Alors,

$(x + 1)^2 = 5 \iff X^2 = 5$

$\iff X = -\sqrt{5} \text{ ou } X = \sqrt{5}$

$\iff x + 1 = -\sqrt{5} \text{ ou } x + 1 = \sqrt{5}$

$\iff x = -\sqrt{5} - 1 \text{ ou } x = \sqrt{5} - 1.$

L'ensemble solution de l'équation $(x + 1)^2 = 5$ est donc : $S = \{-\sqrt{5} - 1 ; \sqrt{5} - 1\}.$

2 $(x - 3)^2 = 100.$ Posons $X = x - 3.$ Alors,

$(x - 3)^2 = 100 \iff X^2 = 100$

$\iff X = -10 \text{ ou } X = 10$

$\iff x - 3 = -10 \text{ ou } x - 3 = 10$

$\iff x = -10 + 3 \text{ ou } x = 10 + 3$

$\iff x = -7 \text{ ou } x = 13.$

L'ensemble solution de l'équation $(x - 3)^2 = 100$ est donc : $S = \{-7 ; 13\}.$

3 $(2x - 1)^2 = 36.$ Posons $X = 2x - 1.$ Alors,

$(2x - 1)^2 = 36 \iff X^2 = 36$

$\iff X = -6 \text{ ou } X = 6$

$\iff 2x - 1 = -6 \text{ ou } 2x - 1 = 6$

$\iff 2x = -5 \text{ ou } 2x = 7$

$\iff x = -\frac{5}{2} \text{ ou } x = \frac{7}{2}.$

L'ensemble solution de l'équation $(2x - 1)^2 = 36$ est donc : $S = \left\{-\frac{5}{2} ; \frac{7}{2}\right\}.$

4 $(5 - 2x)^2 = 64$. Posons $X = 5 - 2x$. Alors,

$$\begin{aligned}(5 - 2x)^2 = 64 &\iff X^2 = 64 \\ &\iff X = -8 \text{ ou } X = 8 \\ &\iff 5 - 2x = -8 \text{ ou } 5 - 2x = 8 \\ &\iff -2x = -13 \text{ ou } -2x = 3 \\ &\iff x = \frac{13}{2} \text{ ou } x = -\frac{3}{2}.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $(5 - 2x)^2 = 64$ est donc : $S = \left\{ -\frac{3}{2}; \frac{13}{2} \right\}$.

5 $2(x - 1)^2 - 7 = 0$. Posons $X = x - 1$. Alors,

$$\begin{aligned}2(x - 1)^2 - 7 = 0 &\iff 2X^2 = 7 \\ &\iff X^2 = \frac{7}{2} \\ &\iff X = -\sqrt{\frac{7}{2}} \text{ ou } X = \sqrt{\frac{7}{2}} \\ &\iff x - 1 = -\sqrt{\frac{7}{2}} \text{ ou } x - 1 = \sqrt{\frac{7}{2}} \\ &\iff x = -\sqrt{\frac{7}{2}} + 1 \text{ ou } x = \sqrt{\frac{7}{2}} + 1.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $2(x - 1)^2 - 7 = 0$ est donc : $S = \left\{ 1 - \sqrt{\frac{7}{2}}; 1 + \sqrt{\frac{7}{2}} \right\}$.

6 $5(x + 3)^2 + 1 = 0 \iff 5(x + 3)^2 = -1$.

Or, $5 > 0$ et $(x + 3)^2 \geq 0$ donc $5(x + 3)^2 \geq 0$, quel que soit x .

Ainsi, $5(x + 3)^2$ ne peut jamais être égal à -1 . Donc $S = \emptyset$.

Corrigé de l'exercice 9.4 page 244

1 Si $x \in [5; 8]$ alors $x^2 \in [25; 64]$.

En effet, $5 > 0$ et $8 > 0$, et la fonction carré est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ donc quand on passe aux carrés, l'ordre ne change pas :

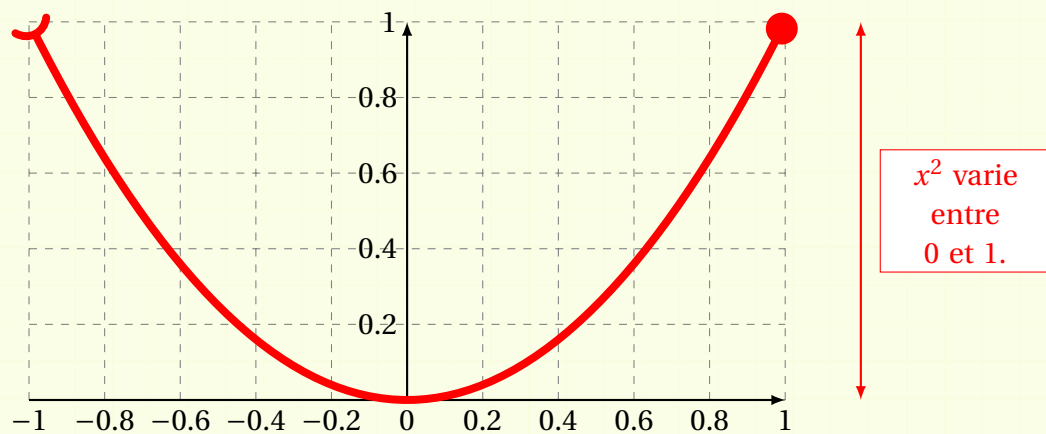
$$5 \leq x \leq 8 \iff 5^2 \leq x^2 \leq 8^2.$$

2 Si $x \in [-4; -2[$ alors $x^2 \in [4; 16]$.

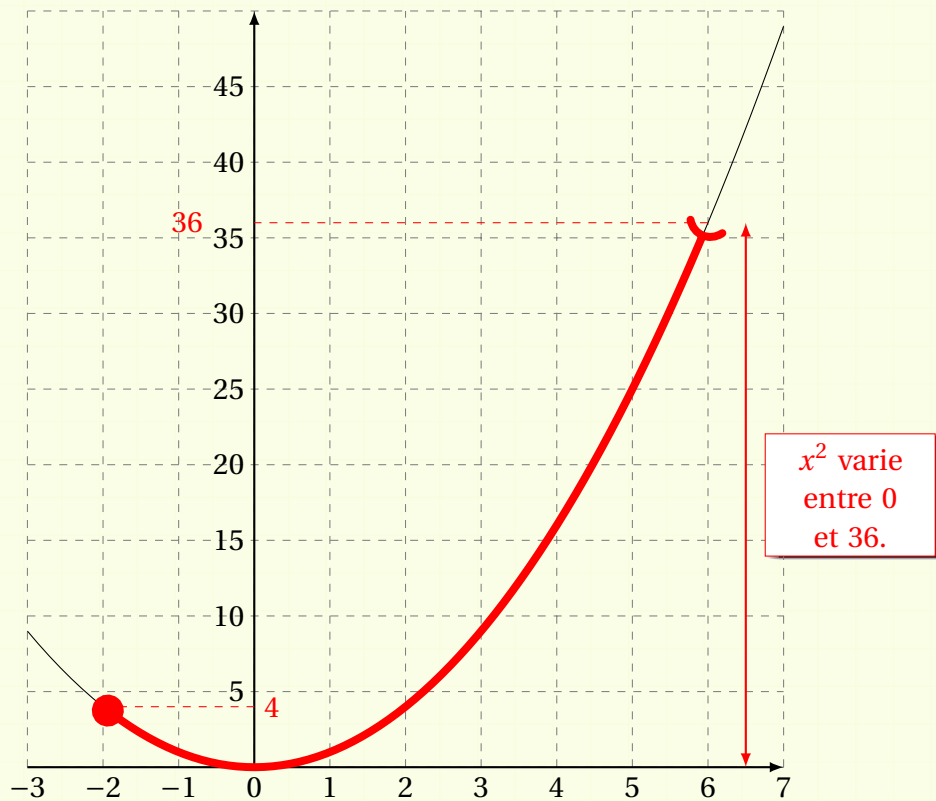
En effet, $-4 < 0$ et $-2 < 0$, et la fonction carré est strictement décroissante sur \mathbb{R}_- donc quand on passe aux carrés, on change l'ordre :

$$-4 \leq x < -2 \iff (-4)^2 \geq x^2 > (-2)^2.$$

3 Si $x \in]-1; 1]$ alors $x^2 \in [0; 1]$. On peut le voir sur le graphique suivant :



4 Si $x \in]-2; 6]$ alors $x^2 \in [0; 36]$. On peut le voir sur le graphique suivant :



Corrigé de l'exercice 9.5 page 244

$$\begin{aligned} 1 \quad \frac{1}{2} [f(a+b) - (f(a) + f(b))] &= \frac{1}{2} [(a+b)^2 - (a^2 + b^2)] \\ &= \frac{1}{2} [a^2 + 2ab + b^2 - a^2 - b^2] \end{aligned}$$

$$\boxed{\frac{1}{2} [f(a+b) - (f(a) + f(b))] = ab}$$

$$\begin{aligned}
 \text{2} \quad f(a+b) - f(a-b) &= (a+b)^2 - (a-b)^2 \\
 &= (a^2 + 2ab + b^2) - (a^2 - 2ab + b^2) \\
 &= a^2 + 2ab + b^2 - a^2 + 2ab - b^2
 \end{aligned}$$

$$f(a+b) - f(a-b) = 4ab$$

$$\begin{aligned}
 \text{3} \quad f\left(\frac{a+b}{2}\right) - f\left(\frac{a-b}{2}\right) &= \left(\frac{a+b}{2}\right)^2 - \left(\frac{a-b}{2}\right)^2 \\
 &= \frac{(a+b)^2 - (a-b)^2}{4} \\
 &= \frac{4ab}{4} \text{ (d'après la question précédente)}
 \end{aligned}$$

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

Corrigé de l'exercice 9.6 page 245

$$\text{1} \quad x^2 \geq 81 \iff x \in]-\infty; -9] \cup [9; +\infty[.$$

$$\text{2} \quad x^2 < -1. \text{ Cette inégalité étant impossible (car un carré est toujours positif ou nul), l'ensemble solution est : } \underline{S = \emptyset}.$$

$$\text{3} \quad x^2 > -5. \text{ Un carré étant toujours positif ou nul, il est toujours plus grand que } -5 \text{ donc l'ensemble solution de l'inéquation est : } \underline{S = \mathbb{R}}.$$

$$\text{4} \quad x^2 \leq 64 \iff x \in [-8; 8].$$

Corrigé de l'exercice 9.7 page 245

$$\text{1} \quad \frac{1}{2,18} > \frac{1}{2,19}. \text{ En effet, } 2,18 < 2,19 \text{ et la fonction inverse est strictement décroissante sur } \mathbb{R}_+^*, \text{ donc les images sont rangées dans l'ordre inverse.}$$

$$\text{2} \quad \frac{1}{-\pi} < \frac{1}{-4}. \text{ En effet, } -\pi > -4 \text{ et la fonction inverse est strictement décroissante sur } \mathbb{R}_-^*, \text{ donc les images sont rangées dans l'ordre inverse.}$$

$$\text{3} \quad \frac{1}{1,718} < \frac{1}{1,0817} \text{ car } 1,718 > 1,0817 \text{ et les images par la fonction inverse sont rangées dans l'ordre inverse des antécédents.}$$

$$\text{4} \quad \frac{1}{0,04} < \frac{1}{0,006} \text{ car } 0,04 > 0,006.$$

$$\text{5} \quad \frac{1}{-0,78} > \frac{1}{-0,77} \text{ car } -0,78 < -0,77.$$

$$\text{6} \quad \frac{1}{1-\pi} < \frac{1}{3-2\pi} \text{ car } 1-\pi \approx -2,14 \text{ et } 3-2\pi \approx -3,28, \text{ donc } 1-\pi > 3-2\pi.$$

Corrigé de l'exercice 9.8 page 245

1 $\frac{1}{x} = 8 \iff x = \frac{1}{8}$.

2 $\frac{1}{x} = -16 \iff x = -\frac{1}{16}$.

3 $\frac{1}{x} = 0 \leftarrow$ impossible (la courbe représentative de la fonction inverse ne coupe jamais la droite d'équation $y = 0$, c'est-à-dire l'axe des abscisses). Donc $S = \emptyset$.

Corrigé de l'exercice 9.9 page 245

1 $\frac{1}{x+1} = 5$. Posons $X = x + 1$. Alors,

$$\begin{aligned}\frac{1}{x+1} = 5 &\iff \frac{1}{X} = 5 \\ &\iff X = \frac{1}{5} \\ &\iff x + 1 = \frac{1}{5} \\ &\iff x = \frac{1}{5} - 1 = \frac{1}{5} - \frac{5}{5} \\ &\iff x = -\frac{4}{5}.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $\frac{1}{x+1} = 5$ est donc : $S = \left\{ -\frac{4}{5} \right\}$.

2 $\frac{1}{x-3} = 100$. Posons $X = x - 3$. Alors,

$$\begin{aligned}\frac{1}{x-3} = 100 &\iff \frac{1}{X} = 100 \\ &\iff X = \frac{1}{100} \\ &\iff x - 3 = \frac{1}{100} \\ &\iff x = \frac{1}{100} + 3 = \frac{1}{100} + \frac{300}{100} \\ &\iff x = \frac{301}{100}.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $\frac{1}{x-3} = 100$ est donc : $S = \left\{ \frac{301}{100} \right\}$.

3 $\frac{1}{2x-1} = 36$. Posons $X = 2x - 1$. Alors,

$$\begin{aligned}\frac{1}{2x-1} = 36 &\Leftrightarrow \frac{1}{X} = 36 \\ &\Leftrightarrow X = \frac{1}{36} \\ &\Leftrightarrow 2x - 1 = \frac{1}{36} \\ &\Leftrightarrow 2x = \frac{1}{36} + 1 \\ &\Leftrightarrow 2x = \frac{37}{36} \\ &\Leftrightarrow x = \frac{1}{2} \times \frac{37}{36} \\ &\Leftrightarrow x = \frac{37}{72}.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $\frac{1}{2x-1} = 36$ est donc : $S = \left\{ \frac{37}{72} \right\}$.

4 $\frac{1}{5-2x} = 64$. Posons $X = 5 - 2x$. Alors,

$$\begin{aligned}\frac{1}{5-2x} = 64 &\Leftrightarrow \frac{1}{X} = 64 \\ &\Leftrightarrow X = \frac{1}{64} \\ &\Leftrightarrow 5 - 2x = \frac{1}{64} \\ &\Leftrightarrow -2x = \frac{1}{64} - 5 \\ &\Leftrightarrow -2x = \frac{-319}{64} \\ &\Leftrightarrow x = \frac{319}{128}.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $\frac{1}{5-2x} = 64$ est donc : $S = \left\{ \frac{319}{128} \right\}$.

5 $\frac{2}{x-1} - 7 = 0 \Leftrightarrow \frac{2}{x-1} = 7$
 $\Leftrightarrow \frac{x-1}{2} = \frac{1}{7}$ (on a inversé les deux membres de l'égalité)
 $\Leftrightarrow x - 1 = \frac{2}{7}$ (on a multiplié par deux les deux membres)
 $\Leftrightarrow x = \frac{2}{7} + 1$
 $\Leftrightarrow x = \frac{9}{7}.$

L'ensemble solution de l'équation $\frac{2}{x-1} - 7 = 0$ est donc : $S = \left\{ \frac{9}{7} \right\}$.

$$\begin{aligned}
 \text{6 } \frac{5}{x+3} + 1 = 0 &\iff \frac{5}{x+3} = -1 \\
 &\iff \frac{x+3}{5} = -1 \\
 &\iff x+3 = -5 \quad (\text{on a multiplié par 5 les deux membres de l'égalité}) \\
 &\iff x = -8.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $\frac{5}{x+3} + 1 = 0$ est donc : $S = \{-8\}$.

Corrigé de l'exercice 9.10 page 245

$$\text{1 } \text{Si } x \in [5; 8] \text{ alors } \frac{1}{x} \in \left[\frac{1}{8}; \frac{1}{5} \right].$$

En effet, la fonction inverse étant décroissante sur \mathbb{R}_+^* , les images sont rangées dans l'ordre inverse : $5 \leq x \leq 8 \iff \frac{1}{5} \geq \frac{1}{x} \geq \frac{1}{8}$.

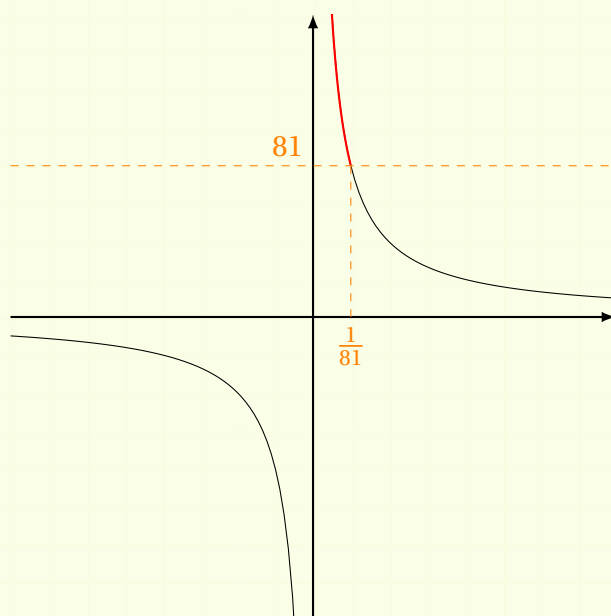
$$\text{2 } \text{Si } x \in [-4; -2[\text{ alors } \frac{1}{x} \in \left] -\frac{1}{2}; -\frac{1}{4} \right].$$

$$\text{3 } \text{Si } x \in]-1; 0[\text{ alors } \frac{1}{x} \in]-\infty; -1[.$$

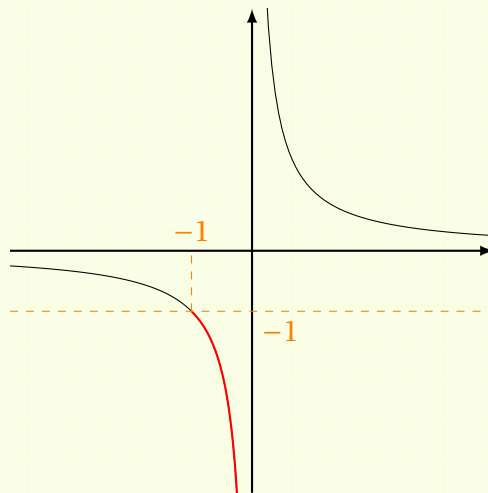
$$\text{4 } \text{Si } x \in]0; 7[\text{ alors } \frac{1}{x} \in \left] \frac{1}{7}; +\infty \right[.$$

Corrigé de l'exercice 9.11 page 246

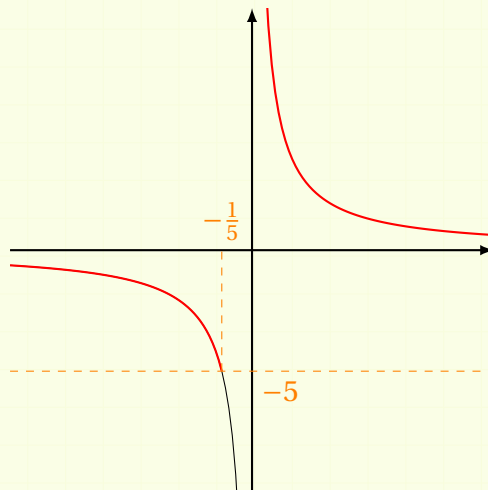
$$\text{1 } \frac{1}{x} \geq 81 \iff x \in \left] 0; \frac{1}{81} \right].$$



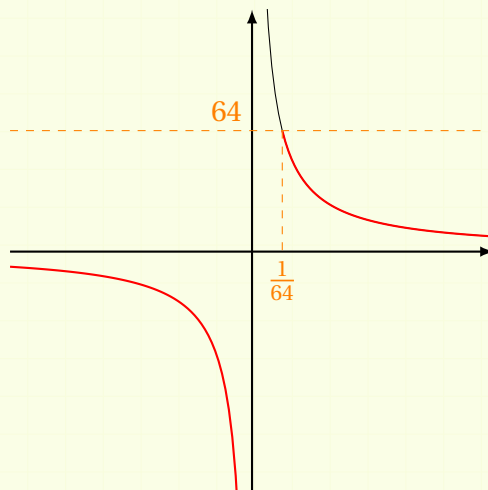
2 $\frac{1}{x} < -1 \iff x \in]-1; 0[.$



3 $\frac{1}{x} > -5 \iff x \in]-\infty; -\frac{1}{5}[\cup]0; +\infty[.$



4 $\frac{1}{x} \leq 64 \iff x \in]-\infty; 0[\cup \left[\frac{1}{64}; +\infty\right[.$



Corrigé de l'exercice 9.12 page 246

$$\begin{aligned}
 \text{1} \quad f(a+b) - f(a-b) &= \frac{1}{a+b} - \frac{1}{a-b} \\
 &= \frac{a-b}{(a+b)(a-b)} - \frac{a+b}{(a+b)(a-b)} \\
 &= \frac{(a-b) - (a+b)}{(a-b)(a+b)} \\
 &= \frac{a-b-a-b}{a^2-b^2}
 \end{aligned}$$

$$f(a+b) - f(a-b) = \frac{-2b}{a^2-b^2}$$

$$\begin{aligned}
 \text{2} \quad \frac{1}{2}[f(a+b) + f(a-b)] &= \frac{1}{2} \left[\frac{1}{a+b} + \frac{1}{a-b} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[\frac{a-b}{(a+b)(a-b)} + \frac{a+b}{(a+b)(a-b)} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[\frac{(a-b) + (a+b)}{(a-b)(a+b)} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[\frac{a-b+a+b}{a^2-b^2} \right]
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2}[f(a+b) + f(a-b)] = \frac{a}{a^2-b^2}$$

Corrigé de l'exercice 9.13 page 246

- 1 $2, 18^3 < 2, 19^3$. En effet, $0 < 2, 18 < 2, 19$ et la fonction cube est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 2 $(-\pi)^3 > (-4)^3$. En effet, $-4 < -\pi < 0$ et la fonction cube est strictement croissante sur \mathbb{R}_- , donc les images sont rangées dans le même ordre : $(-4)^3 < (-\pi)^3$.
- 3 $1, 718^3 > 1, 0817^3$. En effet, $0 < 1, 0817 < 1, 718$ et la fonction cube est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 4 $(-0, 04)^3 < 0, 006^3$. En effet, $-0, 04 < 0$ donc $(-0, 04)^3 < 0$ et $0, 006 > 0$ donc $0, 006^3 > 0$.
- 5 $(-0, 78)^3 < (-0, 77)^3$. En effet, $-0, 78 < -0, 77 < 0$ et la fonction cube est strictement croissante sur \mathbb{R}_- , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 6 $(1 - \pi)^3 > (3 - 2\pi)^3$. En effet, $1 - \pi \approx 1 - 3, 14 \approx -2, 14$ et $3 - 2\pi \approx 3 - 6, 28 \approx -3, 28$ donc $3 - 2\pi < 1 - \pi < 0$. De plus, la fonction cube est strictement croissante sur \mathbb{R}_- donc les images sont rangées dans l'ordre inverse : $(3 - 2\pi)^3 > (1 - \pi)^3$.

Corrigé de l'exercice 9.14 page 246

- 1 Si $x \in [5; 8]$ alors $x^3 \in [125; 512]$, où $5^3 = 125$ et $8^3 = 512$.
En effet, $5 > 0$ et $8 > 0$, et la fonction cube est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ donc quand on passe aux cubes, l'ordre ne change pas :

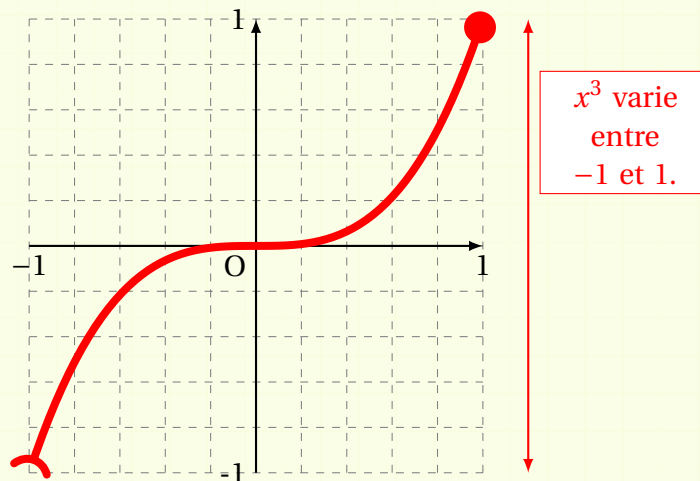
$$5 \leq x \leq 8 \iff 5^3 \leq x^3 \leq 8^3.$$

- 2 Si $x \in [-4; -2[$ alors $x^2 \in [-64; -8[$.

En effet, $-4 < 0$ et $-2 < 0$, et la fonction cube est strictement croissante sur \mathbb{R}_- donc quand on passe aux cubes, on change l'ordre :

$$-4 \leq x < -2 \iff (-4)^3 \leq x^3 < (-2)^3.$$

- 3 Si $x \in]-1; 1]$ alors $x^3 \in]-1; 1]$. On peut le voir sur le graphique suivant :



- 4 Si $x \in]-2; 6[$ alors $x^3 \in]-8; 216[$, où $(-2)^3 = -8$ et $6^3 = 216$.

Corrigé de l'exercice 9.15 page 246

- 1 $\sqrt{2,18} < \sqrt{2,19}$. En effet, $0 < 2,18 < 2,19$ et la fonction racine carrée est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 2 $\sqrt{(-\pi)^2} < \sqrt{(-4)^2}$. En effet, $(-\pi)^2 = \pi^2 \approx 9,9$ et $(-4)^2 = 16$, donc $(-\pi)^2 < (-4)^2$ et la fonction racine carrée est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 3 $\sqrt{1,718} > \sqrt{1,0817}$. En effet, $0 < 1,0817 < 1,718$ et la fonction racine carrée est strictement croissante sur \mathbb{R}_+ , donc les images sont rangées dans le même ordre.
- 4 $\sqrt{(-0,04)^2} > \sqrt{0,006^2}$. En effet, $(-0,04)^2 = 0,04^2$ et $0,006 < 0,04$; de plus, $\sqrt{0,04^2} = 0,04$ et $\sqrt{0,006^2} = 0,006$. Or, on sait que $0,006 < 0,4$. D'où le résultat.
- 5 $\sqrt{(-0,78)^2} > \sqrt{(-0,77)^2}$. En effet, $\sqrt{(-0,78)^2} = 0,78$ et $\sqrt{(-0,77)^2} = 0,77$. Or, on sait que $0,77 < 0,78$. D'où le résultat.
- 6 $\sqrt{(1-\pi)^2} < \sqrt{(3-2\pi)^2}$. En effet, $1-\pi \approx 1-3,14 \approx -2,14$ donc $1-\pi < 0$, ce qui signifie que $\sqrt{(1-\pi)^2} = \pi - 1 \approx 2,14$.
De plus, $3-2\pi \approx 3-6,28 \approx -3,28 < 0$ donc $\sqrt{(3-2\pi)^2} = 2\pi - 3 \approx 6,28 - 3 \approx 3,28$.
À l'aide des valeurs approchées trouvées précédemment, on peut dire que $\pi - 1 < 2\pi - 3$. D'où le résultat.

Corrigé de l'exercice 9.16 page 247

- 1 $\sqrt{x} = 8 \iff (\sqrt{x})^2 = 8^2 \iff x = 64$. Donc $S = \{64\}$.
- 2 $\sqrt{x} = 16 \iff (\sqrt{x})^2 = 16^2 \iff x = 256$. Donc $S = \{256\}$.
- 3 $\sqrt{x} = 25 \iff (\sqrt{x})^2 = 25^2 \iff x = 625$. Donc $S = \{625\}$.
- 4 $\sqrt{x} = 54 \iff (\sqrt{x})^2 = 54^2 \iff x = 2916$. Donc $S = \{2916\}$.
- 5 $2\sqrt{x} - 18 = 0 \iff 2\sqrt{x} = 18 \iff \sqrt{x} = 9 \iff x = 9^2 \iff x = 81$. Donc $S = \{81\}$.
- 6 $5\sqrt{x} + 1 = 0 \iff \sqrt{x} = -\frac{1}{5}$ ← impossible car une racine carrée est toujours positive ou nulle. Donc $S = \emptyset$.

Corrigé de l'exercice 9.17 page 247

- 1 $\sqrt{x+1} = 5$. On pose $X = x + 1$. Alors,

$$\begin{aligned}\sqrt{x+1} = 5 &\iff \sqrt{X} = 5 \\ &\iff X = 5^2 \\ &\iff x+1 = 25 \\ &\iff x = 24.\end{aligned}$$

On vérifie que $x = 24$ vérifie l'égalité : $\sqrt{24+1} = \sqrt{25} = 5$, ce qui est ce que nous souhaitons.

L'ensemble solution de l'équation est donc $S = \{24\}$.

- 2 $\sqrt{x-3} = 1$. On pose $X = x - 3$. Alors,

$$\begin{aligned}\sqrt{x-3} = 1 &\iff \sqrt{X} = 1 \\ &\iff X = 1^2 \\ &\iff x-3 = 1 \\ &\iff x = 4.\end{aligned}$$

On vérifie que $x = 4$ vérifie l'égalité : $\sqrt{4-3} = \sqrt{1} = 1$, ce qui est ce que nous souhaitons.

L'ensemble solution de l'équation est donc $S = \{4\}$.

- 3 $\sqrt{2x-1} = 6$. On pose $X = 2x - 1$. Alors,

$$\begin{aligned}\sqrt{2x-1} = 6 &\iff \sqrt{X} = 6 \\ &\iff X = 6^2 \\ &\iff 2x-1 = 36 \\ &\iff 2x = 37 \\ &\iff x = \frac{37}{2}.\end{aligned}$$

On vérifie que $x = \frac{37}{2}$ vérifie l'égalité : $\sqrt{2 \times \frac{37}{2} - 1} = \sqrt{37 - 1} = \sqrt{36} = 6$, ce qui est ce que nous souhaitons.

L'ensemble solution de l'équation est donc $S = \left\{ \frac{37}{2} \right\}$.

4 $\sqrt{5 - 2x} = 7$. On pose $X = 5 - 2x$. Alors,

$$\begin{aligned}\sqrt{5 - 2x} = 7 &\iff \sqrt{X} = 7 \\ &\iff X = 7^2 \\ &\iff 5 - 2x = 49 \\ &\iff -2x = 44 \\ &\iff x = -22.\end{aligned}$$

On vérifie que $x = -22$ vérifie l'égalité : $\sqrt{5 - 2 \times (-22)} = \sqrt{5 + 44} = \sqrt{49} = 7$, ce qui est ce que nous souhaitons.

L'ensemble solution de l'équation est donc $S = \{-22\}$.

5 $2\sqrt{x-1} - 7 = 0$. On pose $X = x - 1$. Alors,

$$\begin{aligned}2\sqrt{x-1} - 7 = 0 &\iff 2\sqrt{X} = 7 \\ &\iff X = \frac{7}{2} \\ &\iff X = \left(\frac{7}{2}\right)^2 \\ &\iff x - 1 = \frac{49}{4} \\ &\iff x = \frac{49}{4} + 1 \\ &\iff x = \frac{53}{4}.\end{aligned}$$

On vérifie que $x = \frac{53}{4}$ vérifie l'égalité :

$$2\sqrt{\frac{53}{4} - 1} - 7 = 2\sqrt{\frac{49}{4}} - 7 = 2 \times \frac{7}{2} - 7 = 7 - 7 = 0,$$

ce qui est ce que nous souhaitons.

L'ensemble solution de l'équation est donc $S = \left\{ \frac{53}{4} \right\}$.

6 $5\sqrt{x+3} - 1 = 0 \iff 5\sqrt{x+3} = 1$

$$\begin{aligned}\iff \sqrt{x+3} &= \frac{1}{5} \\ \iff x+3 &= \frac{1}{25} \\ \iff x &= \frac{1}{25} - 3 \\ \iff x &= -\frac{74}{25}\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation est donc $S = \left\{ -\frac{22}{25} \right\}$.

Remarque 76

Nous ne sommes pas obligés de toujours vérifier l'exactitude de la valeur trouvée, comme je l'ai fait dans les questions 1 à 5. Nous ne sommes pas non plus obligés de poser $X = \dots$. Dans la question 6, j'ai justement fait autrement pour montrer qu'il est possible d'aller plus vite.

Attention toutefois : il faut tout de même vérifier que la valeur trouvée est possible quand il y a une racine carrée... En effet, si on trouve par exemple $x = -2$ et que l'équation comporte $\sqrt{x-3}$, cette valeur n'est pas possible car $\sqrt{-2-3} = \sqrt{-5}$ n'existe pas ! Enfin... pas dans les nombres réels.

Corrigé de l'exercice 9.18 page 247

Pour tous a et b strictement positifs,

$$\begin{aligned} f(a+b) < f(a) + f(b) &\iff \sqrt{a+b} < \sqrt{a} + \sqrt{b} \\ &\iff (\sqrt{a+b})^2 < (\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 \text{ car } x \mapsto x^2 \text{ est strictement croissante sur } \mathbb{R}_+ \\ &\iff a+b < (\sqrt{a})^2 + 2\sqrt{a} \times \sqrt{b} + (\sqrt{b})^2 \\ &\iff a+b < a + 2\sqrt{ab} + b \\ &\iff 0 < 2\sqrt{ab} \leftarrow \text{ce qui est toujours vrai.} \end{aligned}$$

Nous avons raisonné par *équivalences*, ce qui justifie que dans la mesure où « $2\sqrt{ab} > 0$ » est toujours vraie, « $f(a+b) < f(a) + f(b)$ » l'est aussi.

Corrigé de l'exercice 9.19 page 247

- 1 $\sqrt{x} \geq 9 \iff x \geq 9^2 \iff x \geq 81$. Donc $S = [81; +\infty[$.
- 2 $\sqrt{x} < -1$. Une racine carrée étant toujours positive ou nulle, elle ne peut pas être inférieure à -1 . Donc il n'y a aucune valeur de x qui vérifie l'inégalité $\sqrt{x} < -1$. D'où $S = \emptyset$.
- 3 $\sqrt{x} > -5$. Cette inégalité est toujours vraie car une racine carrée est toujours positive ou nulle. En revanche, x doit être positif ou nul pour que \sqrt{x} existe. Donc $S = [0; +\infty[$.
- 4 $\sqrt{x} \leq 8 \iff 0 \leq x \leq 8^2$. Donc $S = [0; 64]$.
- 5 $\sqrt{3x-8} < 1 \iff 0 \leq 3x-8 < 1$
 $\iff 8 \leq 3x < 9$ en ajoutant 8 à chaque membre
 $\iff \frac{8}{3} \leq x < 3$ en divisant par 3 chaque membre

L'ensemble solution est donc $S = \left[\frac{8}{3}; 3 \right[$.

$$\begin{aligned}
 6 \quad \sqrt{5-2x} &\geq 2 \iff 5-2x \geq 4 \\
 &\iff -2x \geq -1 \\
 &\iff x \leq \frac{1}{2}.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution est donc $S = \left] -\infty; \frac{1}{2} \right]$.

Remarque 77

On s'assure que $5-2x \geq 0$ pour $x \in S$ sinon $\sqrt{5-2x}$ n'existe pas.

Corrigé de l'exercice 9.20 page 247

Supposons que la courbe représentative de la fonction carré coupe celle de la fonction racine carrée en au moins un point. Notons alors ce point $I(x; y)$.

Alors, $y = x^2$ (car I appartient à la courbe représentative de la fonction carré) et $y = \sqrt{x}$ (car I appartient à la courbe représentative de la fonction racine carrée), avec $x \geq 0$. Ainsi,

$$\begin{aligned}
 x^2 = \sqrt{x} &\iff (x^2)^2 = (\sqrt{x})^2 \\
 &\iff x^4 = x \\
 &\iff x^4 - x = 0 \\
 &\iff x(x^3 - 1) = 0 \\
 &\iff x = 0 \text{ ou } x^3 - 1 = 0 \\
 &\iff x = 0 \text{ ou } x^3 = 1 \\
 &\iff x = 0 \text{ ou } x = 1.
 \end{aligned}$$

Ainsi, il existe deux points d'intersection :

- l'un d'abscisse 0, et donc d'ordonnée $y = 0^2 = 0$; c'est l'origine du repère,
- l'autre d'abscisse 1, et donc d'ordonnée $y = 1^2 = 1$.

Corrigé de l'exercice 9.21 page 247

Supposons que la courbe représentative de la fonction inverse coupe celle de la fonction racine carrée en au moins un point. Notons alors ce point $I(x; y)$.

Alors, $y = \frac{1}{x}$ (car I appartient à la courbe représentative de la fonction inverse), avec $x \neq 0$, et $y = \sqrt{x}$ (car I appartient à la courbe représentative de la fonction racine carrée), avec $x \geq 0$. Ainsi,

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{x} = \sqrt{x} &\iff \left(\frac{1}{x}\right)^2 = (\sqrt{x})^2 \\
 &\iff \frac{1}{x^2} = x \\
 &\iff \frac{1}{x^2} \times \frac{1}{x} = x \times \frac{1}{x}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Leftrightarrow \frac{1}{x^3} &= 1 \\ \Leftrightarrow x^3 &= 1 \\ \Leftrightarrow x &= 1.\end{aligned}$$

Ainsi, il n'existe qu'un seul point d'intersection, donc l'abscisse vaut 1 et dont l'ordonnée vaut $y = \sqrt{1} = 1$.

Corrigé de l'exercice 9.22 page 248

Supposons que la courbe représentative de la fonction inverse coupe celle de la fonction carré en au moins un point. Notons alors ce point $I(x; y)$.

Alors, $y = \frac{1}{x}$ (car I appartient à la courbe représentative de la fonction inverse), avec $x \neq 0$, et $y = x^2$ (car I appartient à la courbe représentative de la fonction carré). Ainsi,

$$\begin{aligned}\frac{1}{x} = x^2 &\Leftrightarrow \frac{1}{x} \times x = x^2 \times x \\ &\Leftrightarrow 1 = x^3 \\ &\Leftrightarrow x = 1.\end{aligned}$$

Ainsi, il n'existe qu'un seul point d'intersection, donc l'abscisse vaut 1 et dont l'ordonnée vaut $y = 1^2 = 1$.

Corrigé de l'exercice 9.23 page 248

- 1** $f(x) = \sqrt{x} + 2 - x$. Le domaine de définition de $x \mapsto \sqrt{x}$ étant \mathbb{R}_+ et celui de $x \mapsto 2 - x$ étant \mathbb{R} , le domaine de définition de f est l'intersection des deux ensembles, c'est-à-dire :

$$\mathcal{D}_f = \mathbb{R}_+ = [0; +\infty[.$$

- 2** $g(x) = x + \frac{1}{x}$. Le domaine de définition de $x \mapsto \frac{1}{x}$ étant \mathbb{R}^* , celui de g est aussi :

$$\mathcal{D}_g = \mathbb{R}^* =]0; +\infty[\cup]-\infty; 0[.$$

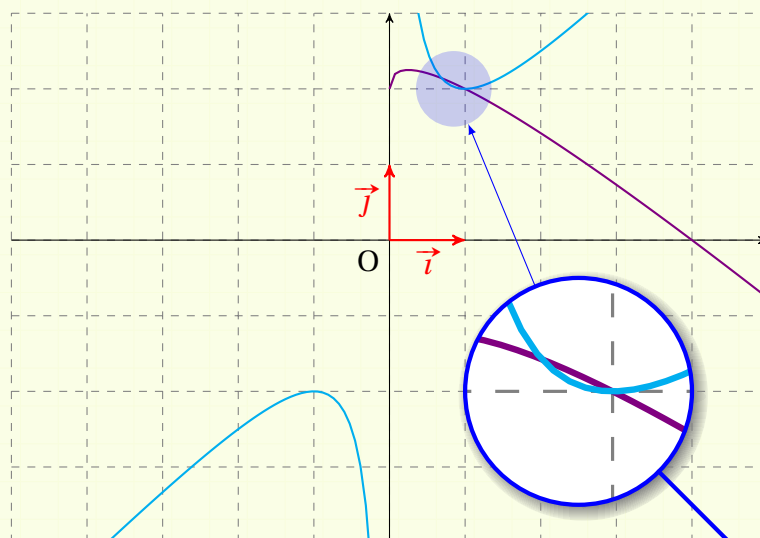
- 3** $f(1) = 2 + \sqrt{1} - 1 = 2 + 1 - 1 = 2$; donc le point $A(1; 2)$ appartient à la courbe représentative \mathcal{C}_f de f .

$$g(1) = \frac{1}{1} + 1 = 1 + 1 = 2, \text{ donc } A \in \mathcal{C}_g, \text{ courbe représentative de } g.$$

Par conséquent, les deux courbes se coupent en A .

- 4** On trace les deux courbes (voir page suivante).

On voit alors qu'il y a deux points d'intersection, dont le point A .



5 Le premier point d'intersection a pour abscisse à peu près 0,69. Par conséquent, les solutions de l'équation $f(x) = g(x)$ sont $x \approx 0,69$ et $x = 2$; ce sont les abscisses des points d'intersection des deux courbes.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{6} \quad f(x) = g(x) &\iff 2 + \sqrt{x} - x = \frac{1}{x} + x \\
 &\iff x(2 + \sqrt{x} - x) = x\left(\frac{1}{x} + x\right) && \text{on multiplie par } x \neq 0 \\
 &&& \text{chaque membre de l'équation} \\
 &\iff 2x + x\sqrt{x} - x^2 = 1 + x^2 && \text{on distribue le } x \\
 &\iff x\sqrt{x} = 2x^2 - 2x + 1
 \end{aligned}$$

Ainsi, les deux équations $f(x) = g(x)$ et $x\sqrt{x} = 2x^2 - 2x + 1$ sont équivalentes, ce qui signifie qu'elles sont exactement les mêmes solutions.

Remarque 78

L'étape où on a multiplié par x les deux membres de l'équation est importante. Ici, nous avons pu faire cela car $x = 0$ n'est pas une solution de l'équation $f(x) = g(x)$. Si 0 avait été une solution de l'équation, on aurait tout de même pu multiplier par x , mais en posant la condition « avec $x \neq 0$ » et en transformant l'équivalence (« \iff ») en implication (« \Rightarrow »), ce qui rend la tâche moins évidente, mais possible tout de même. Dans un tel cas, les deux équations n'auraient pas eu exactement les mêmes solutions.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{7} \quad f(x) = g(x) &\iff x\sqrt{x} = 2x^2 - 2x + 1 && \text{d'après la question précédente} \\
 &\implies (x\sqrt{x})^2 = (2x^2 - 2x + 1)^2 \\
 &\implies x^2 \times x = 4x^4 - 8x^3 + 8x^2 - 4x + 1 && \text{d'après la formule} \\
 &&& (a + b + c)^2 = \\
 &&& a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc \\
 &\implies 4x^4 - 9x^3 + 8x^2 - 4x + 1 = 0.
 \end{aligned}$$

Attention !!



Dès que nous élevons au carré deux membres d'une équation, nous perdons l'équivalence. Cela signifie que SI x est solution de $f(x) = g(x)$ ALORS x est aussi solution de $4x^4 - 9x^3 + 8x^2 - 4x + 1 = 0$, mais la réciproque est fausse.

8 Développons :

$$\begin{aligned}(x-1)(ax^3 + bx^2 + cx + d) &= ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx - ax^3 - bx^2 - cx - d \\ &= ax^4 + (b-a)x^3 + (c-b)x^2 + (d-c)x - d \\ &= 4x^4 - 9x^3 + 8x^2 - 4x + 1 \text{ (par hypothèse).}\end{aligned}$$

Donc les coefficients de x^4 doivent être égaux; de même pour ceux de x^3 , x^2 , x et pour le nombre constant :

$$\begin{cases} a &= 4 \\ b-a &= -9 \\ c-b &= 8 \\ d-c &= -4 \\ -d &= 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 4 \\ d = -1 \\ b = -9 + a = -9 + 4 = -5 \\ c = 8 + b = 8 - 5 = 3 \end{cases}$$

Ainsi,

$$4x^4 - 9x^3 + 8x^2 - 4x + 1 = (x-1)(4x^3 - 5x^2 + 3x - 1).$$

Remarque 79

Le fait d'écrire la dernière équation sous la forme $(x-1)(4x^3 - 5x^2 + 3x - 1) = 0$ est intéressante car pour trouver la solution différente de 1, il suffit de résoudre l'équation $4x^3 - 5x^2 + 3x - 1 = 0$. Mais cette équation n'est pas facile à résoudre pour des élèves de lycées. Il existe cependant une méthode, que l'on appelle la *méthode de Cardan*, qui permet de trouver la valeur exacte de la solution qu'il manque, et non une valeur approchée.

En résumé, nous sommes partis de l'équation $\sqrt{x} + 2 - x = \frac{1}{x} + x$ et comme nous n'avons pas pu trouver de valeur exacte à toutes ses solutions, nous l'avons transformé en l'équation $(x-1)(4x^3 - 5x^2 + 3x - 1) = 0$ en ayant à l'esprit que les solutions de la 1^{re} équation sont nécessairement dans l'ensemble solution de la seconde (ici, elles sont mêmes identiques). Si nous avons transformé la 1^{re} équation, c'est dans l'espoir de trouver une équation plus simple à résoudre (ce qui est le cas pour les mathématiciens, mais pas pour les élèves de Seconde).

On arrive ainsi à démontrer que la valeur exacte de la seconde solution est... (accrochez-vous...) :

$$\sqrt[3]{\sqrt{\frac{5041}{746496} - \frac{1331}{2985984}} + \frac{71}{1728}} - \sqrt[3]{\sqrt{\frac{5041}{746496} - \frac{1331}{2985984}} - \frac{71}{1728}} + \frac{5}{12},$$

dont une valeur approchée est 0,688 042 944 721.

Je précise que $\sqrt[3]{y}$ est le nombre x tel que $x^3 = y$ (c'est l'antécédent de y par la fonction cube).

Corrigé de l'exercice 9.24 page 248

- 1 $\pi + 1 \approx 3,14 + 1 \approx 4,14$ donc $\pi + 1 < 4,5$; ainsi, $(\pi + 1)^3 < 4,5^3$ (la fonction « cube » conserve l'ordre de deux nombres).
- 2 $\pi + 4 \approx 7,14$ donc $\pi + 4 > 7$; ainsi, $\sqrt{\pi + 4} > \sqrt{7}$ (la fonction « racine carrée » conserve l'ordre de deux nombres positifs).
- 3 $\pi \approx 3,14 > 3,1$ donc $\frac{1}{\pi} < \frac{1}{3,1}$ (la fonction « inverse » inverse l'ordre de deux nombres de même signe).
- 4 $\pi - 5 < \pi - 4$ donc $(\pi - 5)^3 < (\pi - 4)^3$.
- 5 $\pi - 7 \approx 3,14 - 7 \approx -3,86$ donc $\pi - 7 > -4$; ainsi, $\frac{1}{-4} > \frac{1}{\pi - 7}$.

Corrigé de l'exercice 9.25 page 248

- 1 $\pi - 2 \approx 1,14 > 1,1 > 0$ donc $(\pi - 2)^2 > (1,1)^2$ car la fonction carré conserve l'ordre de deux nombres positifs.
- 2 $\pi - 1 \approx 2,14 > \sqrt{2}$ donc $\sqrt{\pi - 1} > \sqrt{2}$ car la fonction racine carrée conserve l'ordre de deux nombres positifs.
- 3 $1 < 1 + \pi^2$ donc $\frac{1}{\pi} < \frac{\pi^2 + 1}{\pi}$.
- 4 $\pi - 7 < \pi - 6$ donc $(\pi - 7)^3 < (\pi - 6)^3$ car la fonction cube conserve l'ordre.

Corrigé de l'exercice 9.26 page 249

- 1 a. Si $3 < a < 5$ alors :
 - $3^2 < a^2 < 5^2$, soit $9 < a^2 < 25$ car 3 et 5 sont tous les deux positifs et la fonction « carré » conserve l'ordre sur les nombres positifs;
 - $3^3 < a^3 < 5^3$, soit $27 < a^3 < 125$ car la fonction « cube » conserve l'ordre;
 - $\frac{1}{5} < \frac{1}{a} < \frac{1}{3}$ car la fonction « inverse » change l'ordre sur les nombres de mêmes signes.
- b. Si $-2 \leq a < -\frac{1}{2}$ alors :
 - $\left(-\frac{1}{2}\right)^2 < a^2 \leq (-2)^2$, soit $\frac{1}{4} < a^2 \leq 4$;
 - $(-2)^3 \leq a^3 < \left(-\frac{1}{2}\right)^3$, soit $-8 \leq a^3 < -\frac{1}{8}$;
 - $\frac{1}{-\frac{1}{2}} < \frac{1}{a} \leq \frac{1}{-2}$, soit $-2 < \frac{1}{a} \leq -2$ (attention aux signes « < » et « ≤ »).
- 2 a. Si $-\pi \leq a \leq 3$ alors $3^2 \leq a^2 \leq (-\pi)^2$, soit $9 \leq a^2 \leq \pi^2$.

Attention 12



La fonction « carré » inverse l'ordre sur les nombres négatifs.

b. Si $-\frac{6}{7} < a < \frac{7}{6}$ alors $0 \leq a < \left(\frac{7}{6}\right)^2$, soit $0 \leq a^2 < \frac{49}{36}$.

Attention 13



Ici, a est compris entre un nombre négatif et un nombre positif donc quand on élève au carré, on « passera » forcément par « 0 », donc a^2 sera égal à $0^2 = 0$. « 0 » est donc la valeur minimale atteinte par a^2 .

Corrigé de l'exercice 9.27 page 249

1 Encadrer a^2 , a^3 et $\frac{1}{a}$ dans chacun des cas suivants :

a. $1 \leq a < 2$. On a :

$$1 \leq a^2 < 4 \quad 1 \leq a^3 < 8 \quad \frac{1}{2} < \frac{1}{a} \leq 1$$

b. $-3 \leq a < -1$. On a :

$$1 < a^2 < 9 \quad -27 < a^3 < -1 \quad -1 < \frac{1}{a} < -\frac{1}{3}$$

2 Encadrer a^2 dans chacun des cas suivants :

a. $-2\pi < a \leq 3 \iff 0 \leq a^2 < 4\pi^2$

b. $-\frac{2}{3} \leq a < \frac{3}{2} \iff 0 \leq a^2 < \frac{9}{4}$

Corrigé de l'exercice 9.28 page 249

1 a. $x^2 = 10 \iff x = -\sqrt{10} \text{ ou } x = \sqrt{10}$

$$S = \{-\sqrt{10}; \sqrt{10}\}$$

b. $x^3 = 216 \iff x = \sqrt[3]{216} \iff x = 6$. $S = \{6\}$

c. $\sqrt{x} = 8 \iff x = 8^2 \iff x = 64$.

$$S = \{64\}$$

d. $\frac{1}{x} = 5 \iff x = \frac{1}{5}$.

$$S = \left\{\frac{1}{5}\right\}$$

2 a. $x^2 < 6 \iff -\sqrt{6} < x < \sqrt{6} \iff x \in]-\sqrt{6}; \sqrt{6}[$.

b. $x^2 \geq 10 \iff x \leq -\sqrt{10} \text{ ou } x \geq \sqrt{10} \iff x \in]-\infty; -\sqrt{10}] \cup [\sqrt{10}; +\infty[$.

c. $x^3 < 8 \iff x < \sqrt[3]{8} \iff x < 2 \iff x \in]-\infty; 2[$.

d. $\sqrt{x} \leq 4 \iff 0 \leq x \leq 4^2 \iff 0 \leq x \leq 16 \iff x \in [0; 16]$.

Corrigé de l'exercice 9.29 page 249

- 1
 - a. $x^2 = 7 \iff x = -\sqrt{7} \text{ ou } x = \sqrt{7}$. $S = \{-\sqrt{7}; \sqrt{7}\}$
 - b. $x^3 = -64 \iff x = -8$. $S = \{-8\}$
 - c. $\sqrt{x} = 16 \iff x = 16^2 \iff x = 256$. $S = \{256\}$
 - d. $\frac{1}{x} = -\frac{2}{7} \iff x = -\frac{7}{2}$. $S = \left\{-\frac{7}{2}\right\}$
- 2
 - a. $x^2 < 12 \iff -\sqrt{12} < x < \sqrt{12}$. $S =]-\sqrt{12}; \sqrt{12}[$, que l'on peut aussi écrire $S =]-2\sqrt{3}; 2\sqrt{3}[$
 - b. $x^2 \geq 7 \iff x \leq -\sqrt{7} \text{ ou } x \geq \sqrt{7}$. $S =]-\infty; -\sqrt{7}] \cup [\sqrt{7}; +\infty[$
 - c. $x^3 < -1 \iff x < -1$. $S =]-\infty; -1[$
 - d. $\sqrt{x} \leq 9 \iff 0 \leq x \leq 81$. $S = [0; 81]$

Corrigé de l'exercice 9.30 page 250

Un programme possible est le suivant :

Code Python 9-17

```
1 from matplotlib.pyplot import plot, show, legend
2
3 x = [ a/1000 for a in range(0,1001) ]
4 y1 = [ (a/1000)**0.5 for a in range(0,1001) ]
5 y2 = [ (a/1000)**2 for a in range(0,1001) ]
6
7 plot(x,x,color='blue',label='x')
8 plot(x,y1,color='orange',label='racine carrée')
9 plot(x,y2,color='red',label='carré')
10 legend()
11 show()
```

La plupart des exemples que l'on peut trouver sur Internet font appel au module numpy, ce qui est totalement superflu à mon sens ici...

En effet, pour tracer la courbe représentative d'une fonction f , il faut avant tout définir une *plage de données*, c'est-à-dire un intervalle sur lequel les valeurs de x vont varier. Comme je veux tracer mes courbes sur $[0; 1]$, il me faut définir une *liste* (que je vais naturellement nommer x) dont les éléments sont les valeurs de x que je veux prendre.

Ici, j'ai donc construit ma liste x comme étant la liste des valeurs $a/1000$ pour $a = 0, 1, 2, 3, \dots, 1000$. En effet, il ne faut pas oublier que la fonction `range(0,1001)` donne tous les entiers de 0 à 1 000, c'est-à-dire les 10 001 premiers entiers naturels.

Ainsi, on a :

```
x = [ 0 , 0.001 , 0.002 , 0.003 , ... , 0.999 , 1 ]
```

Ensuite, je crée une liste `y1` qui contient toutes les valeurs de $(a/1000)**0.5$ pour $a = 0, 1, 2, \dots, 1001$. Ici, il ne faut pas oublier que $b**0.5$ représente \sqrt{b} . Ainsi, `y1` est la liste des images des éléments de la liste `x` par la fonction $x \mapsto \sqrt{x}$.

De même, `y2` est la liste des images des éléments de `x` par la fonction $x \mapsto x^2$.

La ligne 7 trace alors la fonction $x \mapsto x$ en bleu ;

la ligne 8 trace la fonction $x \mapsto \sqrt{x}$ en orange ;

la ligne 9 trace la fonction $x \mapsto x^2$ en rouge.

La commande `legend()` place la légende grâce aux étiquettes (`label`) renseignés dans les fonctions `plot`.

La commande `show()` affiche le graphique.

Fonctions carrés



Plan du chapitre

I	Lien avec la fonction carré	274
1	Première approche	274
2	Définition	274
3	Transformations de la fonction carré	275
II	Forme canonique	276
1	Définition	276
2	Variations	277
	Exercices	278
	Corrigés	281

Ce chapitre n'est pas explicitement au programme. Je tenais toutefois à le mettre car certain.e.s enseignant.e.s peuvent tout de même parler de fonctions carrés dans leurs cours.

1 - Lien avec la fonction carré

1.1 - Première approche

On pose $f(x) = x^2$ (la fonction carré).

Cette fonction peut-être modifiée en prenant par exemple pour variable $x - \alpha$, où α est un réel non nul. Dans ce cas, on peut nommer g la fonction ainsi obtenue :

$$g(x) = f(x - \alpha) = (x - \alpha)^2.$$

On peut aussi, à partir de la fonction f , ajouter une constante et considérer la fonction :

$$h(x) = f(x) + \beta = x^2 + \beta.$$

On peut aussi multiplier $f(x)$ par une constante $a \neq 0$ et obtenir une fonction :

$$p(x) = ax^2.$$

Et puis, on peut tout faire en même temps et considérer la fonction :

$$c(x) = af(x - \alpha) + \beta.$$

Pour résumer, à partir de la fonction carré, avec les opérations de base que sont l'addition et la multiplication, on peut obtenir d'autres fonctions où intervient x^2 , mais où il n'est pas seul.

Ce sont toutes ces fonctions que l'on appelle les fonctions carrés.

1.2 - Définition

Définition 54

On appelle **fonctions carrés** toutes les fonctions f de la forme :

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

où a , b et c sont trois réels, avec $a \neq 0$.

Exemple 72

- 1 $f(x) = -x^2 + 2x - 8$ est une fonction carré.
- 2 $g(x) = 3x^2 - 5$ est une fonction carré.
- 3 $h(x) = \frac{2}{3}x^2 - 8x$ est une fonction carré.

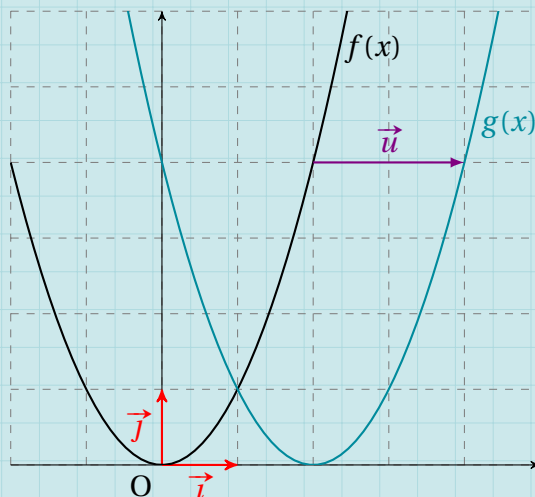
1.3 - Transformations de la fonction carré

Posons $f(x) = x^2$.

- La courbe représentative de la fonction $g(x) = f(x - \alpha)$ est obtenue à partir de celle de la fonction f par translation de vecteur $\vec{u} \begin{pmatrix} \alpha \\ 0 \end{pmatrix}$.

Exemple 73

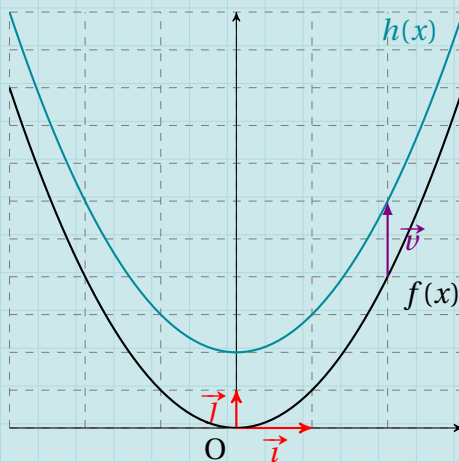
$g(x) = f(x - 2) = (x - 2)^2$: ici, $\alpha = 2$ donc on effectue une translation de vecteur $\vec{u} \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$.



- La courbe représentative de la fonction $h(x) = f(x) + \beta$ est obtenue à partir de celle de la fonction f par translation de vecteur $\vec{v} \begin{pmatrix} 0 \\ \beta \end{pmatrix}$.

Exemple 74

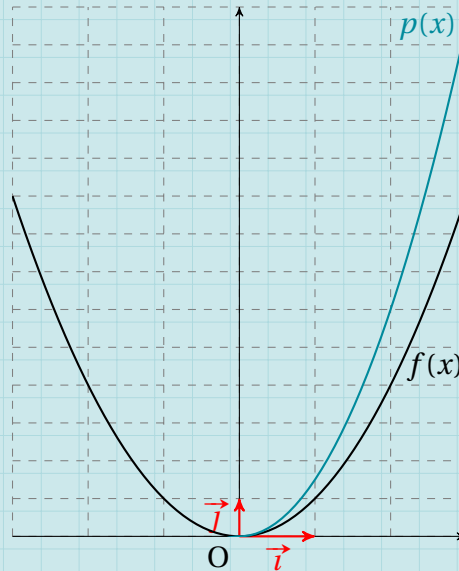
$g(x) = f(x) + 2 = x^2 + 2$: ici, $\beta = 2$ donc on effectue une translation de vecteur $\vec{v} \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix}$.



- La courbe représentative de la fonction $p(x) = kf(x)$ est obtenue à partir de celle de la fonction f par « étirement » (vers le haut si $k > 0$ ou vers le bas si $k < 0$) car on multiplie par k toutes les images $f(x)$, donc tous les y . Cette construction est bien moins simple à faire concrètement que la translation, mais vous n'aurez pas à le faire : c'est juste pour que vous compreniez ce qui va suivre...

Exemple 75

$$h(x) = 1,5f(x) = 1,5x^2.$$



Si on combine ces trois transformations, on obtient une fonction :

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

II - Forme canonique

II.1 - Définition

Définition 55

Soit f une fonction carré.

La **forme canonique** de f est :

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

où $a \neq 0$, $\alpha \in \mathbb{R}$ et $\beta \in \mathbb{R}$.

Exemple 76

1 $-2(x - 1)^2 + 5$ est la forme canonique d'une fonction carré, où $a = -2$, $\alpha = 1$ et $\beta = 5$.

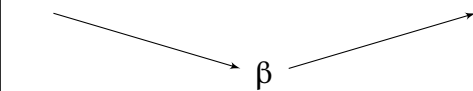
2 $\frac{1}{3}(x + 4)^2$ est la forme canonique d'une fonction carré, où $a = \frac{1}{3}$, $\alpha = -4$ et $\beta = 0$.

II. 2 - Variations

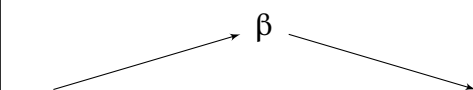
Propriété 56

Soit $f(x) = a(x - \alpha)^2 + \beta$, avec $a \neq 0$.

- Si $a > 0$, on a :

x	$-\infty$	α	$+\infty$
Variations de f			

- Si $a < 0$, on a :

x	$-\infty$	α	$+\infty$
Variations de f			

On voit ainsi que :

- si $a > 0$, f admet un **minimum** en $x = \alpha$, et ce minimum vaut alors β ;
- si $a < 0$, f admet un **maximum** en $x = \alpha$, et ce maximum vaut alors β .

Exercice 10.1 (variations)

Donner les variations des fonctions suivantes en dressant leur tableau de variations.

1 $f(x) = 3(x-1)^2 + 7$

2 $g(x) = -5(x-4)^2 - 2$

3 $h(x) = \frac{1}{2}(x+2)^2 - 1$

Solution page 281

Exercice 10.2 (équations)

Résoudre les équations $f(x) = 0$, $g(x) = 0$ et $h(x) = 0$, où f , g et h sont définies dans l'exercice 10.1.

Solution page 281

Exercice 10.3 (point d'intersection avec l'axe des abscisses)

Pour chacune des fonctions f , g et h suivantes, trouver l'abscisse des éventuels points d'intersection de leur courbe représentative avec l'axe des abscisses.

1 $f(x) = 4(x+5)^2 - 16$

2 $g(x) = -5(x-6)^2 + 10$

3 $h(x) = 7(x+8)^2$

Solution page 282

Exercice 10.4 (les différentes formes)

On considère la fonction f définie pour tout réel x par :

$$f(x) = 9x^2 + 18x - 16.$$

1 Montrer que $f(x) = 9(x+1)^2 - 25$.

2 Montrer que $f(x) = (3x-2)(3x+8)$.

3 En choisissant la forme la plus adaptée, résoudre les équations suivantes :

a. $f(x) = 0$

b. $f(x) = -25$

c. $f(x) = -16$

d. $f(x) = 25$

Solution page 283

Exercice 10.5 (forme développée)

Donner la forme développée des fonctions suivantes.

1 $f(x) = -5(x+3)(4-2x)$

3 $f(x) = \frac{1}{2}(x-6)^2 + \frac{3}{2}$

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

4 $f(x) = 3(x-8)(x+1)$

Solution page 284

Exercice 10.6 (variations, équation et inéquation)

On considère la fonction f définie sur \mathbb{R} par :

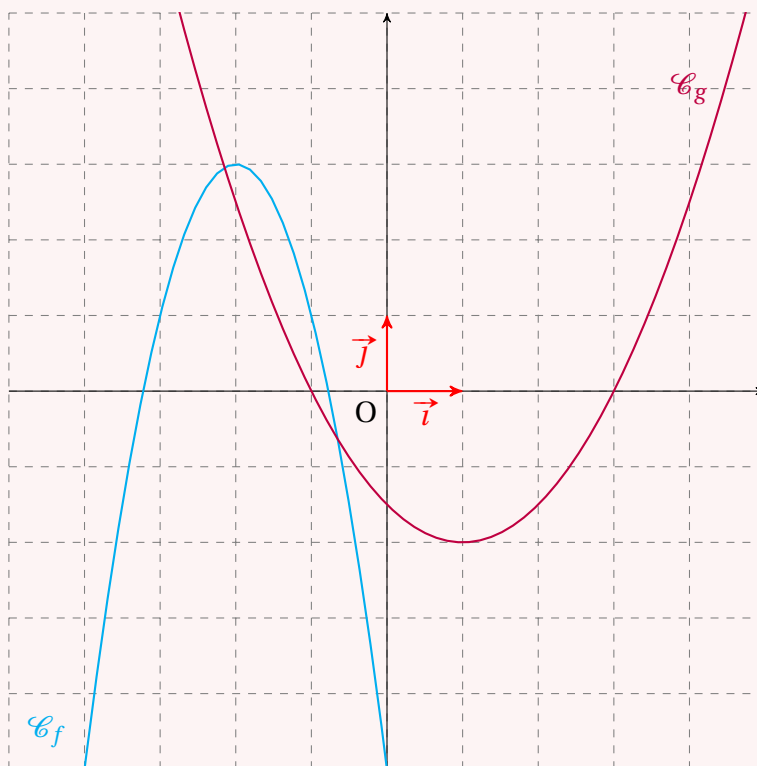
$$f(x) = 9 - 4(x+3)^2.$$

- 1** Dresser le tableau de variations de f .
- 2** Résoudre l'équation $f(x) = 0$.
- 3** Résoudre l'inéquation $f(x) \geq -16$.

Solution page 285

Exercice 10.7 (lectures graphiques et forme canonique)

On donne ci-dessous la courbe représentative deux deux fonction f et g :



On sait que $f(x) = a_1(x - \alpha_1)^2 + \beta_1$ et $g(x) = a_2(x - \alpha_2)^2 + \beta_2$.

- 1** La fonction f .
 - a.** Lire graphiquement les valeurs de α_1 et β_1 .
 - b.** Lire graphiquement les coordonnées entières d'un point appartenant à \mathcal{C}_f , puis en déduire l'expression canonique de $f(x)$.
- 2** La fonction g .
 - a.** Lire graphiquement les valeurs de α_2 et β_2 .
 - b.** Lire graphiquement l'abscisse des points d'intersection de \mathcal{C}_g avec l'axe des abscisses.
Déduire alors l'expression canonique de $g(x)$.

Solution page 286

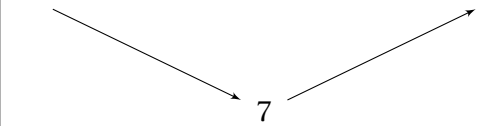
Exercice 10.8 (trouver l'expression de la fonction)

Déterminer l'expression d'une fonction du second degré f dont la courbe représentative admet pour sommet le point $S(-3;8)$ et coupant l'axe des abscisses au point $A(2;0)$.

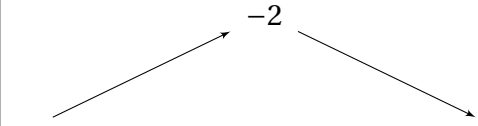
Solution page 287

Corrigé de l'exercice 10.1 page 278

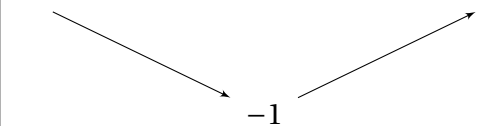
- 1 $f(x)$ est sous sa forme canonique, avec $a = 3$, $\alpha = 1$ et $\beta = 7$. $a > 0$ donc les branches de la parabole représentative de f sont dirigées vers le haut. Le tableau de variations de la fonction f est donc :

x	$-\infty$	1	$+\infty$
Variations de f			

- 2 $g(x)$ est sous sa forme canonique, avec $a = -5$, $\alpha = 4$ et $\beta = -2$. $a < 0$ donc les branches de la parabole représentative de g sont dirigées vers le bas. Le tableau de variations de la fonction g est donc :

x	$-\infty$	4	$+\infty$
Variations de g			

- 3 $h(x)$ est sous sa forme canonique, avec $a = \frac{1}{2}$, $\alpha = -2$ et $\beta = -1$. $a > 0$ donc les branches de la parabole représentative de h sont dirigées vers le haut. Le tableau de variations de la fonction h est donc :

x	$-\infty$	-2	$+\infty$
Variations de h			

Corrigé de l'exercice 10.2 page 278

- D'après les variations de la fonction f , pour tout réel x , $f(x) \geq 7$ donc il n'existe aucune valeur de x pour laquelle $f(x) = 0$.

Ainsi, l'ensemble solution de l'équation $f(x) = 0$ est : $S = \emptyset$.

- D'après les variations de la fonction g , pour tout réel x , $g(x) \leq -2$ donc il n'existe aucune valeur de x pour laquelle $g(x) = 0$.

Ainsi, l'ensemble solution de l'équation $g(x) = 0$ est : $S = \emptyset$.

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad h(x) = 0 &\iff \frac{1}{2}(x+2)^2 - 1 = 0 \\
 &\iff \frac{1}{2}(x+2)^2 = 1 \\
 &\iff (x+2)^2 = 2 \\
 &\iff x+2 = -\sqrt{2} \text{ ou } x+2 = \sqrt{2} \\
 &\iff x = -2 - \sqrt{2} \text{ ou } x = -2 + \sqrt{2}.
 \end{aligned}$$

Ainsi, l'ensemble solution de l'équation $h(x) = 0$ est : $S = \{-2 - \sqrt{2}; -2 + \sqrt{2}\}$.

Corrigé de l'exercice 10.3 page 278

Remarque 82

Trouver l'abscisse des éventuels points d'intersection d'une courbe représentative d'une fonction f avec l'axe des abscisses revient à résoudre l'équation $f(x) = 0$.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{1} \quad f(x) = 0 &\iff 4(x+5)^2 - 16 = 0 \\
 &\iff 4(x+5)^2 = 16 \\
 &\iff (x+5)^2 = 4 \\
 &\iff x+5 = -\sqrt{4} = -2 \text{ ou } x+5 = \sqrt{4} = 2 \\
 &\iff x = -2 - 5 = -7 \text{ ou } x = 2 - 5 = -3
 \end{aligned}$$

Ainsi, la courbe représentative de la fonction f coupe l'axe des abscisses en deux points, d'abscisses respectives $x_1 = -3$ et $x_2 = -7$.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{2} \quad g(x) = 0 &\iff -5(x-6)^2 + 10 = 0 \\
 &\iff -5(x-6)^2 = -10 \\
 &\iff (x-6)^2 = 2 \\
 &\iff x-6 = -\sqrt{2} \text{ ou } x-6 = \sqrt{2} \\
 &\iff x = 6 - \sqrt{2} \text{ ou } x = 6 + \sqrt{2}.
 \end{aligned}$$

Ainsi, la courbe représentative de la fonction g coupe l'axe des abscisses en deux points, d'abscisses respectives $x_1 = 6 - \sqrt{2}$ et $x_2 = 6 + \sqrt{2}$.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{3} \quad h(x) = 0 &\iff 7(x+8)^2 = 0 \\
 &\iff (x+8)^2 = 0 \\
 &\iff x+8 = 0 \\
 &\iff x = -8.
 \end{aligned}$$

Ainsi, la courbe représentative de la fonction h coupe l'axe des abscisses en un point (le sommet de la parabole), d'abscisse $x = -8$.

Corrigé de l'exercice 10.4 page 278

- 1** On développe la forme canonique donnée par l'énoncé :

$$\begin{aligned}9(x+1)^2 - 25 &= 9(x^2 + 2x + 1) - 25 \\&= 9x^2 + 18x + 9 - 25 \\&= 9x^2 + 18x - 16 \\&= f(x).\end{aligned}$$

Donc $f(x) = 9(x+1)^2 - 25$.

- 2** On développe la forme factorisée donnée par l'énoncé :

$$\begin{aligned}(3x-2)(3x+8) &= (3x) \times (3x) + 8 \times 3x - 2 \times 3x - 2 \times 8 \\&= 9x^2 + 24x - 6x - 16 \\&= 9x^2 + 18x - 16 \\&= f(x).\end{aligned}$$

Donc $f(x) = (3x-2)(3x+8)$.

- 3 a.** Pour résoudre l'équation $f(x) = 0$, il faut que $f(x)$ soit sous la forme factorisée.

$$\begin{aligned}f(x) = 0 &\iff (3x-2)(3x+8) = 0 \\&\iff 3x-2 = 0 \quad \text{ou} \quad 3x+8 = 0 \\&\iff x = \frac{2}{3} \quad \text{ou} \quad x = -\frac{8}{3}.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $f(x) = 0$ est donc : $S = \left\{-\frac{8}{3}; \frac{2}{3}\right\}$.

- b.** Pour résoudre l'équation $f(x) = -25$, nous allons prendre la forme canonique de $f(x)$ car « -25 » y apparaît :

$$\begin{aligned}f(x) = -25 &\iff 9(x+1)^2 - 25 = -25 \\&\iff 9(x+1)^2 = 0 \\&\iff (x+1)^2 = 0 \\&\iff x+1 = 0 \\&\iff x = -1.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $f(x) = -25$ est donc : $S = \{-1\}$.

- c.** Pour résoudre l'équation $f(x) = -16$, nous allons prendre la forme développée de $f(x)$ car « -16 » y apparaît :

$$\begin{aligned}f(x) = -16 &\iff 9x^2 + 18x - 16 = -16 \\&\iff 9x^2 + 18x = 0 \\&\iff 9x(x+2) = 0 \\&\iff 9x = 0 \text{ ou } x+2 = 0 \\&\iff x = 0 \text{ ou } x = -2.\end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $f(x) = -16$ est donc : $S = \{-2; 0\}$.

- d. Pour résoudre l'équation $f(x) = 25$, nous allons prendre la forme canonique. En effet, la forme factorisée ne sert qu'à résoudre les équations de la forme $f(x) = 0$, et la forme développée nous donne une équation de la forme $9x^2 + 18x - 16 = 25$, c'est-à-dire $9x^2 + 18x - 41 = 0$, que l'on ne peut pas résoudre car $9x^2 + 18x - 41$ ne peut pas se factoriser simplement (pas de facteur commun, et ce n'est pas une identité remarquable).

$$\begin{aligned}
 f(x) = 25 &\iff 9(x+1)^2 - 25 = 25 \\
 &\iff 9(x+1)^2 = 50 \\
 &\iff (x+1)^2 = \frac{50}{9} \\
 &\iff x+1 = -\sqrt{\frac{50}{9}} \text{ ou } x+1 = \sqrt{\frac{50}{9}} \\
 &\iff x+1 = -\frac{\sqrt{50}}{\sqrt{9}} \text{ ou } x+1 = \frac{\sqrt{50}}{\sqrt{9}} \\
 &\iff x+1 = -\frac{5\sqrt{2}}{3} \text{ ou } x+1 = \frac{5\sqrt{2}}{3} \\
 &\iff x = -1 - \frac{5\sqrt{2}}{3} \text{ ou } x = -1 + \frac{5\sqrt{2}}{3}.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $f(x) = 25$ est donc : $S = \left\{ -1 - \frac{5\sqrt{2}}{3} ; -1 + \frac{5\sqrt{2}}{3} \right\}$.

Corrigé de l'exercice 10.5 page 278

$$\begin{aligned}
 \textbf{1} \quad f(x) &= -5(x+3)(4-2x) \\
 &= -5(4x - 2x^2 + 12 - 6x) \\
 &= -5(-2x^2 - 2x + 12)
 \end{aligned}$$

$$f(x) = 10x^2 + 10x - 60$$

$$\begin{aligned}
 \textbf{2} \quad f(x) &= 2(x+3)^2 - 7 \\
 &= 2(x^2 + 6x + 9) - 7 \\
 &= 2x^2 + 12x + 18 - 7
 \end{aligned}$$

$$f(x) = 2x^2 + 12x + 11$$

$$\begin{aligned}
 \textbf{3} \quad f(x) &= \frac{1}{2}(x-6)^2 + \frac{3}{2} \\
 &= \frac{1}{2}(x^2 - 12x + 36) + \frac{3}{2} \\
 &= \frac{1}{2}x^2 - 6x + 18 + \frac{3}{2}
 \end{aligned}$$

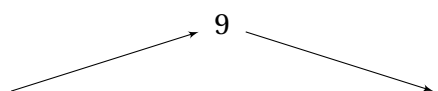
$$f(x) = \frac{1}{2}x^2 - 6x + \frac{39}{2}$$

$$\begin{aligned}
 4 \quad f(x) &= 3(x-8)(x+1) \\
 &= 3(x^2 + x - 8x - 8) \\
 &= 3(x^2 - 7x - 8)
 \end{aligned}$$

$$f(x) = 3x^2 - 21x - 24$$

Corrigé de l'exercice 10.6 page 279

- 1 On peut écrire : $f(x) = -4(x+3)^2 + 9$, qui est la forme canonique d'une fonction carré, avec $a = -4$, $\alpha = -3$ et $\beta = 9$. D'où le tableau de variations suivant :

x	$-\infty$	-3	$+\infty$
Variations de f			

$$\begin{aligned}
 2 \quad f(x) = 0 &\iff 9 = 4(x+3)^2 \\
 &\iff \sqrt{9} = \sqrt{4(x+3)^2} \text{ ou } -\sqrt{9} = \sqrt{4(x+3)^2} \\
 &\iff 2(x+3) = 3 \text{ ou } 2(x+3) = -3 \\
 &\iff x+3 = \frac{3}{2} \text{ ou } x+3 = -\frac{3}{2} \\
 &\iff x = \frac{3}{2} - 3 \text{ ou } x = -\frac{3}{2} - 3 \\
 &\iff x = -\frac{3}{2} \text{ ou } x = -\frac{9}{2}.
 \end{aligned}$$

L'ensemble solution de l'équation $f(x) = 0$ est donc : $S = \left\{ -\frac{9}{2}; -\frac{3}{2} \right\}$.

Remarque 83

On aurait aussi pu factoriser $f(x)$:

$$\begin{aligned}
 f(x) = 0 &\iff 9 - 4(x+3)^2 = 0 \\
 &\iff 3^2 - [2(x+3)]^2 = 0 \\
 &\iff [3 - 2(x+3)][3 + 2(x+3)] = 0 \\
 &\iff (3 - 2x - 6)(3 + 2x + 6) = 0 \\
 &\iff (-3 - 2x)(9 + 2x) = 0 \\
 &\iff -3 - 2x = 0 \text{ ou } 9 + 2x = 0 \\
 &\iff x = -\frac{3}{2} \text{ ou } x = -\frac{9}{2}.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3 \quad f(x) &\geq -16 \iff -4(x+3)^2 + 9 \geq -16 \\
&\iff -4(x+3)^2 + 25 \geq 0 \\
&\iff 25 - 4(x+3)^2 \geq 0 \\
&\iff 5^2 - [2(x+3)]^2 \geq 0 \\
&\iff [5 - 2(x+3)][5 + 2(x+3)] \geq 0 \\
&\iff (5 - 2x - 6)(5 + 2x + 6) \geq 0 \\
&\iff (-2x - 1)(2x + 11) \geq 0
\end{aligned}$$

Pour résoudre cette dernière inéquation, on dresse le tableau de signes de l'expression $(-2x - 1)(2x + 11)$.

x	$-\infty$	$-\frac{11}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$+\infty$
$-2x - 1$		+	+	0
$2x + 11$		-	0	+
$(-2x - 1)(2x + 11)$		-	0	-

Ainsi, l'ensemble solution de l'inéquation $f(x) \geq -16$ est : $S = \left[-\frac{11}{2}; -\frac{1}{2}\right]$.

Corrigé de l'exercice 10.7 page 279

- 1** a. $(\alpha_1; \beta_1)$ sont les coordonnées du sommet de la parabole qui représente graphiquement f ; donc $\alpha_1 = -2$ et $\beta_1 = 3$.
- b. On peut constater que le point de coordonnées $(-1; 1)$ appartient à \mathcal{C}_f .
Ainsi, $f(-1) = 1$, c'est-à-dire $a_1(-1 + 2)^2 + 3 = 1$ (en remplaçant x par -1 , α_1 par -2 et β_1 par 3).
On en déduit alors que $a_1 = 1 - 3 = -2$, et donc :

$$f(x) = -2(x + 2)^2 + 3$$

- 2** a. $\alpha_2 = 1$ et $\beta_2 = -2$ car le sommet de la parabole représentant g a pour coordonnées $(1; -2)$.
- b. Les deux points d'intersection de la parabole avec l'axe des abscisses ont pour coordonnées $(-1; 0)$ et $(3; 0)$.

On en déduit alors que :

$$g(-1) = 0, \quad \text{soit :} \quad a_2(-1 - 1)^2 - 2 = 0,$$

donc :

$$4a_2 = 2$$

soit :

$$a_2 = \frac{1}{2}.$$

Ainsi,

$$g(x) = \frac{1}{2}(x - 1)^2 - 2$$

Corrigé de l'exercice 10.8 page 280

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

Si la parabole admet pour sommet S $(-3; 8)$ alors $\alpha = -3$ et $\beta = 8$, donc :

$$f(x) = a(x + 3)^2 + 8.$$

De plus, si elle passe par le point A $(2; 0)$ alors

$$f(2) = 0 \quad \text{donc} \quad a(2 + 3)^2 + 8 = 0 \iff a = -\frac{8}{25}.$$

Ainsi,

$$f(x) = -\frac{8}{25}(x + 3)^2 + 8$$

Pourcentages et statistiques



Plan du chapitre

I	Pourcentages et proportions	289
1	Partie d'un tout	289
2	Partie d'une partie	289
II	Évolutions	290
1	Évolution simple	290
2	Évolutions successives	291
3	Évolution réciproque	292
III	Indicateurs d'une série statistique	292
1	Moyenne pondérée	292
2	Écart interquartile	294
3	Variance et écart-type	294
	Exercices	296
	Corrigés	304

1 - Pourcentages et proportions

1.1 - Partie d'un tout

Propriété 57

On considère un ensemble constitué de n éléments.

Dans cet ensemble, on considère un sous-groupe A constitué de x éléments.

Le pourcentage représentant x par rapport à n est :

$$\frac{x}{n} \times 100.$$

Exemple 77

Si une ville est constituée de 150 000 habitants et qu'un quartier de cette ville compte 30 000 habitants, alors le pourcentage correspondant est :

$$\frac{30\,000}{150\,000} \times 100 = 20\%.$$

Il y a donc 20 % des habitants de cette ville qui habitent dans ce quartier.

1.2 - Partie d'une partie

Propriété 58

On considère un ensemble E constitué de n éléments.

Dans cet ensemble, on considère un sous-groupe A constitué de $x_A\%$ éléments de E, et un sous-groupe B de A constitué de $x_B\%$ éléments de A.

Le pourcentage d'éléments dans B par rapport à l'ensemble E est alors :

$$x_A \times x_B\%.$$

Exemple 78

Dans une ville, 20 % des habitants résident dans un quartier Q.

Dans ce quartier, 40 % ont un salaire inférieur à 1 100 €. Cela représente :

$$\frac{20}{100} \times \frac{40}{100} = \frac{800}{10\,000} = \frac{8}{100} = 8\%$$

de la ville.

II - Évolutions

II.1 - Évolution simple

Propriété 59

Soit x un nombre.

- 1 Si x *augmente* de $t\%$ alors la valeur finale est égale à $\left(1 + \frac{t}{100}\right)x$.
- 2 Si x *diminue* de $t\%$ alors la valeur finale est égale à $\left(1 + \frac{t}{100}\right)x$.

Exemple 79

- 1 Un tee-shirt « Adada » est normalement vendu à 150 € dans la boutique de monsieur Arnac. Il décide d'augmenter ce prix de 20%. Le prix final sera alors :

$$\left(\frac{1+20}{100}\right) \times 150 = 1,2 \times 150 = 180 \text{ €}.$$

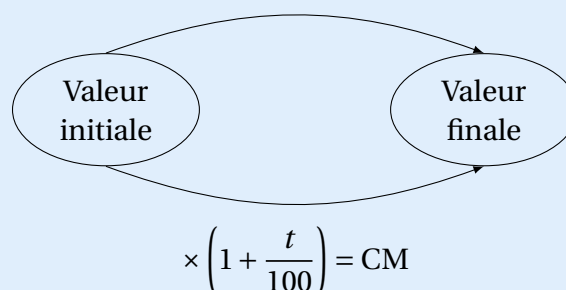
- 2 Dans la boutique de monsieur Bonapour, ce même tee-shirt est à 110 €. Il décide de le solder à -30%. Le prix final sera alors :

$$\left(1 - \frac{30}{100}\right) \times 110 = 0,7 \times 110 = 77 \text{ €}.$$

Définition 56

Lors d'une évolution de $t\%$ (avec $t > 0$ ou $t < 0$), le nombre $\left(1 + \frac{t}{100}\right)$ est appelé le *coefficient multiplicateur* (en abrégé : CM).

évolution de $t\%$



Remarque 84

On dit ici que l'évolution est *relative* car elle dépend de la valeur initiale.

Propriété 60

Soient deux valeurs V_1 et V_2 , et soit CM le coefficient multiplicateur représentant l'évolution de V_1 à V_2 . Alors,

$$CM = \frac{V_2}{V_1}.$$

Exemple 80

Un article est passé de 150 € à 120 €. Le coefficient multiplicateur est donc :

$$CM = \frac{120}{150} = 0,8.$$

Remarque 85

Si $0 < CM < 1$ alors l'évolution est une réduction.

Si $CM > 1$ alors l'évolution est une augmentation.

II. 2 - Évolutions successives

Propriété 61

Faire deux évolutions successives de $t_1\%$ et $t_2\%$ revient à multiplier par $\left(1 + \frac{t_1}{100}\right)\left(1 + \frac{t_2}{100}\right)$.

Exemple 81

- 1 Un article vaut 150 €. Son prix diminue de 10% puis augmente de 10%. Le prix final est alors :

$$150 \times \left(1 - \frac{10}{100}\right) \times \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 150 \times 0,9 \times 1,1 = 148,50 \text{ €}.$$

- 2 Un article coûte 140 €. Son prix subit une première hausse de 5%, puis une seconde hausse de 5%. Le prix final est alors :

$$140 \times \left(1 + \frac{5}{100}\right)^2 = 140 \times 1,05^2 = 154,35 \text{ €}.$$

Remarque 86

Cette propriété revient à dire que lors de deux évolutions successives, les coefficients multiplicateurs se multiplient :

$$CM_{\text{global}} = CM_1 \times CM_2.$$

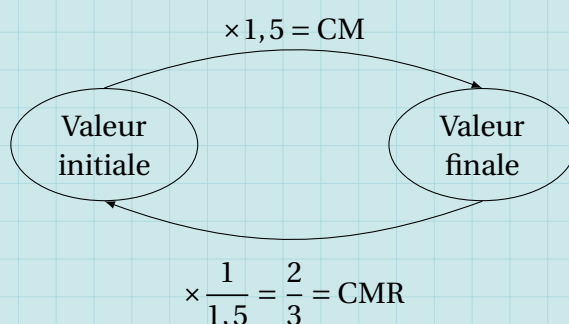
II. 3 - Évolution réciproque

Définition 57

Soient deux valeurs V_1 et V_2 , et soit CM le coefficient multiplicateur représentant l'évolution de V_1 à V_2 . Alors, le coefficient multiplicateur réciproque est :

$$\text{CMR} = \frac{1}{\text{CM}} = \frac{V_1}{V_2}.$$

Exemple 82



III - Indicateurs d'une série statistique

III. 1 - Moyenne pondérée

Définition 58

On considère la série statistique représentée par le tableau ci-dessous :

Caractères x_i	x_1	x_2	\cdots	x_p
Effectifs n_i	n_1	n_2	\cdots	n_p

La **moyenne pondérée** de cette série est :

$$\bar{x} = \frac{n_1 x_1 + n_2 x_2 + \cdots + n_p x_p}{n_1 + n_2 + \cdots + n_p}.$$

Exemple 83

Jean-Simon a obtenu en mathématiques les notes suivantes au cours du deuxième trimestre :

Notes	18	12	8	14
Coefficients	1	2	3	2

Sa moyenne en mathématiques au deuxième trimestre est donc :

$$\bar{x} = \frac{18 \times 1 + 12 \times 2 + 8 \times 3 + 14 \times 2}{1 + 2 + 3 + 2} = 11,75.$$

Propriété 62

On considère deux séries statistiques S_1 et S_2 :

- S_1 a pour effectif total N_1 , et a pour moyenne \bar{x}_1 ;
- S_2 a pour effectif total N_2 , et a pour moyenne \bar{x}_2 .

Alors, la moyenne de la série constituée des deux séries S_1 et S_2 a pour moyenne :

$$\bar{x} = \frac{N_1 \times \bar{x}_1 + N_2 \times \bar{x}_2}{N_1 + N_2}.$$

Exemple 84

Monsieur Lessadic fait un même contrôle à ses deux classes de Seconde.

- En Seconde A, la moyenne est égale à 11,2 sur un effectif total de 25 élèves.
- En Seconde B, la moyenne est égale à 7,8 sur un effectif total de 32 élèves.

La moyenne générale sur ces deux classes à ce contrôle est donc :

$$\bar{x} = \frac{25 \times 11,2 + 32 \times 7,8}{25 + 32} \approx 9,3.$$

Propriété 63 (linéarité de la moyenne)

On considère une série statistique $S = \{(x_i; n_i)\}_{1 \leq i \leq p}$, de moyenne \bar{x} .

Alors, la moyenne de la série $S' = \{(ax_i + b; n_i)\}_{1 \leq i \leq p}$ (obtenue en multipliant par a toutes les valeurs de la série S et en leur ajoutant b) est :

$$\bar{x}' = a\bar{x} + b.$$

Exemple 85

Monsieur Lessadic constate que la moyenne générale de ses deux classes de Seconde est égale à 9,3. Il souhaite que cette moyenne soit égale à 10. Il a plusieurs possibilités, dont :

- 1^{re} possibilité : il ajoute 0,7 point à chaque note; dans ce cas, il obtient une série $S' = \{(x_i + 0,7; n_i)\}$ et la moyenne de cette nouvelle série est alors :

$$\bar{x}' = \bar{x} + 0,7 = 9,3 + 0,7 = 10.$$

- 2^e possibilité : il multiplie toutes les notes par $\frac{10}{9,3}$. Il obtient donc une série $S' = \{(\frac{10}{9,3}x_i; n_i)\}_{1 \leq i \leq p}$ dont la moyenne est :

$$\bar{x}' = \frac{10}{9,3} \times \bar{x} = \frac{10}{9,3} \times 9,3 = 10.$$

III . 2 - Écart interquartile

Définition 59 (quartiles)

- On appelle **premier quartile** d'une série statistique, et on note Q_1 , la valeur du caractère pour lequel 25 % des valeurs lui sont inférieures.
- On appelle **troisième quartile** d'une série statistique, et on note Q_3 , la valeur du caractère pour lequel 75 % des valeurs lui sont inférieures.
- On appelle **écart interquartile** le nombre $Q_3 - Q_1$.

Exemple 86

On considère la série statistique suivante, représentant les diverses notes d'une classe lors d'un contrôle noté sur 10 :

Notes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectifs	1	1	2	5	3	8	6	5	3	1	1
E.c.c.	1	2	4	9	12	20	26	31	34	35	36

25 % de
l'effectif
total

75 % de l'effectif
total sont dépassés

- $Q_1 = 3$ car pour la note « 3 », on a atteint un effectif cumulé croissant (E.c.c.) de 9, qui est le quart (25 %) de l'effectif total (36).
- $Q_3 = 7$ car pour la note « 7 », on a dépassé les $\frac{3}{4}$ (les 75 %) de l'effectif total.
- L'écart interquartile est donc $Q_3 - Q_1 = 7 - 3 = 4$.

III . 3 - Variance et écart-type

Définition 60

On considère une série statistique $S = \{(x_i; n_i)\}_{1 \leq i \leq p}$, de moyenne \bar{x} .

- La **variance** de la série est la valeur V telle que :

$$V = \frac{n_1(x_1 - \bar{x})^2 + n_2(x_2 - \bar{x})^2 + \dots + n_p(x_p - \bar{x})^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_p}.$$

- L'**écart-type** de la série est la valeur σ telle que :

$$\sigma = \sqrt{V}.$$

Exemple 87

On considère la série représentée par le tableau suivant :

n_i	x_i
6	7
3	8
4	9
3	10

Sa moyenne est $\bar{x} = 8,25$.

L'écart-type est donc :

$$\sigma = \sqrt{1,3125} \approx 1,15.$$

On considère alors la série dont les effectifs sont les mêmes mais où les valeurs sont égales à $(x_i - \bar{x})^2$:

n_i	$(x_i - \bar{x})^2$
6	1,5625
3	0,0625
4	0,5625
3	3,0625

La variance est la moyenne de cette nouvelle série :

$$V = \frac{6 \times 1,5625 + \dots + 3 \times 3,0625}{6 + 3 + 4 + 3} = 1,3125.$$

Pourcentages

Exercice 11.1 (calculs de pourcentages)

Le tableau suivant donne la répartition des élèves d'une classe de Seconde suivant leur genre et le type de leur résidence.

genres \ résidence	Appartement	Maison	Total
Masculin	5	15	20
Féminin	4	12	16
Total	9	27	36

Les résultats seront arrondis au centième si nécessaire.

- 1 À quel pourcentage correspond le nombre d'élèves garçons vivant en appartement par rapport à l'ensemble de la classe?
- 2 À quel pourcentage correspond le nombre d'élèves garçons vivant en appartement par rapport à l'ensemble des garçons?
- 3 À quel pourcentage correspond le nombre d'élèves filles vivant en maison par rapport à l'ensemble des élèves vivant en maison?

Solution page 304

Exercice 11.2 (taux d'évolution simples)

Calculer, dans chacun des cas suivants, le taux d'évolution pour passer de la valeur x_1 à la valeur x_2 .

- 1 $x_1 = 20$ et $x_2 = 130$.
- 2 $x_1 = 15$ et $x_2 = 70$.
- 3 $x_1 = 150$ et $x_2 = 100$.
- 4 $x_1 = 200$ et $x_2 = 10$.

Solution page 304

Exercice 11.3 (taux d'évolution simples)

- 1 Un article coûtant 20 € en temps normal est en solde à « -15% ». Calculer le prix de cet article pendant ces soldes.
- 2 Un article vaut, après réduction de 15%, 21,25 €. Quel est le prix de cet article avant réduction?

Solution page 305

Exercice 11.4 (évolution réciproque)

Une valeur subit une évolution de 30 %.
Quelle doit être l'évolution suivante pour revenir à la valeur initiale ?

Solution page 305

Exercice 11.5 (prix du timbre)

Le coût d'un timbre poste pour une lettre normale a été de :

1990	1993	1994	2021
0,34 €	0,38 €	0,43 €	0,95 (*)

(*) tarif pour un écopli (tarif le plus bas)

- 1 Quel est le pourcentage d'augmentation du prix du timbre entre 1990 et 1993 ? Entre 1993 et 1994 ? Entre 1990 et 2021 ?
- 2 À l'aide d'un tableur ou de Python, par exemple, trouver le pourcentage moyen d'évolution entre 1990 et 2021.

Solution page 305

Exercice 11.6 (évolutions successives)

Le prix d'un article subit une hausse de 20 %, puis une baisse de 10 %.
Quel est le taux d'évolution global ?

Solution page 306

Exercice 11.7 (hausse et baisse successives)

Une valeur est augmentée de $t\%$, puis diminuée de $t\%$, où $t > 0$.
Existe-t-il une valeur de t telle que le nombre final soit égal au nombre initial ?

Solution page 306

Exercice 11.8 (retour à l'état initial)

Une valeur est augmentée de $t\%$, puis diminuée de $t'\%$, où $t > 0$ et $t' > 0$.

- 1 Exprimer t' en fonction de t de sorte que le nombre final soit égal au nombre initial.
- 2 Calculer alors t' quand $t = 20$.

Solution page 307

Exercice 11.9 (taux d'évolution moyen)

On considère deux évolutions successives $t_1\%$ et $t_2\%$.
On appelle *taux d'évolution moyen* le pourcentage $t\%$ tel que, si l'on effectue deux évolutions successives de $t\%$, on obtient la même évolution globale.
Calculer le taux d'évolution moyen lorsque $t_1 = 6\%$ et $t_2 = 10\%$.

Solution page 307

Exercice 11.10 (taux d'évolution moyen, le retour)

Une grande entreprise souhaite voir le prix de ses prestations augmenter de 30 % sur 5 ans. Les journalistes disent alors que cela fera une augmentation annuelle moyenne de 6 %. Ont-ils raison ?

Solution page 308

Indicateurs d'une série statistique

Exercice 11.11 (moyenne, e.c.c. et médiane)

Le tableau ci-dessous donne la répartition des diverses notes d'une classe de 35 élèves à un contrôle.

Notes	2	4	5	6	9	11	12	14	15	16	18	Total
Effectifs	1	3	2	2	6	4	4	5	3	3	2	35

- 1 Recopier et compléter ce tableau en calculant les fréquences à 10^{-3} près, et les effectifs cumulés croissants et décroissants.
- 2 Donner la médiane de la série statistique.
- 3 Calculer la moyenne de la série statistique et comparer à la médiane.

Solution page 308

Exercice 11.12 (moyenne, e.c.c. et médiane avec classes)

Un relevé des durées des communications téléphoniques effectué dans un central téléphonique a fourni les informations consignées dans le tableau suivant (l'unité de durée est la minute) :

Intervalles de durée	[0;2[	[2;4[	[4;6[	[6;8[	[8;10[	[10;12[
Effectifs	14	16	25	15	17	13

- 1 Calculer la durée moyenne d'un appel.
- 2 Dans quel intervalle se trouve la médiane.

Solution page 308

Exercice 11.13 (calculs avec classes)

On considère la série statistique suivante :

Classes	[0;3[	[3;6[	[6;12[	[12;20[	[20;25]
Effectifs	10	15	10	20	25

- 1 Calculer les effectifs cumulés croissants.
En déduire l'intervalle dans lequel se trouve la médiane de la série statistique.

- 2 En assimilant chaque classe à son centre, calculer une valeur approchée de la moyenne de la série statistique.

Solution page 309

Exercice 11.14 (notes de deux classes)

Un professeur a en charge deux classes de Seconde. Il souhaite comparer les résultats de ces deux classes sur le dernier contrôle à l'aide des tableaux suivants :

NOTES DE LA SECONDE 1

Notes (x_i)	2	5	6	7	8	9	11	13	14	15	18
Effectifs (n_i)	1	1	2	5	3	6	5	6	1	1	1

NOTES DE LA SECONDE 2

Notes (x_i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Effectifs (n_i)	1	1	1	3	2	3	4	3	5	4	3	1	1	1	1	1

- 1 Calculer la moyenne des deux classes.
- 2 Calculer la variance, puis l'écart-type, des deux classes.
- 3 Déterminer la médiane ainsi que l'écart inter-quartile.
- 4 Comparer alors les résultats de ces deux classes.

Solution page 309

Exercice 11.15 (salaires dans deux entreprises)

Nous avons observé les salaires nets dans deux entreprises concurrentes, et nous les avons réunis dans les tableaux suivants :

ENTREPRISE A

Classes	[1 150; 1 250[	[1 250; 1 350[	[1 350; 1 450[	[1 450; 1 550[
Effectifs	18	27	52	48

Classes	[1 550; 1 650[	[1 650; 1 750[	[1 750; 1 850[	[1 850; 2 000[
Effectifs	36	25	20	8

ENTREPRISE B

Classes	[900; 1 000[	[1 000; 1 100[	[1 100; 1 200[	[1 200; 1 300[
Effectifs	10	15	22	34

Classes	[1 300; 1 400[	[1 400; 1 500[	[1 500; 1 600[	[1 600; 1 700[
Effectifs	38	42	58	30

Classes	[1 700; 1 800[	[1 800; 1 900[	[1 900; 2 000[	[2 000; 2 100[
Effectifs	22	14	10	4

Déterminer le couple $(\bar{x}; \sigma)$ pour chacune des deux entreprises.

Solution page 310

Exercice 11.16 (Influence d'un ajout dans une série statistique)

On considère une série statistique de n données x_1, x_2, \dots, x_n .

On note \bar{x} sa moyenne et V sa variance.

On ajoute une donnée x à cette série, et on note $m(x)$ la nouvelle moyenne et $v(x)$ la nouvelle variance.

1 Montrer que $m(x) = \frac{x + n\bar{x}}{n + 1}$.

2 Quelle valeur de x faut-il prendre pour que $m(x) = \bar{x}$?

Solution page 311

Exercice 11.17 (de l'algèbre dans les statistiques)

- 1** Hugo a obtenu au 2^e trimestre une moyenne de 8/20 aux 3 premiers contrôles (dont les coefficients respectifs sont 0,5, 2 et 1). Il ne reste qu'un contrôle avant l'arrêt des notes (dont le coefficient sera égal à 2).

Combien faut-il qu'il obtienne au minimum pour obtenir 10/20 de moyenne au 2^e trimestre?

- 2** M. Zébulon enseigne les mathématiques aux classes Seconde 1 (30 élèves) et Seconde 2 (26 élèves). Il propose systématiquement les mêmes sujets de devoirs. Sur celui portant sur les statistiques, la Seconde 1 a obtenu une moyenne de 14,5/20.

- a.** Quelle doit être la moyenne de la Seconde 2 pour que la moyenne de ce contrôle (sur les deux classes) soit supérieure à 12/20?
- b.** Lors des précédents devoirs, la moyenne de la Seconde 2 était inférieure à celle de la Seconde 1 de 20 %.

Peut-il espérer atteindre 12/20 de moyenne à ce contrôle sur les deux classes?

- 3** Mme Zébulon enseigne aussi les mathématiques dans le même lycée que son mari. Elle a la Seconde 3 dans laquelle se trouve Kévin Zépadbol à qui elle propose, avec un sourire narquois, l'énigme suivante :

« Tu as eu 5/20 (coefficient 2) et 8/20 (coefficient 1) aux deux premiers devoirs, et tu attends ta note pour le dernier devoir coefficient 2. Sur ces trois devoirs, l'écart-type de tes notes est à peu près égal à 1,643. Si tu arrives à trouver la note que tu as obtenue au dernier contrôle, je la triple. »

Saurez-vous trouver la note de Kévin? (il faudra dans cette question faire preuve d'initiative).

Solution page 312

Exercice 11.18

On considère la fonction Python suivante :

Code Python 11-18

```
1 def f(L):
2     # L est une liste de la forme [ (x1,n1) , (x2,n2) , ... , ]
3     somme_produits = 0
4     effectif_total = 0
5     for x in L: # on parcourt la liste L --> x est un couple de nombres
6         # de la forme ( x[0], x[1] )
7         somme_produits = somme_produits + x[0]*x[1]
8         effectif_total = effectif_total + x[1]
9     return somme_produits / effectif_total
```

- 1 Exécuter à la main et pas-à-pas cette fonction pour :

```
>>> f( [ (1,2) , (3,4) ] )
```

en complétant le tableau suivant :

x	-	(1,2)	(3,4)
somme_produits	0		
effectif_total	0		

- 2 À quoi correspond la valeur renvoyée par cette fonction?
- 3 En s'inspirant de cette fonction, écrire une fonction var(L) qui renvoie la variance de la série statistique représentée par la liste L.

Solution page 313

Exercice 11.19

- 1 Compléter la fonction Python suivante de sorte qu'elle renvoie une liste correspondant aux effectifs cumulés croissants de la liste L, liste de la forme [(x1,ecc1) , (x2,ecc2) , ...].

Code Python 11-20

```
1 def ecc(L):
2     E = []
3     for i in range( len(L) ):
4         if i == 0:
5             E.append( ... )
6         else:
7             E.append( ... )
8     return E
```

Remarque 88

Je rappelle que la fonction `E.append(x)` ajoute la valeur de `x` à la fin de la liste `E`. De plus, `len(L)` est le nombre d'éléments contenus dans la liste `L`.

- 2** Compléter la fonction Python suivante qui renvoie la médiane de la série représentée par la liste L.

Code Python 11-21

```

1 def mediane(L):
2     E = ecc(L)
3     N = E[-1][1] # effectif total
4
5     if N % 2 == 0:
6         moitie = ... # moitié de l'effectif total
7     else:
8         moitie = ...
9
10    for i in range( len(E) ):
11        if E[i][1] > moitie:
12            return ...
13        if E[i][1] == moitie:
14            return ...

```

Solution page 314

Exercices Bilans

Exercice 11.20

Dans un village, on a relevé le nombre d'enfants par habitation, et on a mis les résultats dans le tableau ci-dessous :

Nombres d'enfants x_i	0	1	2	3	4	5
Effectifs n_i	230	125	142	97	24	2
Effectifs cumulés						
$(x_i - \bar{x})^2$						

- 1** Compléter la troisième ligne du tableau (celle des effectifs cumulés).
En déduire la valeur de la médiane M_e et des quartiles Q_1 et Q_3 .
- 2** Calculer le nombre moyen d'enfants (noté \bar{x}) par habitation dans ce village.
- 3** Compléter alors la dernière ligne du tableau.
Calculer ensuite la variance V , puis l'écart-type σ .
- 4** Calculer le pourcentage d'habitations ayant un nombre d'enfants compris dans l'intervalle $[\bar{x} - \sigma; \bar{x} + \sigma]$.

Solution page 315

Exercice 11.21

Dans une entreprise, on a relevé les salaires des employés, que l'on a répertoriés dans le tableau ci-dessous en les regroupant par classes :

Salaires (en €)	[0;950[	[950;1 250[	[1 250;1 400[	[1 400;1 700[	[1 700;2 400]
Centre des classes x_i					
Effectifs n_i	230	320	550	480	420
Effectifs cumulés					
$(x_i - \bar{x})^2$					

- 1 Dans quel intervalle se trouve la médiane et les quartiles Q_1 et Q_3 ?
- 2 Calculer le salaire moyen \bar{x} de cette entreprise.
- 3 Calculer la variance et l'écart-type des salaires.

Solution page 316

Exercice 11.22 (propriété de la moyenne)

- 1 Les élèves de deux classes A et B, d'effectifs respectifs 35 et 27 élèves, ont fait le même devoir. La moyenne de la classe A est 10,7 et celle de la classe B est 12,3.
Quelle est la moyenne de ce devoir sur les deux classes A et B ?
- 2 Deux classes C et D ont fait le même devoir. La moyenne de la classe C (dans laquelle il y avait 30 élèves) est 8,9 et celle de la classe D est 15,7.
Sachant que la moyenne des deux classes est environ égale à 12, combien d'élèves de la classe D ont fait ce devoir ?

Solution page 317

Corrigé de l'exercice 11.1 page 296

- 1** À quel pourcentage correspond le nombre d'élèves garçons vivant en appartement par rapport à l'ensemble de la classe ?

Il y a 5 garçons qui vivent en appartement sur les 36 élèves de la classe. Cela représente :

$$\frac{5}{36} \times 100 \approx 13,89 \%$$

- 2** À quel pourcentage correspond le nombre d'élèves garçons vivant en appartement par rapport à l'ensemble des garçons ?

Il y a 5 garçons qui vivent en appartement sur les 20 garçons. Cela représente :

$$\frac{5}{20} \times 100 = 25 \%$$

Remarque 89

Par rapport à 20, 5 représente le quart, donc 25 %. C'est un pourcentage à connaître, au même titre que la moitié correspond à 50 %.

- 3** À quel pourcentage correspond le nombre d'élèves filles vivant en maison par rapport à l'ensemble des élèves vivant en maison ?

Il y a 12 filles qui vivent en maison sur les 27 élèves vivant en maison. Cela représente :

$$\frac{12}{27} \times 100 \approx 44,44 \%$$

Corrigé de l'exercice 11.2 page 296

1 $\frac{x_2 - x_1}{x_1} \times 100 = \frac{130 - 20}{20} \times 100 = \frac{110}{20} \times 100 = 550.$

Le taux d'évolution est donc égal à 550 %.

2 $\frac{x_2 - x_1}{x_1} \times 100 = \frac{70 - 15}{15} \times 100 = \frac{55}{15} \times 100 \approx 366,67.$

Le taux d'évolution est donc égal à 366,67 %.

3 $\frac{x_2 - x_1}{x_1} \times 100 = \frac{100 - 150}{150} \times 100 = \frac{-50}{150} \times 100 \approx -33,33.$

Le taux d'évolution est donc égal à -33,33 %.

$$4 \quad \frac{x_2 - x_1}{x_1} \times 100 = \frac{10 - 200}{200} \times 100 = \frac{-190}{200} \times 100 = -95.$$

Le taux d'évolution est donc égal à -95% .

Corrigé de l'exercice 11.3 page 296

$$1 \quad 20 \times \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 20 \times 0,8 = 16.$$

L'article vaut donc 16 € pendant ces soldes.

$$2 \quad 21,25 \div \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 25.$$

L'article vaut donc, avant réduction, 25 €.

Corrigé de l'exercice 11.4 page 297

Le CM correspondant à 30 % est égal à 1,3. Le CM inverse est donc égal à :

$$\frac{1}{1,3} \approx 0,77,$$

ce qui correspond à une évolution de -23% .

L'évolution doit donc être de -23% pour revenir à la valeur initiale.

Corrigé de l'exercice 11.5 page 297

- 1 • Entre 1990 et 1993, le prix du timbre est passé de 0,34 € à 0,38 €. Le pourcentage d'évolution est donc :

$$\frac{0,38 - 0,34}{0,34} \times 100 \approx 11,76\%.$$

- Entre 1993 et 1994, le prix du timbre est passé de 0,38 € à 0,43 €. Le pourcentage d'évolution est donc :

$$\frac{0,43 - 0,38}{0,38} \times 100 \approx 13,16\%.$$

- Entre 1990 et 2021, le prix du timbre est passé de 0,34 € à 0,95 €. Le pourcentage d'évolution est donc :

$$\frac{0,95 - 0,34}{0,34} \times 100 \approx 179,4\%.$$

- 2 Notons t le pourcentage d'évolution moyen entre 1990 et 2021, soit sur 31 ans. Il faut alors que :

$$\left(1 + \frac{t}{100}\right)^{31} \approx 1 + \frac{179,4}{100} \approx 2,794.$$

(le coefficient multiplicateur global sur 31 ans doit être le même que celui qui nous permet de voir l'évolution de 1990 à 2021).

On pourrait écrire une boucle en Python calculant les valeurs successives de $\left(1 + \frac{t}{100}\right)^{31}$ pour t variant de 1 à 10 par exemple :

```
for t in range(10):
    print( t, (1+t/100)**31 )
```

```
0 1.0
1 1.3613274044862351
2 1.847588815785422
3 2.500080345325352
4 3.3731334104286432
5 4.538039493908201
6 6.088100643288055
7 8.145112895648387
8 10.867669440199327
9 14.461769531353092
```

On peut alors voir que $3 < t < 4$. On peut ensuite calculer les valeurs de $\left(1 + \frac{t}{100}\right)^{31}$ pour $3 + \frac{t}{100}$, pour t variant de 0 à 99 :

```
for t in range(100):
    print( 3+t/100, (1+(3+t/100)/100)**31 )
```

```
...
3.36 2.7856562290189264
3.37 2.7940231777974414
3.38 2.8024144443710957
...
```

On constate alors que le pourcentage moyen d'augmentation est $t \approx 3,37$.

Corrigé de l'exercice 11.6 page 297

Le coefficient multiplicateur correspondant à une hausse de 20% est égal à 1,2; celui correspondant à une baisse de 10% est égal à 0,9.

Ainsi, le coefficient multiplicateur global est égal à $1,2 \times 0,9$, soit 1,08, ce qui correspond à une hausse de 8%.

Le taux d'évolution global est donc égal à 8%.

Corrigé de l'exercice 11.7 page 297

Le coefficient multiplicateur global (CMG) est égal à $\left(1 + \frac{t}{100}\right)\left(1 - \frac{t}{100}\right) = 1 - \frac{t^2}{10000}$.

Pour que le nombre final soit égal au nombre initial, il faudrait que le CMG soit égal à 1, ce qui ne peut pas être le cas car $\frac{t^2}{10000} \neq 0$.

Il n'existe donc aucun pourcentage correspondant à ce que l'on veut.

Corrigé de l'exercice 11.8 page 297

1 Le coefficient multiplicateur global (CMG) est égal à :

$$\left(1 + \frac{t}{100}\right) \left(1 - \frac{t'}{100}\right).$$

On souhaite que le CMG soit égal à 1 d'où :

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{t}{100}\right) \left(1 - \frac{t'}{100}\right) &= 1 \Leftrightarrow 1 - \frac{t'}{100} = \frac{1}{1 + \frac{t}{100}} \\ \Leftrightarrow 1 - \frac{t'}{100} &= \frac{100}{100 + t} \\ \Leftrightarrow -\frac{t'}{100} &= \frac{100}{100 + t} - 1 \\ \Leftrightarrow \frac{t'}{100} &= 1 - \frac{100}{100 + t} \\ \Leftrightarrow t' &= 100 - \frac{10000}{100 + t} \\ \Leftrightarrow t' &= \frac{10000 + 100t - 10000}{100 + t} \\ \Leftrightarrow t' &= \frac{100t}{100 + t} \end{aligned}$$

2 Si $t = 20$, alors $t' = \frac{100 \times 20}{100 + 20} = \frac{2000}{120} = \frac{200}{12} = \frac{50}{3} \approx 16,67$.

Corrigé de l'exercice 11.9 page 297

Le CMG est égal ici à $1,06 \times 1,1 = 1,116$.

Si les deux augmentations sont égales à $t\%$, alors le CMG est égal à $\left(1 + \frac{t}{100}\right)^2$.

Ainsi, on veut :

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{t}{100}\right)^2 &= 1,116 \Leftrightarrow 1 + \frac{t}{100} = \sqrt{1,116} \\ \Leftrightarrow \frac{t}{100} &= \sqrt{1,116} - 1 \\ \Leftrightarrow t &= 100(\sqrt{1,116} - 1) \approx 5,64. \end{aligned}$$

Le taux moyen d'évolution est donc égal ici à 5,64%.

Corrigé de l'exercice 11.10 page 298

Prenons un tarif au hasard : $x = 100$.

S'il subit 5 hausses successives de 6%, alors le CMG est égal à :

$$1,06^5 = 1,338225578.$$

À la fin, le tarif sera égal à :

$$100 \times 1,338225578 = 133,8225578.$$

Or,

$$\frac{133,8225578 - 100}{100} \times 100 = 33,8225578.$$

Donc l'augmentation sera de 33,82 %, et non 30 %.

Les journalistes ont donc tort de diviser le pourcentage total par le nombre d'années.

Corrigé de l'exercice 11.11 page 298

1 Le tableau complété est :

Notes	2	4	5	6	9	11	12	14	15	16	18	Total
Effectifs	1	3	2	2	6	4	4	5	3	3	2	35
Fréquences	0,029	0,086	0,057	0,057	0,171	0,114	0,114	0,143	0,086	0,086	0,057	1
e.c.c.	1	4	6	8	14	18	22	27	30	33	35	

2 Les effectifs cumulés croissants dépassent 50% de l'effectif total (soit 17,5) pour la note 11.

La médiane est donc ici égale à $m_e = 11$.

3 La moyenne de la série statistique est :

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{2 \times 1 + 4 \times 3 + 5 \times 2 + \dots + 15 \times 3 + 16 \times 3 + 18 \times 2}{1 + 3 + 2 + \dots + 3 + 3 + 2} \\ &= \frac{381}{35} \\ \boxed{\bar{x} \approx 10,9}\end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 11.12 page 298

1 La durée moyenne se calcule ainsi :

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1 \times 14 + 3 \times 16 + 5 \times 25 + 7 \times 15 + 9 \times 17 + 11 \times 13}{14 + 16 + 25 + 15 + 17 + 13} \\ &= \frac{588}{100} \\ &= 5,88 \\ &= 5 \text{ min} + 0,88 \times 60 \text{ sec}\end{aligned}$$

La durée moyenne d'un appel est donc d'à peu près 5 minutes et 53 secondes.

- 2 Complétons le tableau avec la ligne des effectifs cumulés croissants (E.c.c) :

Intervalles de durée	[0;2[	[2;4[	[4;6[	[6;8[	[8;10[	[10;12[
Effectifs	14	16	25	15	17	13
E.c.c.	14	30	55	70	87	100

50 % de l'effectif total (soit 50) sont atteints et dépassés pour [4;6[.

Ainsi, la médiane appartient à [4;6[.

Corrigé de l'exercice 11.13 page 298

- 1 On a :

Classes	[0;3[	[3;6[	[6;12[	[12;20[	[20;25]
Effectifs	10	15	10	20	25
E.c.c.	10	25	35	55	80

50 % de l'effectif total sont dépassés dans [12;20[, donc la médiane appartient à cet intervalle.

- 2 La moyenne est :

$$\bar{x} = \frac{2 \times 10 + 4,5 \times 15 + 9 \times 10 + 16 \times 20 + 22,5 \times 25}{10 + 15 + 10 + 20 + 25}$$

$$\bar{x} \approx 13,2$$

Corrigé de l'exercice 11.14 page 299

- 1 • Moyenne de la Seconde 1 :

$$\bar{x}_1 = \frac{2 \times 1 + 5 \times 1 + 6 \times 2 + \dots + 15 \times 1 + 18 \times 1}{1 + 1 + 2 + \dots + 1 + 1} = \frac{312}{32}$$

$$\bar{x}_1 \approx 9,75$$

- Moyenne de la Seconde 2 :

$$\bar{x}_2 = \frac{1 \times 1 + 2 \times 1 + 3 \times 1 + \dots + 15 \times 1 + 16 \times 1}{1 + 1 + 1 + \dots + 1 + 1} = \frac{286}{35}$$

$$\bar{x}_2 \approx 8,17$$

- 2 Pour la Seconde 1, la variance est : $V_1 = \frac{173}{16} \approx 10,81$.

Ainsi, son écart-type est : $\sigma_1 = \sqrt{V_1} = \frac{\sqrt{173}}{4} \approx 3,29$.

Pour la Seconde 2, la variance est : $V_2 = \frac{15014}{1225} \approx 12,26$.

Ainsi, son écart-type est : $\sigma_2 = \sqrt{V_2} = \frac{\sqrt{15014}}{35} \approx 3,5$.

- 3 Complétons les deux tableaux avec la ligne des effectifs cumulés croissants :

NOTES DE LA SECONDE 1

Notes (x_i)	2	5	6	7	8	9	11	13	14	15	18
Effectifs (n_i)	1	1	2	5	3	6	5	6	1	1	1
E.c.c.	1	2	4	9	12	18	23	29	30	31	32

NOTES DE LA SECONDE 2

Notes (x_i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Effectifs (n_i)	1	1	1	3	2	3	4	3	5	4	3	1	1	1	1	1
E.c.c.	1	2	3	6	8	11	15	18	23	27	30	31	31	33	34	35

On voit alors que ma médiane de la Seconde 1 est 9 (car c'est la première note pour laquelle les e.c.c. sont supérieurs ou égaux à la moitié de l'effectif total, soit $32 \div 2 = 16$).

Donc $m_1 = 9$.

De plus, $Q_1 = 7$ et $Q_3 = 13$ donc l'écart interquartile est $e_1 = 13 - 7 = 6$.

On voit aussi que la médiane de la Seconde 2 est $m_2 = 8$.

De plus, $Q_1 = 6$ et $Q_3 = 10$, donc l'écart inter-quartile est $e_2 = 10 - 6 = 4$.

- 4 Le couples $(m_1; e_1) = (9; 6)$ et $(m_2; e_2) = (8; 4)$ nous permettent de dire que la dispersion des notes autour des médianes est plus étroite dans la Seconde 2 que dans la Seconde 1, en ayant à peu près la même médiane (à 1 point près).

Les couples $(\bar{x}_1; \sigma_1) = (9,75; 3,29)$ et $(\bar{x}_2; \sigma_2) = (8,17; 3,5)$ nous permet de dire que la concentration des notes autour des moyennes est quasiment identique, en ayant une moyenne plus forte dans la Seconde 1 que dans la Seconde 2.

On peut donc voir que la Seconde 1 est légèrement plus performante que la Seconde 2.

Corrigé de l'exercice 11.15 page 299

- Pour l'entreprise A :

$$\begin{aligned}\bar{x}_A &= \frac{1200 \times 18 + 1300 \times 27 + \dots + 1925 \times 8}{18 + 27 + 52 + \dots + 20 + 8} \\ &= \frac{353000}{234} \\ \boxed{\bar{x}_A \approx 1509}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_A &= \frac{18(1509 - 1200)^2 + 27(1509 - 1300)^2 + \dots + 8(1509 - 1925)^2}{234} \\ \boxed{V_A \approx 33367}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_A &= \sqrt{V_A} \\ \boxed{\sigma_A \approx 183}\end{aligned}$$

- Pour l'entreprise B :

$$\begin{aligned}\bar{x}_B &= \frac{950 \times 10 + 1\,050 \times 15 + \dots + 2\,050 \times 4}{10 + 15 + \dots + 10 + 4} \\ &= \frac{436\,750}{299} \\ \bar{x}_B &\approx 1\,461\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_B &= \frac{10(950 - 1\,461)^2 + 15(1\,050 - 1\,461)^2 + \dots + 4(2\,050 - 1\,461)^2}{299} \\ V_B &\approx 61\,959\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_B &= \sqrt{V_B} \\ \sigma_B &\approx 249\end{aligned}$$

Ainsi, des couples $(\bar{x}_A; \sigma_A) = (1\,509; 183)$ et $(\bar{x}_B; \sigma_B) = (1\,461; 249)$, on peut déduire qu'en moyenne, on gagne plus dans l'entreprise A que dans la B, mais que l'écart à ce salaire moyen est plus important dans l'entreprise B quand dans la A.

Corrigé de l'exercice 11.16 page 300

Posons $x_{n+1} = x$.

- 1** Par définition, on a :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad \text{donc} \quad n\bar{x} = x_1 + x_2 + \dots + x_n.$$

On a alors :

$$m(x) = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n + x}{n + 1}$$

$$m(x) = \frac{n\bar{x} + x}{n + 1}$$

- 2** $m(x) = \bar{x}$

$$\Leftrightarrow \frac{x + n\bar{x}}{n + 1} = \bar{x}$$

$$\Leftrightarrow x + n\bar{x} = (n + 1)\bar{x}$$

$$\Leftrightarrow x = \bar{x}.$$

Il faut ainsi choisir d'ajouter à la série une valeur égale à la moyenne de la série pour que la moyenne de la nouvelle série soit la même que la série initiale.

Corrigé de l'exercice 11.17 page 300

- 1** Notons x la note au devoir coefficient 2. Il faut :

$$\frac{(0,5 + 2 + 1) \times 8 + 2x}{0,5 + 2 + 1 + 2} \geq 10$$

soit :

$$28 + 2x \geq 10 \times 5,5.$$

On a alors :

$$x \geq \frac{55 - 28}{2}$$

ou encore :

$$x \geq 13,5.$$

Il faut donc que Hugo obtienne une note supérieure ou égale à 13,5/20 lors du prochain contrôle.

- 2 a.** Notons $\bar{x}_1 = 14,5$ la moyenne de la Seconde 1 et \bar{x}_2 celle de la Seconde 2. Il faut :

$$\begin{aligned} \frac{30 \times 14,5 + 26 \times \bar{x}_2}{30 + 26} &\geq 12 \iff 435 + 26\bar{x}_2 \geq 12 \times 56 \\ &\iff \bar{x}_2 \geq \frac{12 \times 56 - 435}{26} \\ &\iff \bar{x}_2 \geq 9,12. \end{aligned}$$

Il faut donc que la moyenne de la Seconde 2 soit supérieure ou égale à 9,12.

- b.** Lors des précédents devoirs, $\bar{x}_2 = 0,8\bar{x}_1$. Ici, $0,8\bar{x}_1 = 0,8 \times 14,5 = 11,6$.

M. Zébulon peut donc se rassurer : il est fort probable que la moyenne de ses deux classes soit supérieure à 12/20.

- 3** La variance des notes de Kévin est : $1,643^2 \approx 2,7$.

Notons n sa note au dernier devoir, \bar{x} sa moyenne sur ses trois contrôles et V la variance. Alors :

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{5 \times 2 + 8 \times 1 + 2n}{5} \\ V = \frac{2(5 - \bar{x})^2 + (8 - \bar{x})^2 + 2(n - \bar{x})^2}{5} \end{cases}$$

On obtient :

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{18}{5} + \frac{2}{5}n \\ V = \frac{1}{5}[5\bar{x}^2 - (36 + 4n)\bar{x} + 114 + 2n^2] \end{cases}$$

En remplaçant dans la deuxième égalité \bar{x} par son expression en fonction de n , on a :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{25}(18+2n)^2 - \frac{1}{25} \underbrace{(36+4n)(18+2n)}_{=2(18+2n)} + \frac{1}{5}(114+2n^2) \\ &= -\frac{1}{25}(18+2n)^2 + \frac{1}{25}(570+10n^2) \\ &= \frac{1}{25}(10n^2+570-18^2-72n-4n^2) \\ &= \frac{2}{25}(3n^2-36n+123). \end{aligned}$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} V = 2,7 &\iff \frac{2}{25}(3n^2-36n+123) = \frac{27}{10} \\ &\iff 3n^2-36n+123 = \frac{27}{10} \times \frac{25}{2} \\ &\iff 3n^2-36n+123 = \frac{135}{4} \\ &\iff 3n^2-36n+123 - \frac{135}{4} = 0 \\ &\iff 12n^2-144n+357 = 0. \end{aligned}$$

La fonction $n \mapsto 12n^2 - 144n - 233$ est une fonction du second degré. En la traçant à la calculatrice, on trouve qu'elle coupe l'axe des abscisses en $n = 3,5$ et $n = 8,5$.

Mais le fait que l'enseignante puisse tripler la note suggère que cette note ne peut pas être 8,5 (sans quoi la note triplée serait supérieure à 20).

Kévin a donc eu 3,5/20.

Corrigé de l'exercice 11.18 page 301

1 Le tableau complété est le suivant :

x	-	(1,2)	(3,4)
somme_produits	0	$0 + 1 \times 2 = 2$	$2 + 3 \times 4 = 14$
effectif_total	0	$0 + 2 = 2$	$2 + 4 = 6$

Ainsi, la valeur renvoyée est égale à $14 \div 6 \approx 2.333\dots$

2 À l'aide de l'exemple précédent, on s'aperçoit que pour une série statistique $(x_i; n_i)$, on ajoute dans la boucle tous les $x_i \times n_i$ (en effet, $x[0]$ correspond à x_i et $x[1]$ correspond à n_i).

De plus, on ajoute aussi tous les effectifs (ligne 7).

Ainsi, lorsque la boucle est finie, on divise la somme des $x_i \times n_i$ par la somme des effectifs, ce qui correspond à la formule de la moyenne :

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i \times n_i,$$

où N est l'effectif total.

La fonction Python renvoie donc la moyenne de la série mise en argument.

- 3** La variance est la moyenne des $(x_i - \bar{x})^2$. Une fonction Python renvoyant la variance est donc très similaire à la fonction précédente :

Code Python 11-24

```
1 def var(L):
2     m = moyenne(L)
3     s = 0
4     effectif\_total = 0
5     for x in L:
6         s = s + ( x[0] - m )**2
7         effectif\_total = effectif\_total + x[1]
8
9     return s / effectif\_total
```

Corrigé de l'exercice 11.19 page 301

- 1** La fonction complétée est la suivante :

Code Python 11-25

```
1 def ecc(L): # L = [ (x1,ecc1) , (x2, ecc2) , ... ]
2     E = []
3     for i in range( len( L ) ):
4         if i == 0:
5             E.append( L[i] )
6         else:
7             E.append( ( L[i][0] , E[i-1][1] + L[i][1] ) )
8
9     return E
```

Explications :

- Ligne 4 : la boucle signifie ici que l'on parcourt la liste L à l'aide des indices (i) de ses éléments.
- Ligne 5 : si l'indice est égal à 0, c'est-à-dire si l'on est sur le premier élément de la liste, ...
- Ligne 6 : on ajoute à la liste E le premier effectif (L[0] représente le premier couple de nombres de la liste L, donc L[0][1] représente le deuxième nombre dans ce couple de nombres).

- Ligne 7 : si nous ne sommes pas sur le premier élément de L...
- Ligne 8 : on prend le deuxième nombre de l'élément précédent dans E (qui est un couple) et on lui ajoute l'effectif de l'élément de L sur lequel nous sommes.

Regardons sur l'exemple où $L = [(1,2) , (3,4) , (5,6)]$:

i	-	0	1	2
L[i]	-	(1,2)	(3,4)	(5,6)
L[i][1]	-	2	4	6
E[i][1]	0	$0+2=2$	$2+4=6$	$6+6=12$

Au final, $E = [(1,2) , (3,6) , (5,12)]$.

2 La fonction complétée est la suivante :

Code Python 11-26

```

1 def mediane(L):
2     E = ecc(L)
3     N = E[-1][1] # effectif total
4
5     if N % 2 == 0:
6         moitie = N / 2 # moitié de l'effectif total
7     else:
8         moitie = (N + 1) / 2
9
10    for i in range( len(E) ):
11        if E[i][1] > moitie:
12            return E[i][0]
13        if E[i][1] == moitie:
14            return ( E[i][0] + E[i+1][0] ) / 2

```

On retrouve à la ligne 5 le test pour savoir si l'effectif total est pair ($N \% 2 == 0$, auquel cas on le divise par 2 (ligne 6), ou non (ligne 7), auquel cas on ajoute « 1 » à l'effectif total et on divise par 2.

Ensuite, on parcourt la liste E (qui contient les effectifs cumulés croissants, abrégés en e.c.c.) : si l'e.c.c. dépasse la moitié de l'effectif total, c'est que l'on a atteint la médiane et on la renvoie. Si, au contraire, l'e.c.c. est exactement égal à la moitié alors on retourne la moyenne entre la valeur courante ($E[i][0]$) et la suivante ($E[i+1][0]$).

Corrigé de l'exercice 11.20 page 302

1 Le tableau complété est le suivant :

Nombres d'enfants x_i	0	1	2	3	4	5
Effectifs n_i	230	125	142	97	24	2
Effectifs cumulés	230	355	497	594	618	620

La médiane M_e est la valeur du caractère pour laquelle 50% de l'effectif total est dépassé. La moitié de 620 est égale à 310.

Or, 310 est dépassé pour un nombre d'enfants de 1.

Donc $M_e = 1$.

Le quart de 620 est la moitié de 310, soit 155, atteint pour un nombre d'enfants de 0.

Donc $Q_1 = 0$.

Les trois quarts de 620 sont égaux à $3 \times 155 = 465$, atteint pour un nombre d'enfants de 2.

Donc $Q_3 = 2$.

- 2** Le nombre moyen d'enfants est obtenu par le calcul suivant :

$$\bar{x} = \frac{0 \times 230 + 1 \times 125 + 2 \times 142 + 3 \times 97 + 4 \times 24 + 5 \times 2}{620} = 1,3.$$

Le nombre moyen d'enfants par habitation dans ce village est donc 1,3.

- 3** Le tableau complété est le suivant :

Nombres d'enfants x_i	0	1	2	3	4	5
Effectifs n_i	230	125	142	97	24	2
Effectifs cumulés	230	355	497	594	618	620
$(x_i - \bar{x})^2$	1,69	0,09	0,49	2,89	7,29	13,69

La variance est donc la moyenne des $(x_i - \bar{x})^2$, soit :

$$V = \frac{230 \times 1,69 + 125 \times 0,09 + 142 \times 0,49 + 97 \times 2,89 + 24 \times 7,29 + 2 \times 13,69}{620}$$

soit :

$$V \approx 1,54$$

Ainsi, l'écart-type est :

$$\sigma = \sqrt{V} \approx 1,2$$

- 4** L'intervalle $[\bar{x} - \sigma; \bar{x} + \sigma]$ est $[1,3 - 1,2; 1,3 + 1,2] = [0,1; 2,5]$. On cherche donc le pourcentage d'habitations ayant 1 ou 2 enfants.

Il y a $125 + 142 = 267$ habitations concernées, soit un pourcentage de $\frac{267}{620} \times 100 \approx 43\%$.

Il y a donc environ 43% d'habitations ayant 1 ou 2 enfants dans ce village.

Corrigé de l'exercice 11.21 page 303

- 1** Complétons la ligne des effectifs cumulés :

Salaires (en €)	[0; 950[	[950; 1 250[	[1 250; 1 400[	[1 400; 1 700[	[1 700; 2 400]
Effectifs n_i	230	320	550	480	420
Effectifs cumulés	230	550	1 100	1 580	2 000

On voit alors que la moitié de l'effectif total est atteint pour la classe [1 250; 1 400[; la médiane appartient donc à cet intervalle.

Le quart de l'effectif total (500) est atteint pour la classe [950;1250[donc $Q_1 \in [950;1250[$.

Les trois quarts (1 500) sont atteints pour [1 400; 1 700[donc $Q_3 \in [1 400; 1 700[$.

2 Calculons le salaire moyen en complétant d'abord la ligne des centres des classes :

Salaires (en €)	[0;950[	[950;1250[	[1250;1400[	[1400;1700[	[1700;2400]
Centre des classes x_i	475	1 100	1 325	1 550	2 050
Effectifs n_i	230	320	550	480	420

Par exemple, pour trouver le centre de la classe [950; 1 250[, on fait :

$$\frac{1250 + 950}{2} = 1100.$$

Calculons alors la moyenne :

$$\bar{x} = \frac{475 \times 230 + 1100 \times 320 + 1325 \times 550 + 1550 \times 480 + 2050 \times 420}{2000}$$

On obtient alors :

$$\bar{x} = 1397,50$$

3 Pour calculer la variance, complétons la ligne des $(x_i - \bar{x})^2$:

Salaires (en €)	[0;950[	[950;1250[	[1250;1400[	[1400;1700[	[1700;2400]
Centre des classes x_i	475	1 100	1 325	1 550	2 050
Effectifs n_i	230	320	550	480	420
$(x_i - \bar{x})^2$	851 006,25	88 506,25	5 256,25	23 256,25	425 756,25

Ainsi,

$$V = \frac{230 \times 851\,006,25 + 320 \times 88\,506,25 + \dots + 420 \times 425\,756,25}{2000}.$$

On obtient alors :

$$V \approx 208\,462,5$$

soit un écart-type de :

$$\sigma \approx 456,58$$

Corrigé de l'exercice 11.22 page 303

1 Calculons la moyenne du devoir sur les deux classes :

$$\frac{10,7 \times 35 + 12,3 \times 27}{35 + 27} \approx 11,4.$$

Ainsi, la moyenne de ce devoir sur les deux classes est d'environ 11,4.

2 Notons x le nombre d'élèves de la classe D qui ont fait le devoir. Alors,

$$\begin{aligned}\frac{8,9 \times 30 + 15,7x}{(30 + x)} = 12 &\iff \frac{267 + 15,7x}{(30 + x)} = 12 \\ &\iff 267 + 15,7x = 12(30 + x) \\ &\iff 267 + 15,7x = 360 + 12x \\ &\iff 15,7x - 12x = 360 - 267 \\ &\iff 3,7x = 93 \\ &\iff x = \frac{93}{3,7} \\ &\iff x \approx 25.\end{aligned}$$

Ainsi, 25 élèves ont fait le devoir dans la classe D.

Plan du chapitre

I	Vocabulaire	320
1	Expérience aléatoire	320
2	Événement	320
3	Réunion d'événements	320
4	Intersection d'événements	321
5	Événement complémentaire	321
II	Diagrammes de Venn	322
1	Union	322
2	Intersection	322
3	Complémentaire	323
4	Partition de l'univers	323
III	Probabilités	323
1	Loi de probabilité	323
2	Propriétés fondamentales	324
IV	Méthodes de dénombrement	325
1	Le tableau à double entrée	325
2	L'arbre des possibilités (ou arbre des probabilités)	326
	Exercices	327
	Corrigés	333

1 - Vocabulaire

1.1 - Expérience aléatoire

Définition 61

Une **expérience aléatoire** est une expérience dont les issues sont obtenues par hasard.

L'ensemble de toutes les issues que l'on peut obtenir est appelé l'**univers**. On le note : Ω (Oméga).

Exemple 88

On considère l'expérience qui consiste à lancer un dé tétraédrique (4 faces numérotées 1, 2, 3 et 4). On s'intéresse à la face obtenue (au numéro qu'elle porte). Pour un dé tétraédrique, c'est la face cachée.

Si le dé n'est pas pipé (truqué), c'est une expérience aléatoire car on ne sait pas à l'avance quelle face sera obtenue.

L'univers est ici : $\Omega = \{1 ; 2 ; 3 ; 4\}$.

1.2 - Événement

Définition 62

On appelle **événement** d'une expérience aléatoire une des issues possibles.

Exemple 89

Dans le lancer de dé tétraédrique, « obtenir un 1 » est un événement.

De même, « obtenir un 2 » est un événement. Idem pour les autres faces.

L'univers est donc ici composé de 4 événements.

1.3 - Réunion d'événements

Définition 63

Soient A et B deux événements d'un univers Ω .

On appelle **réunion** de A et B l'événement « A ou B est réalisé. »

On note cette réunion : $A \cup B$.

Exemple 90

On lance un dé cubique et on note :

- A l'événement : « obtenir un nombre pair »
- B l'événement : « obtenir un multiple de 3 »

L'événement $A \cup B$ est alors : « obtenir un nombre pair ou un multiple de 3 ».

Remarque 90

Dans ce dernier exemple, on peut aussi *décrire* la réunion :

- $A = \{2 ; 4 ; 6\}$;
- $B = \{3 ; 6\}$;
- $A \cup B = \{2 ; 3 ; 4 ; 6\}$.

En effet, $A \cup B$ est constitué des nombres compris entre 1 et 6 qui sont pairs ou multiples de 3 (ou les deux).

1.4 - Intersection d'événements

Définition 64

Soient A et B deux événements d'un univers Ω .

On appelle **intersection** de A et B l'événement « A et B sont réalisés en même temps. »

On note cette réunion : $A \cap B$.

Exemple 91

On lance un dé cubique et on note :

- A l'événement : « obtenir un nombre pair »
- B l'événement : « obtenir un multiple de 3 »

L'événement $A \cap B$ est alors : « obtenir un nombre pair et un multiple de 3 », c'est-à-dire : « obtenir 6 ».

Remarque 91

Dans ce dernier exemple, on peut aussi *décrire* l'intersection :

- $A = \{2 ; 4 ; 6\}$;
- $B = \{3 ; 6\}$;
- $A \cap B = \{6\}$.

En effet, $A \cap B$ est constitué des nombres compris entre 1 et 6 qui sont à la fois pairs et multiples de 3 ; il n'y a donc que le nombre 6.

1.5 - Événement complémentaire

Définition 65

Soit A un événement d'un univers Ω .

Le **complémentaire** de A est l'événement : « A n'est pas réalisé ». On le note \bar{A} (on le lit souvent : A barre).

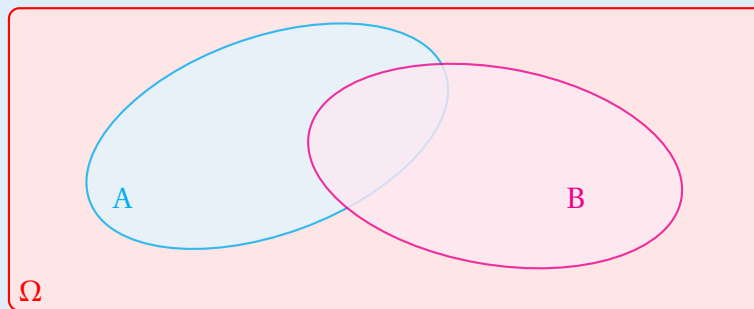
Exemple 92

Soit $\Omega = \{1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6\}$.

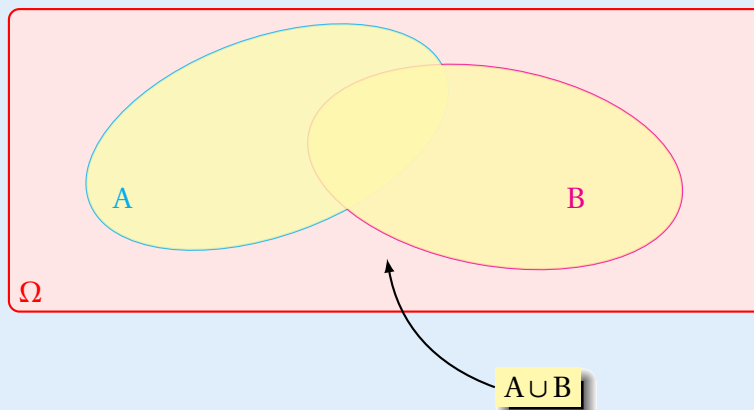
- Si $A = \{2 ; 4 ; 6\}$ alors $\bar{A} = \{1 ; 3 ; 5\}$;
- Si $B = \{3 ; 6\}$ alors $\bar{B} = \{1 ; 2 ; 4 ; 5\}$.

II - Diagrammes de Venn

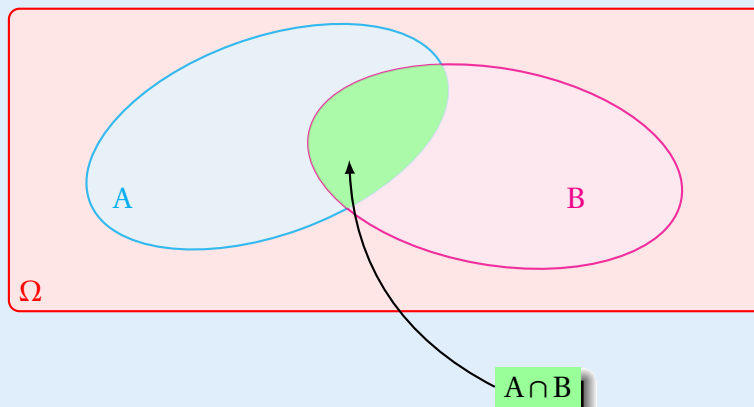
Une expérience aléatoire ainsi que des événements de cette expérience peuvent être modélisés par un dessin; c'est un diagramme de Venn.



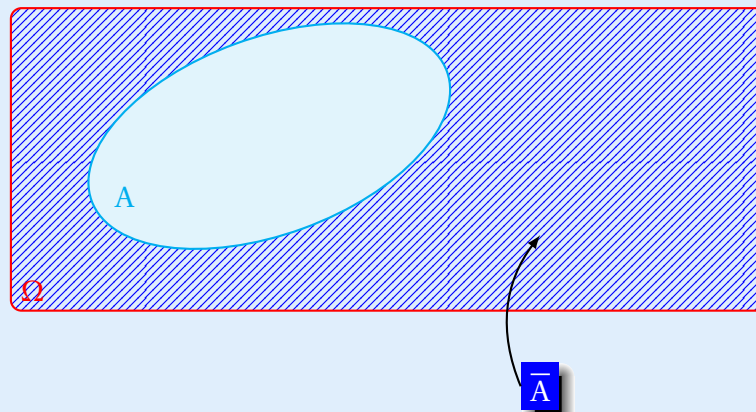
II.1 - Union



II.2 - Intersection



II . 3 - Complémentaire



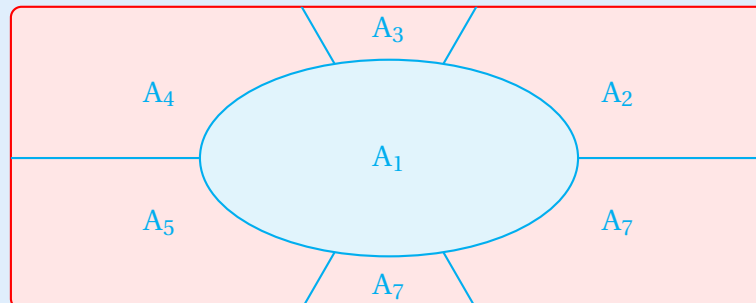
II . 4 - Partition de l'univers

Définition 66

On dit que des événements A_1, A_2, \dots, A_n forment une **partition de l'univers** Ω si :

$$\begin{cases} A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \Omega \\ A_i \cap A_j = \emptyset \text{ pour } i \neq j. \end{cases}$$

On peut représenter une partition par exemple de la façon suivante :



III - Probabilités

III . 1 - Loi de probabilité

Définition 67

Une **loi de probabilité** est un modèle que l'on adopte en fonction de l'expérience aléatoire menée.

Si toutes les issues ont la même probabilité d'être obtenues, la loi de probabilité usuelle que l'on choisit est l'**équiprobabilité**.

Si l'on peut calculer les probabilités de chaque issue dans un cas autre que l'équiprobabilité, la loi de probabilité peut-être donnée sous forme de tableau contenant les probabilités de toutes les issues.

Exemple 93 (loi de probabilité)

- 1 Si l'expérience consiste à lancer un dé cubique et à regarder la face obtenue, il y a équiprobabilité car toutes les faces ont une probabilité égale à $\frac{1}{6}$ d'être obtenue.
- 2 Dans un jeu de 32 cartes, on tire au hasard une carte. On considère les événements :
 - F : « on choisit une figure »;
 - A : « on choisit un as »
 - D : « on choisit un 7, 8, 9 ou 10 ».

La loi de probabilité de cette expérience est donnée par le tableau suivant :

Événements	F	A	D
Probabilités	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$

En effet, il y a 3 figures par famille – qui compte 8 cartes (donc $P(F) = \frac{3}{8}$); de plus, il y a 1 As par famille (donc $P(A) = \frac{1}{8}$) et il y a 4 cartes sur 8 qui sont des 7, 8, 9 ou 10 (donc $P(D) = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$).

III . 2 - Propriétés fondamentales

Propriété 64

Soit Ω un univers et soient A_1, A_2, \dots, A_n des événements de formant une partition de Ω . Alors, $P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n) = 1$.

Exemple 94

Si on reprend la question 2 de l'exemple 93, les événements F, A et D forment une partition de l'univers, et la somme des probabilités trouvées est bien égale à 1 :

$$\frac{3}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{2} = 1.$$

Propriété 65

Soient A et B deux événements d'un univers Ω . Alors,

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B).$$

Cela vient du fait que $A \cup B$ se trouve en prenant A et B, mais en prenant B, on a pris aussi une partie de A (qui est $A \cap B$) qu'il faut enlever sinon on l'aura prise deux fois.

IV - Méthodes de dénombrement

Il existe deux méthodes principales pour dénombrer : le tableau à double entrée et l'arbre.

IV.1 - Le tableau à double entrée

Il est souvent utilisé quand on s'intéresse à deux caractères dans un même univers.

Exemple 95 (tableau à double entrée)

Dans un lycée, il y a 50 % d'élèves de Seconde, 30 % d'élèves de Première et 20 % d'élèves de Terminale.

Parmi les élèves de Seconde, il y en a 48 % qui sont des filles.

Parmi les élèves de Première, il y en a 51 % qui sont des filles.

Parmi les élèves de Terminale, il y en a 55 % qui sont des filles.

La répartition peut alors se représenter par le tableau suivant :

Genres \ Classes	Classes			
	Seconde	Première	Terminale	Total
Filles	24 %	15,3 %	11 %	50,3 %
Garçons	26 %	14,7 %	9 %	49,7 %
Total	50 %	30 %	20 %	100 %

- On commence par mettre 50 %, 30 % et 20 % sur la dernière ligne car cela représente le total (en pourcentage) de chaque classe.
- Ensuite, on calcule 48 % de 50 % : $\frac{48}{100} \times \frac{50}{100} = \frac{24}{100}$, ce qui correspond au pourcentage de filles de Seconde par rapport à l'ensemble du lycée.
On fait de même pour les autres pourcentages des filles.
- On finit ensuite en complétant la ligne des garçons de sorte que le total des pourcentages de chaque colonne soit égal à celui indiqué en dernière ligne.

1 On peut ainsi dire, par exemple, que si on choisit au hasard un élève de ce lycée,

- a. la probabilité que ce soit un garçon de Terminale est égale à 9 % ;
- b. la probabilité que ce soit une fille est égale à 50,3 %.

2 Si maintenant on choisit un élève parmi les garçons, la probabilité qu'il soit en Première est égale à $\frac{14,7}{49,7}$, soit $\frac{147}{497} = \frac{21}{71}$. Attention ici, l'univers n'est plus l'ensemble du lycée mais l'ensemble des garçons.

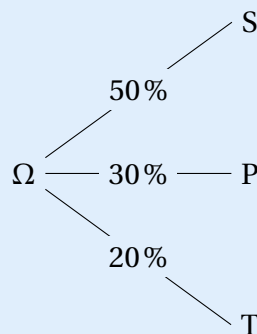
IV. 2 - L'arbre des possibilités (ou arbre des probabilités)

C'est sans nul doute la représentation la plus répandue en probabilités.

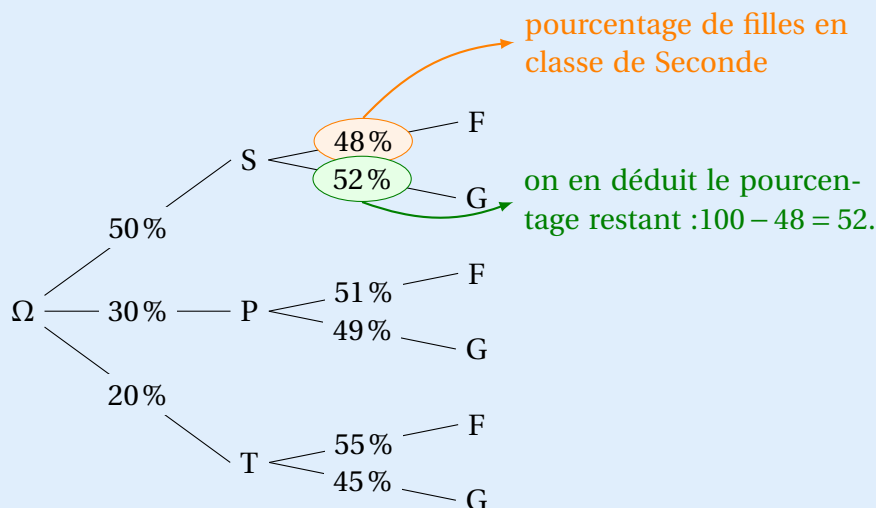
Reprenons l'exemple 95, et notons :

- S l'événement : « l'élève choisi.e. est en Seconde » ;
- P l'événement : « l'élève choisi.e. est en Première » ;
- T l'événement : « l'élève choisi.e. est en Terminale » ;
- F l'événement : « l'élève choisie est une fille » ;
- G l'événement : « l'élève choisi est un garçon » ;

L'énoncé nous parle en premier de la répartition des élèves en fonction de leur classe, donc le premier niveau de l'arbre doit concerner les classes :



On complète ensuite le second niveau de l'arbre par les possibilités : pour chaque élève de Seconde, Première et Terminale, nous avons la possibilité que l'élève soit une fille ou un garçon :



L'événement $T \cap G$ est : « l'élève choisi est un garçon de Terminale ».

Pour calculer $P(P \cap G)$, on multiplie les probabilités des deux branches :

$$\frac{20}{100} \times \frac{45}{100} = \frac{9}{100}.$$

On retrouve bien la probabilité trouvée dans l'exemple 95.

En revanche, la probabilité que l'élève soit en Première sachant que c'est un garçon (calculée à la question 2 de l'exemple 95) ne peut pas se lire directement sur l'arbre.

Toutefois, vous verrez en première une méthode pour la trouver à l'aide de l'arbre.

Exercice 12.1 (lancer de deux dés équilibrés)

On lance un dé cubique et un dé tétraédrique (4 faces), tout deux non pipés (c'est-à-dire parfaitement équilibrés).

- 1** Quelle est la probabilité pour que la somme des faces obtenues soit un multiple de 3?
- 2** Avec les deux chiffres obtenus, on forme un nombre dont le chiffre des unités est celui obtenu avec le dé cubique et celui des dizaines, obtenu avec le dé tétraédrique.
 - a.** Quelle est la probabilité pour que ce nombre soit un multiple de 3?
 - b.** Quelle est la probabilité pour que ce nombre soit un multiple de 2?
- 3** Reprendre les questions *a* et *b* de la question précédente en considérant maintenant que le chiffre des unités est donné par le dé tétraédrique et celui des dizaines par le dé cubique.

Solution page 333

Exercice 12.2 (réunion et intersection)

Un jeu de cartes est constitué de 52 cartes.

Il est composé de 4 « couleurs » : cœur (rouge), carreau (rouge), pique (noire) et trèfle (noire). Pour chaque couleur, il y a 3 figures : valet, dame et roi.

On tire au hasard une carte de ce jeu.

- 1** Quelle est la probabilité d'obtenir une figure rouge?
- 2** Quelle est la probabilité d'obtenir une figure ou une carte rouge?
- 3** Quelle est la probabilité d'obtenir une figure rouge ou une carte noire qui ne soit pas une figure?

Solution page 334

Exercice 12.3 (avec un dé portant des lettres)

Un dé cubique porte sur chaque face une lettre.

Ce dé est pipé; le tableau suivant donne les probabilités de chaque face :

A	M	H	T	U	Y
$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{4}{15}$?

On lance une fois ce dé. On note :

- *Y* l'événement : « on obtient la face où figure la lettre Y »;
- *M* l'événement : « on obtient une lettre du mot MATH »

- 1** Calculer $P(Y)$.
- 2** Calculer $P(M)$.
- 3** Calculer $P(Y \cap M)$.
- 4** Calculer $P(Y \cup M)$.

Solution page 335

Exercice 12.4 (changement d'univers)

Dans un lycée, nous avons réparti les élèves selon leur genre et le moyen de locomotion qu'ils utilisent pour venir en cours. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Moyens de locomotion	Filles	Garçons
En transport en commun	126	148
À vélo	16	10
À pieds	108	84
En voiture	42	30

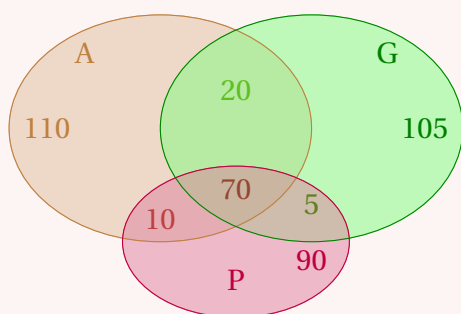
- 1** On choisit au hasard un élève parmi les 564 élèves de ce collège.
 - a.** Quelle est la probabilité pour que ce soit un garçon ?
 - b.** Quelle est la probabilité pour que cet élève vienne à vélo ?
 - c.** Quelle est la probabilité pour que ce soit une fille qui vienne à pieds ?
- 2** On choisit maintenant un garçon au hasard.
Quelle est la probabilité pour qu'il vienne en voiture ?
- 3** On choisit maintenant un élève qui vient en transport en commun.
Quelle est la probabilité pour que ce soit une fille ?

Solution page 336

Exercice 12.5 (chez les profs de math)

Chaque année, le club des profs de math d'une ville convie chacun de ses membres à une réunion secrète. Cette année, il envoie 420 invitations.

Parmi ces profs de math, il y a ceux qui adorent la géométrie, ceux qui adorent l'algèbre et ceux qui adorent les probabilités. Mais certains peuvent adorer deux des trois disciplines, voire même les trois. La répartition est donnée par le diagramme de VENN suivant :



On choisit un prof au hasard dans cette réunion. On note :

- A est l'événement : « le prof adore l'algèbre » ;
- G est l'événement : « le prof adore la géométrie » ;
- P est l'événement : « le prof adore les probabilités ».

- 1** Calculer la probabilité pour que le prof adore la géométrie et les probabilités.
- 2** Calculer la probabilité pour que le prof adore la géométrie ou les probabilités.

Solution page 336

Exercice 12.6 (QCM)

Cet exercice est un Questionnaire à Choix Multiples (QCM). Pour chaque question, une seule des réponses proposées est correcte.

- 1** On a lancé 5 fois de suite un dé cubique équilibré, et on n'a jamais obtenu le SIX. La probabilité d'obtenir SIX au 6^e lancer est :
a. inférieure à $\frac{1}{6}$ **b.** supérieure à $\frac{1}{6}$ **c.** égale à $\frac{1}{6}$ **d.** inconnue
- 2** Une famille possède deux enfants. Quelle est la probabilité que ce soient deux filles ?
a. $\frac{1}{8}$ **b.** $\frac{1}{2}$ **c.** $\frac{1}{4}$ **d.** 1
- 3** On effectue 2 tirages aléatoires successifs et sans remise dans un jeu de 52 cartes ordinaire.
Quelle est la probabilité d'obtenir deux cartes identiques ?
a. 1 **b.** $\frac{1}{16}$ **c.** 0 **d.** $\frac{1}{32}$
- 4** On lance deux dés cubiques non truqués. Quelle est la probabilité d'obtenir un « double », c'est-à-dire que les faces des deux dés indiquent le même chiffre ?
a. $\frac{1}{6}$ **b.** $\frac{1}{36}$ **c.** 6 **d.** $\frac{2}{36}$

Solution page 337

Exercice 12.7 (le digicode)

Le digicode d'un immeuble possède un clavier pour saisir un code. Le code est composé de deux chiffres, parmi 1, 2 ou 3, suivis d'une lettre parmi A ou B. Par exemple : 21B est un code possible, tout comme 33A.

Un seul code permet d'accéder au hall de l'immeuble.

- 1** À l'aide d'un arbre des possibilités, déterminer le nombre de codes possibles.
- 2** Calculer la probabilité des événements A, B, C, D et E suivants :
 - A = « Le code ouvrant l'immeuble est le code 33A »;
 - B = « Le code ouvrant l'immeuble commence par le chiffre 2 »;
 - C = « Le code ouvrant l'immeuble se termine par la lettre A »;
 - D = « Le code ouvrant l'immeuble contient deux fois le même chiffre »;
 - E = « Le code ouvrant l'immeuble ne contient ni le 1, ni le B ».

Solution page 337

Exercice 12.8 (les fantômes du village)

Dans un village, 13% des habitant·e·s affirment avoir vu au moins un fantôme dans leur vie. Parmi les personnes qui ont vu un fantôme, 93% aiment bien faire un tour au bistrot en fin de journée, contre seulement 15% des autres habitant·e·s (celles et ceux qui n'en ont jamais vu).

On choisit au hasard une personne habitant ce village. Quelle est la probabilité qu'elle aime aller au bistrot en fin de journée?

Solution page 338

Exercice 12.9 (dans un magasin)

Un petit magasin possède 2 caisses, toujours ouvertes (mais bien sûr pas toujours libres, parfois les caisses sont occupées et il faut attendre). On note :

- C_1 l'événement : « La caisse n°1 est libre »
- C_2 l'événement : « La caisse n°2 est libre »

1 Énoncez à l'aide d'une phrase l'événement $C_1 \cap C_2$.

Une étude statistique permet d'affirmer que $P(C_1) = 0,3$, $P(C_2) = 0,4$ et $P(C_1 \cap C_2) = 0,2$.

2 Énoncez à l'aide d'une phrase l'événement $\overline{C_1}$ puis calculez sa probabilité.

3 Énoncez à l'aide d'une phrase l'événement $C_1 \cup C_2$ puis calculez sa probabilité.

4 Calculez la probabilité qu'il faille attendre, c'est-à-dire qu'aucune des deux caisses ne soient libres.

Solution page 338

Exercice 12.10 (dans un sac)

Un sac contient 4 jetons, indiscernables au toucher, portant les chiffres 1, 3, 6 et 9.

On tire au hasard un premier jeton, puis un second jeton sans remettre le premier dans le sac. On note le nombre à deux chiffres obtenu dont les dizaines sont données par le premier jeton extrait et les unités par le second.

Par exemple, le tirage « 6 » puis « 1 » conduit au nombre « 61 ».

- 1**
- a. Construire un arbre des possibilités représentant cette expérience aléatoire.
 - b. Déterminer le nombre d'issues possibles liées à cette expérience.

2 On considère les événements suivants :

- A : « le nombre obtenu est pair »
- B : « le nombre obtenu est un multiple de 3 »

a. Déterminer les probabilités des événements A, B et \overline{B} .

b. Traduire par une phrase l'événement $A \cup B$ puis calculez sa probabilité.

c. Traduire par une phrase l'événement $A \cap B$ puis calculez sa probabilité.

Solution page 339

Exercice 12.11 (compléter un programme)

On souhaite simuler 1 000 lancers d'un dé cubique équilibré et compter le nombre de fois que l'on obtient la face « 1 ».

Pour cela, on utilise le programme Python suivant, que vous devez compléter :

Code Python 12-27

```
1 from random import randint
2
3 count = 0
4
5 for i in range(...):
6     d = randint(1,6)
7     if d == ...:
8         count = count + 1
9
10 print( count )
```

Solution page 340

Exercice 12.12

On lance un dé cubique, dont les faces portent les nombres 1, 2, 3, 4, 5 et 6, et un dé tétraédrique, dont les faces portent les nombres 1, 2, 3 et 4. Ces dés sont tous les deux équilibrés. On souhaite simuler 1 000 lancers de ces dés en Python en s'intéressant à la fréquence de toutes les sommes possibles. Par exemple, si le dé cubique donne « 3 » et le tétraédrique « 2 », la somme est $3 + 2$, soit 5.

1 Quelle est la plus petite somme possible? La plus grande?

On construit alors en Python la liste :

$$S = [(2,0), (3,0), \dots, (10,0)]$$

à l'aide de l'instruction :

```
S = [ (i,0) for i in range(2,11) ]
```

L'idée est de compter le nombre de fois que l'on obtient une somme et de mettre ce nombre à la place du « 0 ». Ainsi, sur les 1 000 lancers, si on obtient 18 fois la somme « 5 », la liste S contiendra le couple 5, 18.

2 Expliquer alors le programme suivant :

Code Python 12-29

```
1 from random import randint
2
3 S = [ (i,0) for i in range(2,11) ]
4
5 for i in range(1000):
6     d1 = randint(1,6)
7     d2 = randint(1,4)
8     somme = d1 + d2
9
10    for k in range( len(S) ):
11        if S[k][0] == somme:
12            n = S[k][1]
13            S[k] = (somme, n+1)
14
15 print( S )
```

3 On exécute 5 fois ce programme et on obtient les cinq résultats suivants :

```
[(2, 42), (3, 82), (4, 131), (5, 145), (6, 177), (7, 173), (8, 129), (9, 88), (10, 33)]
[(2, 44), (3, 104), (4, 114), (5, 167), (6, 178), (7, 157), (8, 122), (9, 73), (10, 41)]
[(2, 44), (3, 86), (4, 121), (5, 149), (6, 182), (7, 152), (8, 148), (9, 77), (10, 41)]
[(2, 39), (3, 81), (4, 123), (5, 172), (6, 150), (7, 179), (8, 126), (9, 86), (10, 44)]
[(2, 43), (3, 85), (4, 125), (5, 177), (6, 164), (7, 166), (8, 120), (9, 68), (10, 52)]
```

Quelles sont les sommes les plus fréquemment obtenues?

4 Calculer la probabilité de chacune des sommes.

Solution page 341

Corrigé de l'exercice 12.1 page 327

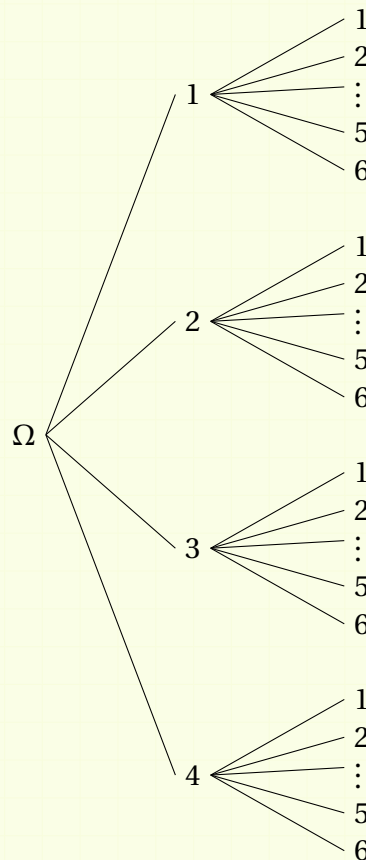
1 Représentons les sommes possibles dans un tableau :

Dé 2 \ Dé 1	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9	10

Nous voyons ici qu'il y a $6 \times 4 = 24$ issues possibles. De plus, il y a 8 issues correspondant à une somme qui est multiple de 3. Donc la probabilité d'obtenir une somme multiple de 3 est :

$$p_1 = \frac{8}{24} \quad \text{soit} \quad p_1 = \frac{1}{3}$$

2 Utilisons un arbre de probabilités pour représenter les différentes issues possibles :



- a.** Le nombre formé est un multiple de 3 si la somme des chiffres est un multiple de 3. On obtient alors les possibilités suivantes :

12; 15; 21; 24; 33; 36; 42; 45.

Il y a donc 8 issues favorables. La probabilité pour que le nombre formé soit un multiple de 3 est alors :

$$p_2 = \frac{8}{24} \quad \text{soit} \quad p_2 = \frac{1}{3}$$

- b.** Un nombre est un multiple de 2 s'il est pair. Il y a ici $3 \times 4 = 12$ nombres pairs, soit la moitié des issues possibles. La probabilité pour que le nombre formé soit un multiple de 2 est alors :

$$p_3 = \frac{1}{2}$$

- 3 a.** Les nombres obtenus multiples de 3 sont :

12; 21; 24; 33; 42; 51; 54; 63.

Il y en a 8, donc la probabilité demandée est :

$$p_4 = \frac{8}{24} = \frac{1}{3}$$

- b.** Les nombres pairs obtenus sont :

12; 14; 22; 24; 32; 34; 42; 44; 52; 54; 62; 64.

Il y en a 12, soit la moitié des cas possibles, donc la probabilité demandée est :

$$p_5 = \frac{1}{2}$$

Corrigé de l'exercice 12.2 page 327

- 1** Il y a 6 figures rouges (en tout, $4 \times 3 = 12$ figures dont la moitié sont rouges). La probabilité est alors :

$$p_1 = \frac{6}{52} \quad \text{soit} \quad p_1 = \frac{3}{26}$$

- 2** En notant F l'événement « obtenir une figure » et R l'événement « obtenir une carte rouge », on peut écrire :

$$P(F \cup R) = P(F) + P(R) - P(F \cap R).$$

D'après la question précédente, $P(F \cap R) = \frac{3}{26}$.

De plus, $P(F) = \frac{12}{52} = \frac{3}{13}$ et $P(R) = \frac{1}{2}$ (car il y a autant de cartes rouges que de cartes noires).

Ainsi,

$$\begin{aligned}P(F \cup R) &= \frac{3}{13} + \frac{1}{2} - \frac{3}{26} \\&= \frac{6}{26} + \frac{13}{26} - \frac{3}{26}\end{aligned}$$

$$P(F \cup R) = \frac{8}{13}$$

Remarque 93

On aurait aussi pu raisonner en passant par l'événement contraire, à savoir $\overline{F \cup R}$: « obtenir une carte qui n'est pas une figure et qui est noire ». On en compte en tout $10 \times 2 = 20$ (10 cartes ne sont pas des figures et il n'y a que 2 couleurs noires). Donc la probabilité de l'événement contraire est égale à $\frac{20}{52} = \frac{5}{13}$.

La probabilité demandée au départ est donc égale à $1 - \frac{5}{13} = \frac{13}{13} - \frac{5}{13} = \frac{8}{13}$.

- 3** Pour cette question, il vaut mieux compter les cartes de chaque ensemble car ces deux derniers sont disjoints (ils n'ont pas d'élément en commun).

Il y a 6 figures rouges et 20 cartes noires qui ne sont pas des figures, donc il y a en tout 26 cartes (soit la moitié du jeu).

La probabilité est donc égale à $\frac{1}{2}$.

Corrigé de l'exercice 12.3 page 327

1
$$P(Y) = 1 - \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{3} + \frac{2}{15} + \frac{1}{15} + \frac{4}{15} \right)$$
$$= 1 - \frac{13}{15}$$

$$P(Y) = \frac{2}{15}$$

2
$$P(M) = \frac{1}{15} + \frac{1}{3} + \frac{2}{15} + \frac{1}{15}$$
$$= \frac{9}{15}$$

$$P(M) = \frac{3}{5}$$

- 3** Il n'est pas possible d'avoir une lettre du mot MATH et le Y donc $P(Y \cap M) = 0$.

4
$$P(Y \cup M) = P(Y) + P(M) - P(Y \cap M)$$
$$= \frac{2}{15} + \frac{3}{5} - 0$$

$$P(Y \cup M) = \frac{11}{15}$$

Corrigé de l'exercice 12.4 page 328

1 L'univers est ici composé de tous les élèves du lycée, donc il comporte 564 éléments.

a. Il y a, dans le collège, $148 + 10 + 84 + 30 = 272$ garçons.

Par conséquent, la probabilité de choisir un garçon parmi tous les élèves est :

$$p_1 = \frac{272}{564} \quad \text{soit} \quad p_1 = \frac{68}{141}.$$

b. Il y a $10 + 16 = 26$ élèves qui viennent à vélo.

Par conséquent, la probabilité de choisir un élève qui vient à vélo parmi les élèves du collège est :

$$p_2 = \frac{26}{564} \quad \text{soit} \quad p_2 = \frac{13}{282}$$

c. Il y a 108 filles qui viennent à pieds donc la probabilité de choisir une fille qui vient à pieds parmi les élèves du collège est :

$$p_3 = \frac{108}{564} \quad \text{soit} \quad p_3 = \frac{9}{47}$$

2 L'univers est ici composé des garçons du collège ; il est donc composé de 272 éléments.

Il y a 30 garçons qui viennent en voiture donc la probabilité de choisir un élève qui vient en voiture parmi les garçons est :

$$p_4 = \frac{30}{272} \quad \text{soit} \quad p_4 = \frac{15}{136}$$

3 L'univers est ici composé des élèves qui viennent en transport en commun ; il y a donc $126 + 148 = 274$ éléments dans l'univers.

Il y a 126 filles dans cet univers donc la probabilité de choisir une fille parmi les élèves qui viennent en transport en commun est :

$$p_5 = \frac{126}{274} \quad \text{soit} \quad p_5 = \frac{63}{137}$$

Corrigé de l'exercice 12.5 page 328

1 D'après le diagramme, il y a $70 + 5 = 75$ profs qui adorent les probabilités et la géométrie. Donc :

$$P(G \cap P) = \frac{75}{420} \quad \text{soit} \quad P(G \cap P) = \frac{5}{28}$$

2 Il y a 110 profs qui ne sont pas dans l'ensemble $P \cup G$ donc :

$$P(P \cup G) = 1 - \frac{110}{420} \quad \text{soit} \quad P(P \cup G) = \frac{31}{42}$$

Corrigé de l'exercice 12.6 page 329

1 Réponse (c) : $\frac{1}{6}$.

En effet, le dé est équilibré donc chaque face a la même probabilité d'être obtenue, à savoir 1 chance sur 6, quelles que soient les issues obtenues précédemment du lancer.

2 Réponse (c) : $\frac{1}{4}$. En effet, il y a 1 chance sur 2 pour que le 1^{er} enfant soit une fille et autant pour le 2^e enfant, donc la probabilité que les deux enfants soient deux filles est $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$.

3 Réponse (c) : 0. Le tirage se fait sans remise, ce qui signifie que la carte obtenue lors du premier tirage n'est pas remise dans le jeu et donc ne peut pas être obtenue lors du second tirage.

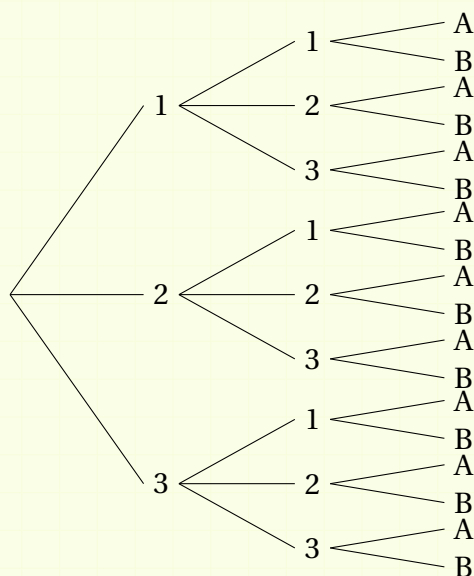
4 Réponse (a) : $\frac{1}{6}$. Si on lance deux dés cubiques, il y a $6 \times 6 = 36$ issues possibles :

11,12,13,14,15,16,21,22,23,24,25,26,31,32, ...

Parmi ces 36 issues, 6 donnent deux chiffres identiques (11,22,33,44,55,66), donc la probabilité d'obtenir 2 chiffres identiques est $\frac{6}{36} = \frac{1}{6}$.

Corrigé de l'exercice 12.7 page 329

1 On a l'arbre suivant :



Il y a donc 18 codes possibles.

- 2
- $P(A) = \frac{1}{18}$: il n'y a qu'un code « 33A » sur les 18 codes possibles.
 - $P(B) = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$ car il y a 6 codes commençant par 2.
 - $P(C) = \frac{1}{2}$: il y a 1 code sur 2 qui finit par A.

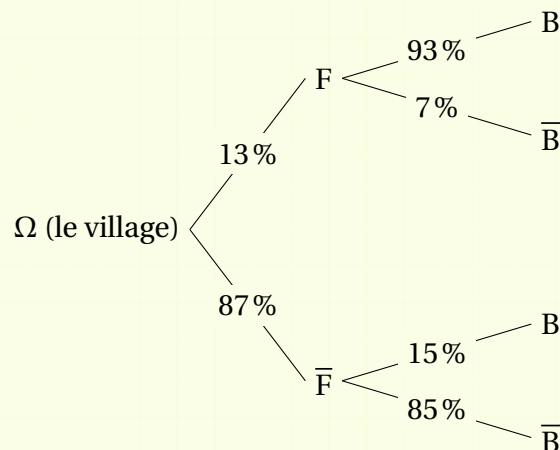
- $P(D) = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$: seuls les codes 11A, 11B, 22A, 22B, 33A et 33B conviennent.
- $P(E) = \frac{4}{18} = \frac{2}{9}$: seuls les codes 22A, 23A, 32A et 33A ne contiennent ni le 1, ni le B.

Corrigé de l'exercice 12.8 page 330

Commençons par noter :

- F l'événement : « la personne a vu au moins un fantôme dans sa vie »;
- B l'événement : « la personne aime bien aller au bistrot en fin de journée ».

On a alors l'arbre suivant :



La probabilité que la personne choisie au hasard aime aller au bistrot en fin de journée est égale à la probabilité qu'elle ait vu un fantôme et qu'elle aime aller au bistrot, ou qu'elle n'ait pas vu de fantôme et qu'elle aime aller au bistrot.

Autrement dit,

$$\begin{aligned}
 P(B) &= P(F \cap B) + P(\bar{F} \cap B) \\
 &= 0,13 \times 0,93 + 0,87 \times 0,15 \\
 &= 0,1209 + 0,1305
 \end{aligned}$$

$$P(B) = 0,2514$$

Corrigé de l'exercice 12.9 page 330

- 1 $C_1 \cap C_2$ est l'événement : « les caisses 1 et 2 sont libres en même temps ».
- 2 \bar{C}_1 est l'événement : « la caisse 1 n'est pas libre ».

$$\begin{aligned}
 P(\bar{C}_1) &= 1 - P(C_1) \\
 &= 1 - 0,3
 \end{aligned}$$

$$P(\bar{C}_1) = 0,7$$

3 $C_1 \cup C_2$ est l'événement : « la caisse 1 ou la caisse 2 est libre ». i

$$\begin{aligned} P(C_1 \cup C_2) &= P(C_1) + P(C_2) - P(C_1 \cap C_2) \\ &= 0,3 + 0,4 - 0,2 \end{aligned}$$

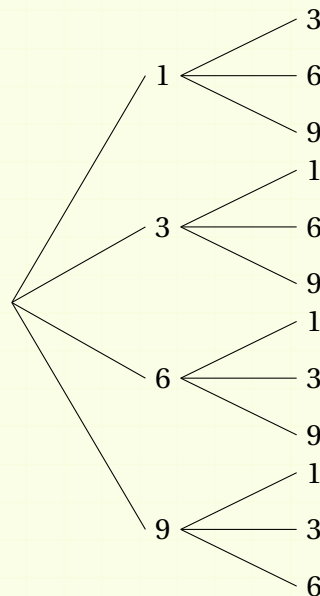
$$P(C_1 \cup C_2) = 0,5$$

4 $P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2}) = P(\overline{C_1 \cup C_2})$
 $= 1 - P(C_1 \cup C_2)$
 $= 1 - 0,5$

$$P(\overline{C_1} \cap \overline{C_2}) = 0,5$$

Corrigé de l'exercice 12.10 page 330

1 a. L'arbre des possibilités est le suivant :



b. Nous voyons sur l'arbre des possibilités qu'il y a 12 issues possibles.

- 2 a.**
- Il y a 3 issues qui représentent des nombres pairs (16, 36 et 96) donc $P(A) = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$.
 - Un nombre est un multiple de 3 lorsque la somme de ses chiffres est elle-même un multiple de 3. Il y a donc 6 nombres divisibles par 3 (36, 39, 63, 69, 93 et 96), donc $P(B) = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$.
 - $P(\overline{B}) = 1 - P(B) = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$.

b. $A \cup B$ est l'événement : « le nombre obtenu est pair ou multiple de 3 »; il contient donc 7 issues concernées (16, 36, 39, 63, 69, 93 et 96), donc $P(A \cup B) = \frac{7}{12}$.

- c. $A \cap B$ est l'événement : « le nombre obtenu est pair et divisible par 3 » ; il y a donc 2 issues concernées (36 et 96), donc $P(A \cap B) = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$.

N.B. On aurait aussi pu utiliser la formule :

$$\begin{aligned} P(A \cap B) &= P(A) + P(B) - P(A \cup B) \\ &= \frac{1}{4} + \frac{1}{2} - \frac{7}{12} \\ &= \frac{3}{12} + \frac{6}{12} - \frac{7}{12} \\ &= \frac{2}{12} \\ &= \frac{1}{6}. \end{aligned}$$

Corrigé de l'exercice 12.11 page 331

Le programme complété est le suivant :

Code Python 12-30

```
1 from random import randint
2
3 count = 0
4
5 for i in range(1000):
6     d = randint(1,6)
7     if d == 1:
8         count = count + 1
9
10 print( count )
```

Explications :

Ligne 5 : c'est une boucle *itérative*, qui signifie « Pour chaque valeur de i dans la liste $[0, 1, 2, \dots, 999]$ ». Elle signifie donc que l'on va exécuter 1 000 fois les instructions qui se trouvent dans cette boucle.

Ligne 6 : d prend une valeur entière aléatoire entre 1 et 6 (inclus).

Ligne 7 : on teste ici si d est égale à 1, auquel cas on exécute l'instruction suivante.

Ligne 8 : la valeur contenue dans la variable `count` est désormais égale à elle-même augmentée de 1. Donc cette variable compte le nombre de fois où d prend la valeur 1.

Ainsi, la boucle représente les 1 000 lancers du dé, et l'instruction « `d = randint(1,6)` » simule un lancer du dé. À la fin du programme, la valeur contenue dans `count` est affichée, représentant le nombre de fois où l'on a obtenu « 1 ».

Corrigé de l'exercice 12.12 page 331

- 1** La plus petite somme possible est 2 car le plus petit nombre du dé cubique est 1, et celui du dé tétraédrique est 1.

La plus grande somme possible est 10 car le plus grand nombre du dé cubique est 6, et celui du dé tétraédrique est 4.

- 2** La boucle itérative *for* exécute 1 000 fois les instructions qui sont placées à l'intérieur de cette boucle : on simule 1 000 lancers.

Les lignes 6 et 7 simulent respectivement un lancer du dé cubique et tétraédrique.

La ligne 8 calcule la somme des nombres obtenus.

De la ligne 10 à la ligne 13, on parcourt chaque couple de la liste S : quand le premier nombre du couple correspond à la somme obtenue, on ajoute 1 au deuxième nombre du couple et on remplace le couple existant par le nouveau. Par exemple, si la somme obtenue est 4 et que le couple est (4,8), il sera remplacé par (4,9). Le deuxième nombre compte le nombre de fois où l'on obtient le premier nombre.

- 3** À la vue des simulations données, on peut observer que les sommes « 5 », « 6 » et « 7 » sont les plus fréquentes.

- 4** Pour déterminer la probabilité de chacune des sommes, on peut dresser une table d'addition :

Dé tétra. Dé cubique	Dé cubique					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9	10

Il y a donc 24 issues. Si on note S la somme obtenue, on a alors :

- $P(S = 2) = \frac{1}{24}$
- $P(S = 3) = \frac{2}{24}$
- $P(S = 4) = \frac{3}{24}$
- $P(S = 5) = \frac{4}{24}$
- $P(S = 6) = \frac{4}{24}$
- $P(S = 7) = \frac{4}{24}$
- $P(S = 8) = \frac{3}{24}$
- $P(S = 9) = \frac{2}{24}$
- $P(S = 10) = \frac{1}{24}$

On peut alors voir que nos simulations Python reflètent la réalité : les sommes « 5 », « 6 » et « 7 » sont bien les plus fréquentes.

Échantillonnage



Plan du chapitre

I	Introduction	343
II	Intervalle de fluctuation	344
1	Échantillon	344
2	Intervalle de fluctuation au seuil de 95 %	345
3	Prise de décision	345
	Exercices	346
	Corrigés	350

1 - Introduction

Nous allons considérer l'expérience consistant à lancer un dé cubique supposé non truqué.

On pose alors :

A : « obtenir le 1 ».

Nous allons effectuer une simulation de 100 lancers de dé à l'aide d'un tableur.

Ouvrons un tableur et entrons dans la cellule A1 la formule suivante :

	A	B	C
1	=ENT(1+6*ALEA())		
2			

- La fonction ALEA() permet de calculer un nombre aléatoire compris entre 0 (compris) et 1 (non compris);
- $6 \cdot \text{ALEA}()$ affichera donc un nombre dans l'intervalle $[0;6[$;
- $1+6 \cdot \text{ALEA}()$ affichera donc un nombre dans l'intervalle $[1;7[$;
- La fonction ENT calcule la partie entière d'un nombre; donc $\text{ENT}(1+6 \cdot \text{ALEA}())$ affichera un nombre entier parmi : 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

Maintenant, copions cette formule de A2 à A100 afin d'obtenir, au final, 100 nombres entiers compris entre 1 et 6.

Dans la cellule A101, entrons la formule :

=NB.SI(A1:A100;1)

Elle affichera le nombre de « 1 » qui apparaissent dans la colonne A.

Ensuite, entrons dans la cellule A102 la formule :

=A101/100

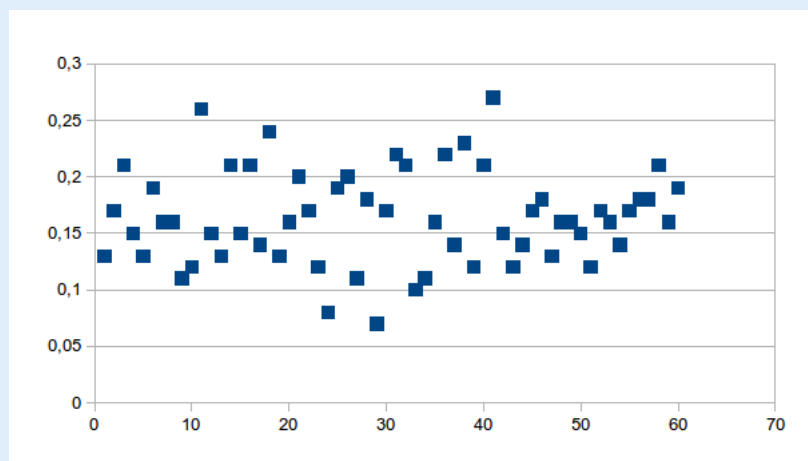
pour afficher la fréquence d'apparition du nombre « 1 » dans la colonne A.

Copions alors la colonne A dans les colonnes de B à BG afin d'obtenir au final 60 colonnes de nombres.

Ceci simule 60 échantillons de 100 lancers d'un dé cubique (60 échantillons de taille $n = 100$).

On construit alors un nuage de points représentant les différentes fréquences obtenues.

En appuyant sur la touche [F9], on rafraîchit les calculs et on obtient un autre graphique. Voici un des graphiques obtenus :



La fréquence d'apparition théorique du nombre « 1 » est la probabilité d'obtenir ce nombre :

$$p = \frac{1}{6} \approx 0,17.$$

On s'aperçoit alors sur le graphique que les fréquences semblent se regrouper autour de cette valeur. On peut donc imaginer que les fréquences d'apparition du nombre « 1 » vont se trouver dans un intervalle centré en p : un intervalle de la forme $I = [p - \delta; p + \delta]$.

Nous allons prendre $\delta = \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{100}} = 0,1$. Alors, $I \approx [0,066; 0,267]$.

Pour connaître le pourcentage de fréquences comprises dans cet intervalle, insérons dans la cellule A103 la formule :

$$=SI(A102 \leq 0,266; SI(A102 > 0,067; 1; 0); 0)$$

qui affiche « 1 » si tel est le cas, et « 0 » sinon. Ensuite, copions-la sur toute la ligne 103 jusqu'à BH103.

Dans la cellule A104, insérons la formule :

$$=SOMME(A103:BH103)/60$$

puis formatons cette cellule de sorte à ce qu'elle affiche un pourcentage (en cliquant sur l'icône « % ») : ceci affichera le pourcentage de fréquences d'apparition du « 1 » qui sont dans I .

En appuyant sur la touche [F9] plusieurs fois, je vois les pourcentages suivants :

100 % ; 96,67 % ; 98,33 % ; 100 % ; 100 % ; 98,33 %.

En utilisant donc cette valeur de δ , nous sommes *a priori* assurés qu'au moins 95 % des fréquences se trouvent dans I .

II - Intervalle de fluctuation

II.1 - Échantillon

Définition 68

Soit une population dans laquelle on observe un groupe de n individus.
Ce groupe est appelé un **échantillon de taille n** de la population.

Exemple 96

Dans l'expérience précédente, qui consiste à lancer 100 fois un dé cubique, l'échantillon était de taille 100 car on a effectué 100 lancers de dés (que l'on a ensuite répété 60 fois).

II . 2 - Intervalle de fluctuation au seuil de 95 %

Définition 69

On considère une expérience aléatoire dans laquelle on considère un événement A de probabilité p . On effectue n fois cette expérience; on note alors f la fréquence d'apparition de l'événement A sur cet échantillon de taille n .

Un **intervalle de fluctuation au seuil de 95 %** de f , noté I_f , est un intervalle centré en p qui contient f dans un échantillon de taille n avec une probabilité égale à 0,95 :

$$I_f = [p - \delta; p + \delta] \quad (\delta > 0) \quad \text{et} \quad P(f \in I_f) = 0,95.$$

Propriété 66

Considérons un échantillon de taille n et posons p la probabilité d'obtenir un résultat précis. Notons f la fréquence d'apparition de ce résultat dans l'échantillon.

Si $0,2 \leq p \leq 0,8$ et $n \geq 25$, un intervalle de fluctuation au seuil de 95 % est approché par l'intervalle :

$$I_f = \left[p - \frac{1}{\sqrt{n}}; p + \frac{1}{\sqrt{n}} \right].$$

II . 3 - Prise de décision

On utilise les intervalles de fluctuations pour déterminer si l'on peut considérer qu'un événement est « normal » ou pas.

Exemple 97

On lance 100 fois un dé tétraédrique (4 faces) et on observe que la fréquence d'apparition de la face « 3 » est $f = 0,32$. On peut donc se demander si le dé n'est pas truqué car la fréquence observée est plus grande que la probabilité de l'événement, à savoir $p = \frac{1}{4} = 0,25$.

Un intervalle de fluctuation au seuil de 95 % est :

$$I_f = \left[0,25 - \frac{1}{\sqrt{100}}; 0,25 + \frac{1}{\sqrt{100}} \right] = [0,15; 0,35].$$

On constate alors que $f \in I_f$, ce qui nous permet de dire que le dé n'est probablement pas truqué.

En revanche, si $f = 0,29$ sur 10 000 lancers, l'intervalle de fluctuation devient :

$$I'_f = \left[0,25 - \frac{1}{\sqrt{10000}}; 0,25 + \frac{1}{\sqrt{10000}} \right] = [0,24; 0,26].$$

Dans ce cas, $f \notin I'_f$, ce qui nous permet de dire que le dé est probablement truqué.

Exercice 13.1 (le dé d'Al)

Al a fabriqué un dé cubique. Il le lance 50 fois et obtient 10 fois la face « 3 ».

- 1** Avec un dé équilibré, quelle est la probabilité d'obtenir la face « 3 »?
- 2** Peut-on utiliser l'intervalle de fluctuation vu en cours pour déterminer si le dé d'Al est équilibré?

Solution page 350

Exercice 13.2 (le Dédale)

Le Dédale est un labyrinthe d'un parc de loisirs.

D'après les statistiques observées au cours de la première année d'ouverture de cette attraction, le pourcentage de visiteurs ayant mis plus de 5 minutes pour le traverser était de 69 %. La seconde année, sur 1 000 visiteurs, le pourcentage de clients ayant mis plus de 5 minutes pour le traverser était de 66 %.

Doit-on s'inquiéter de cette baisse ?

Solution page 350

Exercice 13.3 (influence de la taille d'un échantillon)

En 2014, selon l'INSEE, la France comptait 51,45 % de femmes.

À des fins de sondages, un institut souhaite constituer un échantillon représentatif de la population concernant la répartition des genres (hommes/femmes).

- 1** Un premier échantillon de 500 personnes est constitué de 55 % de femmes.
Est-il représentatif de la France quant à la répartition des genres?
- 2** Un second échantillon de 1 000 est constitué de 55 % de femmes?
Est-il représentatif de la France quant à la répartition des genres?

Solution page 350

Exercice 13.4 (recherche de la taille d'un échantillon)

Sur la planète Vailox, on estime à 78 % la proportion de personnes circulant à deux roues.

Dans un village de n habitants de cette planète, le pourcentage de personnes circulant à deux roues est égal à 85 % sans que cela soit incohérent avec les statistiques planétaires.

Donnez la valeur maximale de n .

Solution page 350

Exercice 13.5 (fourchette de sondage)

Au second tour d'une élection locale, un candidat souhaite savoir s'il a des chances de gagner.

On admettra qu'en théorie, il a une chance sur deux qu'un électeur pris au hasard vote pour lui.

Il commande alors un sondage qui rapporte que sur 800 personnes, 387 ont l'intention de voter pour lui.

- 1** Donner l'intervalle de fluctuation correspondant à ce sondage.
- 2** Ce sondage semble-t-il acceptable au seuil de 95 % ?

Solution page 351

Exercice 13.6 (effet placebo)

- 1** Dans un laboratoire pharmaceutique, on souhaite tester un médicament contre la maladie M. Pour cela, on constitue deux groupes :

- le groupe A est constitué de 120 patients atteints de la maladie M ;
- le groupe B est constitué de 150 patients atteints de la maladie M.

On donne le médicament au groupe A et à B, un médicament placebo (qui n'a en théorie aucun effet).

On constate que dans le groupe B, 68 % des malades guérissent et dans le groupe A, 72 % des malades guérissent.

Pouvez-vous dire si le médicament contre la maladie M semble efficace ?

- 2** On constitue maintenant deux autres groupes :

- le groupe A' est constitué de 900 patients atteints de la maladie M ;
- le groupe B' est constitué de 1 000 patients atteints de la maladie M.

Après avoir donné le médicament au groupe A' et un placebo au groupe B', on s'aperçoit que 65 % du groupe B' et 70 % du groupe A' guérissent.

Que peut-on conclure quant à l'efficacité éventuelle du médicament ?

Solution page 351

Exercice 13.7 (d'après un exercice SESAMATH 2014)

Double Face, célèbre ennemi de Batman, utilise une pièce fétiche pour choisir s'il doit gracier ou tuer ses ennemis. Spiderman, fan de Batman, a regardé tous les comics et a constaté que la pièce était tombée 117 fois sur la face vie pour 256 lancers.

Clark Kent pense qu'il y a autant de chances à ce tirage de tomber sur la face mort que sur la face vie.

Catwoman, et son esprit vif comme un félin, pense, elle, que Double Face a truqué la pièce pour laisser seulement à ses proies une chance de survie de 40 %.

Qui de Clark ou de Catwoman peut avoir raison ?

Solution page 352

Exercice 13.8 (taux de passage en Premières S et ES)

Jusqu'en 2017, dans le lycée Casimir, le taux d'élèves de Seconde souhaitant aller en 1^{re} S (paix à son âme) était de 52 %, et celui des élèves souhaitant aller en 1^{re} ES (paix à son âme aussi) était de 36 % (reposez en paix, chères 1^{re} S et 1^{re} ES).

En 2018, ces taux étaient égaux à 45 % (pour la 1^{re} S) et 48 % (pour la 1^{re} ES).

Quelles devaient être les nombres possibles d'élèves en 2018 pour que ces taux soient acceptables au seuil de 95 %?

Solution page 352

Exercice 13.9 (taux de réussite au bac)

Dans le lycée Casimir, le taux de réussite au bac est en moyenne égal à 91,8 %.

En 2022, dans ce même lycée, d'après le bac blanc effectué en février, 88,7 % des 500 élèves de Terminale ont eu une note supérieure ou égale à 10.

Le proviseur de ce lycée doit-il sérieusement s'inquiéter?

Solution page 353

Exercice 13.10 (que fait le programme ?)

Que fait le programme Python suivant?

Code Python 13-31

```
1 from random import randint
2 from matplotlib.pyplot import axis, plot, show
3
4 L = []
5
6 for i in range(100):
7     p = 0
8     for j in range(100):
9         x = randint(1,10)
10        if x%3 == 0:
11            p += 1
12
13    L.append(p)
14
15 axis([0, 100, 0, 100])
16 plot(L,"bs",marker="+")
17 show()
```

Solution page 353

Exercice 13.11 (lire un programme Python)

Voici un programme bien mystérieux écrit en Python :

Code Python 13-32

```
1 import random
2
3 def success(x):
4     if x>0.7:
5         return 1
6     else:
7         return 0
8
9 def decision(f,a,b):
10     if (f>a) and (f<b):
11         return True
12     else:
13         return False
14
15 k = 0
16
17 n = int(input("Entrez le nombre de simulations : "))
18
19 for i in range(0,n):
20     x = random.random()
21     k += success(x)
22
23 a = 0.3-1/(n**0.5)
24 b = 0.3+1/(n**0.5)
25 f = k/n
26
27 if decision(f,a,b):
28     print('Tout est normal.')
29 else:
30     print("Y'a comme qui dirait un bins quelque part...")
```

Que fait-il?

Solution page 356

Corrigé de l'exercice 13.1 page 346

- 1 La probabilité d'obtenir la face « 3 » avec un dé équilibré est $p = \frac{1}{6}$.
- 2 L'intervalle de fluctuation correspondant à $n = 50 \geq 25$ lancers et à $p = \frac{1}{6}$ ne peut pas se trouver à l'aide de la formule du cours car $p \notin [0,2;0,8]$.
On ne peut donc pas, avec cette formule, vérifier si le dé d'Al est équilibré.

Corrigé de l'exercice 13.2 page 346

Ici, $n = 1000$ et $p = 0,69$ (69 %).

On a bien $n \geq 25$ et $0,2 \leq p \leq 0,8$. On peut donc utiliser la formule du cours pour déterminer un intervalle de fluctuation du pourcentage de clients ayant mis plus de 5 minutes pour traverser le Dédale :

$$I_f = \left[p - \frac{1}{\sqrt{n}}; p + \frac{1}{\sqrt{n}} \right] = \left[0,69 - \frac{1}{\sqrt{1000}}; 0,69 + \frac{1}{\sqrt{1000}} \right] \approx [0,6584; 0,7216]$$

$f = 0,66 \in I_f$ donc la fluctuation du pourcentage ne semble pas anormale.

Corrigé de l'exercice 13.3 page 346

- 1 Ici, $n = 500$ et $p = 0,5145$. On a bien $n \geq 25$ et $0,2 \leq p \leq 0,8$ donc on peut utiliser la formule du cours pour déterminer un intervalle de fluctuation :

$$I_f = \left[0,5145 - \frac{1}{\sqrt{500}}; 0,5145 + \frac{1}{\sqrt{500}} \right] \approx [0,4678; 0,5592]$$

$f = 0,55 \in I_f$ donc l'échantillon peut être considéré comme représentatif de la France concernant la répartition des genres (au risque de se tromper de 5 %).

- 2 Ici, $n = 1000$ et $p = 0,5145$. On a bien $n \geq 25$ et $0,2 \leq p \leq 0,8$ donc on peut utiliser la formule du cours pour déterminer un intervalle de fluctuation :

$$I_f = \left[0,5145 - \frac{1}{\sqrt{1000}}; 0,5145 + \frac{1}{\sqrt{1000}} \right] \approx [0,4829; 0,5461]$$

$f = 0,55 \notin I_f$ donc l'échantillon ne peut pas être considéré comme représentatif de la France concernant la répartition des genres (au risque de se tromper de 5 %).

Corrigé de l'exercice 13.4 page 346

Ici, $p = 0,78$. Donc $0,2 \leq p \leq 0,8$. On peut donc utiliser la formule du cours donnant un intervalle de fluctuation :

$$I_f = \left[0,78 - \frac{1}{\sqrt{n}}; 0,78 + \frac{1}{\sqrt{n}} \right].$$

De plus, $f = 0,85 \in I_f$ car cette fréquence est dite cohérente avec les statistiques planétaires. On peut donc déduire :

$$\begin{aligned} 0,85 &\leq 0,78 + \frac{1}{\sqrt{n}} \\ \Leftrightarrow 0,85 - 0,78 &\leq \frac{1}{\sqrt{n}} \\ \Leftrightarrow 0,07 &\leq \frac{1}{\sqrt{n}} \\ \Leftrightarrow \frac{1}{0,07} &\geq \sqrt{n} \\ \Leftrightarrow n &\leq \left(\frac{1}{0,07}\right)^2 \\ \Leftrightarrow n &\leq 204,08 \end{aligned}$$

Ainsi, il y a au maximum 204 habitants dans ce village.

Corrigé de l'exercice 13.5 page 347

- 1** L'intervalle de fluctuation au seuil de 95 % se calcule en prenant $n = 800$ et $p = 0,5$ (probabilité théorique qu'il gagne) :

$$I_f = \left[0,5 - \frac{1}{\sqrt{800}}; 0,5 + \frac{1}{\sqrt{800}} \right] \approx [0,4647; 0,5353].$$

- 2** $f = \frac{387}{800} \approx 0,48375 \in I_f$. Par conséquent, cette observation semble conforme à nos attentes, donc ce sondage semble conforme au seuil de 95 %.

Corrigé de l'exercice 13.6 page 347

- 1** Dans cet exercice, la difficulté réside dans la recherche des bons n , p et f pour appliquer la formule du cours donnant un intervalle de fluctuation au seuil de 95 %.

Dans la mesure où nous voulons tester l'efficacité du médicament, nous allons prendre $p = 0,68$ et $f = 0,72$, avec $n = 120$. On a bien $n \geq 25$ et $0,2 \leq p \leq 0,8$ donc :

$$I_f = \left[0,68 - \frac{1}{\sqrt{120}}; 0,68 + \frac{1}{\sqrt{120}} \right] \approx [0,5888; 0,7712].$$

On voit alors que $f \in I_f$, ce qui signifie que le vrai médicament n'a pas une influence manifeste par rapport au placebo.

On ne peut donc pas affirmer que le médicament soit efficace, au risque de se tromper de 5 %.

- 2** Ici, on prend $p = 0,65$, $f = 0,7$ et $n = 900$. On a alors :

$$I'_f = \left[0,65 - \frac{1}{\sqrt{900}}; 0,65 + \frac{1}{\sqrt{900}} \right] \approx [0,62; 0,68].$$

On voit alors que $f \notin I'_f$, et même que $f > 0,68$ (borne supérieure de I'_f), ce qui signifie que le médicament donné au groupe A' semble avoir plus d'impact que le placebo.

On peut donc accepter l'hypothèse selon laquelle le médicament agit comme on le souhaite, au risque de se tromper de 5 %.

Corrigé de l'exercice 13.7 page 347

Notons $f = \frac{117}{256} \approx 0,457$ la fréquence de faces « vie » obtenue.

- S'il y avait autant de chances d'obtenir l'une ou l'autre des deux faces de la pièce, alors la probabilité théorique d'obtenir la face « vie » serait $p = 0,5$ et l'intervalle de fluctuation au seuil de 95 % serait :

$$I_1 = \left[0,5 - \frac{1}{\sqrt{256}}; 0,5 + \frac{1}{\sqrt{256}} \right] = [0,4375; 0,5625].$$

$f \in I_1$ donc la pièce pourrait en effet être équilibrée.

- Si, au contraire, la pièce n'était pas équilibrée pour ne donner que 40 % de chances de survie aux proies de Double Face, alors $p = 0,4$ et l'intervalle de fluctuation au seuil de 95 % serait :

$$I_2 = \left[0,4 - \frac{1}{\sqrt{256}}; 0,4 + \frac{1}{\sqrt{256}} \right] = [0,3375; 0,4625].$$

$f \in I_2$ donc la pièce aurait pu aussi être truquée.

Conclusion : au seuil de 95 %, on ne peut pas conclure quant à l'équilibre de la pièce de Double Face.

Corrigé de l'exercice 13.8 page 348

Notons n le nombre d'élèves dans le lycée Casimir.

- Pour la 1^{re}S, notons $p_S = 0,52$ la probabilité qu'un élève de Seconde souhaite passer dans cette classe et $f = 0,45$ la fréquence de ces élèves en 2018.

L'intervalle de fluctuation au seuil de 95 % de cette fréquence est :

$$I_S = \left[0,52 - \frac{1}{\sqrt{n}}; 0,52 + \frac{1}{\sqrt{n}} \right].$$

On doit alors avoir :

$$0,52 - \frac{1}{\sqrt{n}} \leq 0,45 \leq 0,52 + \frac{1}{\sqrt{n}}$$

soit, en soustrayant 0,52 à chaque membre de cet encadrement :

$$-\frac{1}{\sqrt{n}} \leq -0,07 \leq \frac{1}{\sqrt{n}}$$

ou encore :

$$\frac{1}{\sqrt{n}} \geq 0,07$$

et donc :

$$\sqrt{n} \leq \frac{1}{0,07}.$$

Alors,

$$n \leq \frac{1}{0,07^2}$$

Ainsi, $n \leq 204$.

- Pour la 1^{re}ES, on a l'intervalle suivant :

$$I_{ES} = \left[0,36 - \frac{1}{\sqrt{n}} ; 0,36 + \frac{1}{\sqrt{n}} \right]$$

et on doit avoir :

$$0,36 - \frac{1}{\sqrt{n}} \leq 0,48 \leq 0,36 + \frac{1}{\sqrt{n}}$$

soit :

$$-\frac{1}{\sqrt{n}} \leq 0,12 \leq \frac{1}{\sqrt{n}}$$

et en particulier :

$$\frac{1}{\sqrt{n}} \geq 0,12$$

donc :

$$\sqrt{n} \leq \frac{1}{0,12}$$

soit $n \leq \frac{1}{0,12^2}$, soit $n \leq 69,444$, donc $n \geq 70$.

Ainsi, le nombre d'élèves de Seconde dans le lycée Casimir doit être compris entre 70 et 204.

Corrigé de l'exercice 13.9 page 348

Notons $p = 0,918$ la probabilité qu'un-e candidat-e ait son bac.

L'intervalle de fluctuation au seuil de 95 % est, sur la population constituée des 500 élèves :

$$I = \left[0,918 - \frac{1}{\sqrt{500}} ; 0,918 + \frac{1}{\sqrt{500}} \right] \approx [0,874 ; 0,962].$$

Remarque 96

On arrondit toujours la borne inférieure par excès et la borne supérieure par défaut.

Le taux d'élèves ayant eu au moins 10 au bac blanc est 88,7 %. Or, $0,887 \in I$ donc le proviseur n'a pas à s'inquiéter : ce taux est cohérent.

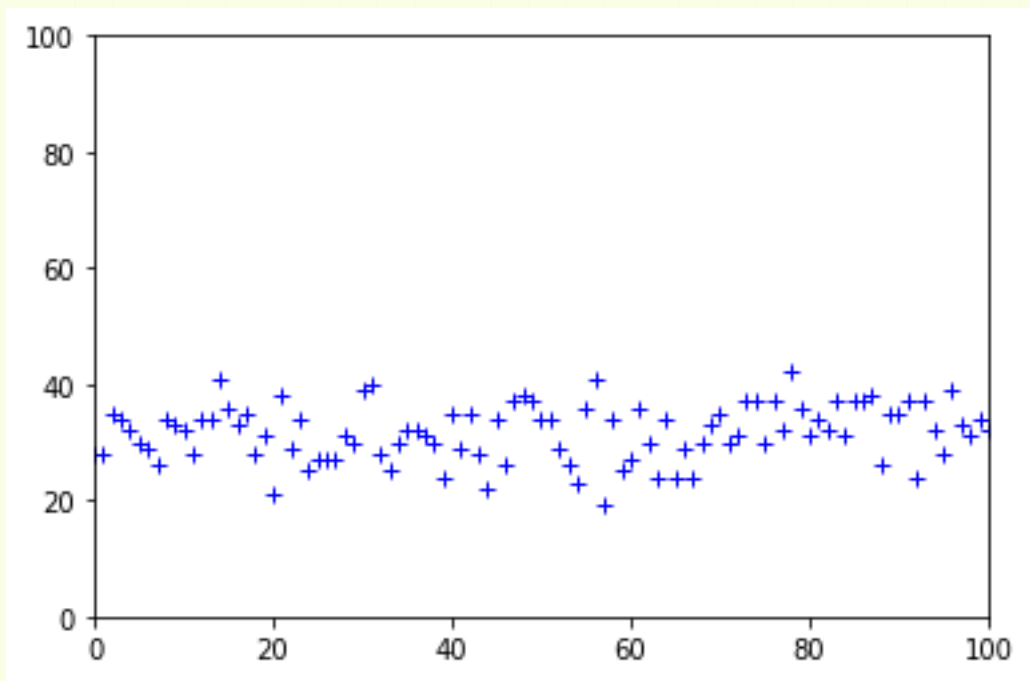
Corrigé de l'exercice 13.10 page 348

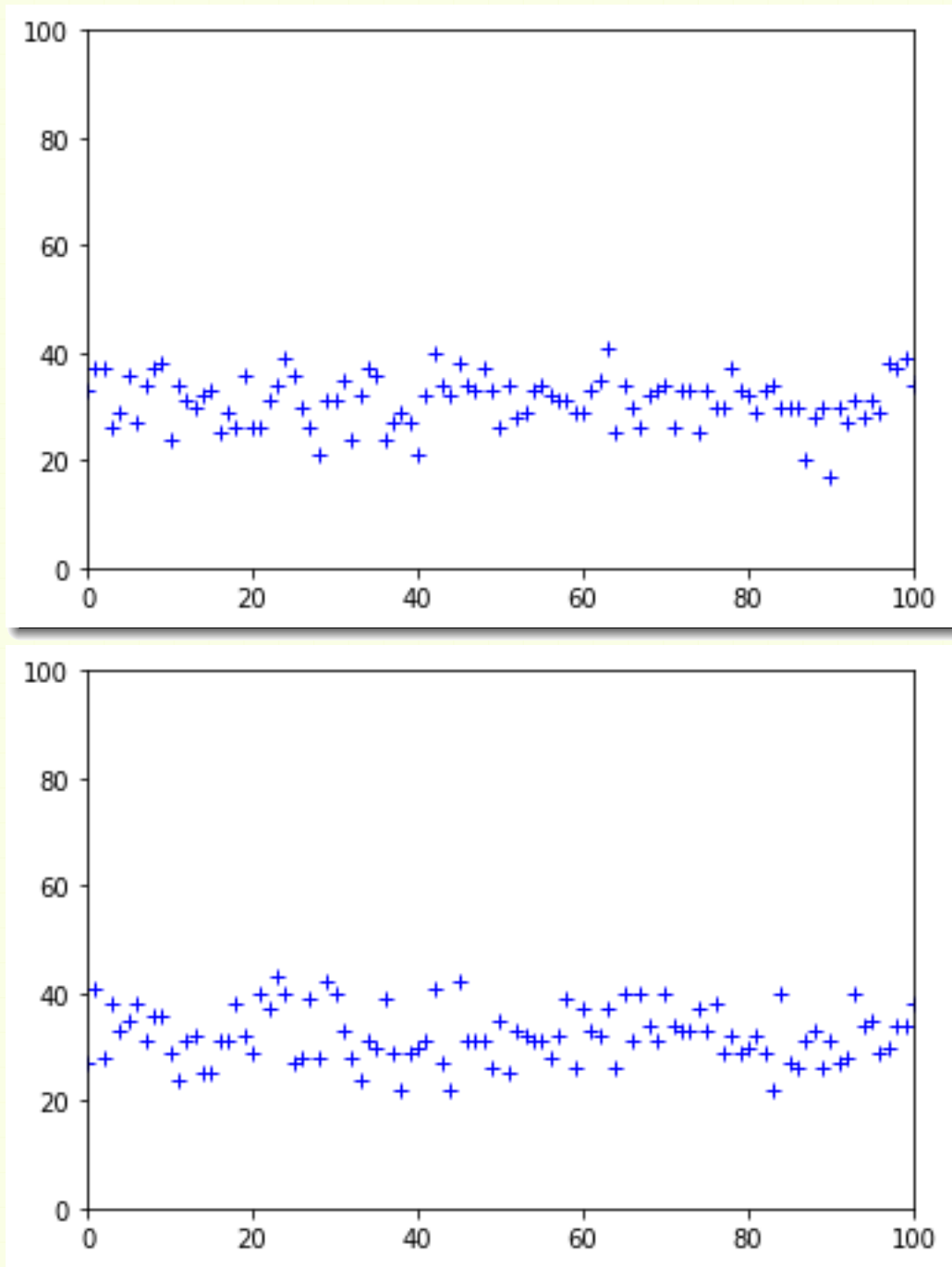
Ce type d'exercices demande de la part des élèves une prise d'initiative : il faut effectuer des recherches sur Internet (par exemple) afin de comprendre les fonctions utilisées.

- Avant tout, on importe les modules *random* (qui a un lien avec le pseudo-hasard) et *matplotlib* (qui permet de faire des dessins).
- Ensuite, on initialise une liste (vide) : `L = []`.
- La première boucle itérative (`for i in range(100)`) nous indique que l'on va exécuter des instructions 100 fois.
- On initialise une variable *p* à 0 (`p=0`) puis on exécute 100 fois (`for j in range(100)`) le fait de choisir au hasard un nombre entier *x* compris entre 1 et 10. Une fois choisi, si *x* est divisible par 3 (`if x%3 == 0`) alors on ajoute 1 à la variable *p*.
À la fin de cette boucle en *j*, la variable *p* contient donc le nombre de fois que l'on a obtenu un multiple de 3 sur les 100. On ajoute ce nombre à la liste *L*.
Ainsi, la liste *L* contiendra à la fin toutes les valeurs de *p*. Ces valeurs peuvent s'interpréter comme étant les pourcentages de multiples de 3 obtenus à chaque passage dans la boucle de variable *i*.

Les instructions qui suivent sont destinées à afficher les valeurs contenues dans la liste *L*.

J'ai exécuté ce programme plusieurs fois et voici les graphiques obtenus :





On peut alors visualiser que les nombres p sont dans un « couloir » qui n'est pas sans rappeler l'intervalle de fluctuation. Le nombre p fluctue entre 20 et 40.

Par curiosité, on peut calculer un intervalle de fluctuation des fréquences des nombres multiples de 3 entre 1 et 10 : comme il y en a 3, la probabilité qu'un nombre entier choisi au hasard entre 1 et 10 est égale à $p = \frac{3}{10} = 0,3$.

Un intervalle de fluctuation est donc :

$$\left[p - \frac{1}{\sqrt{n}}; p + \frac{1}{\sqrt{n}} \right] = \left[0,3 - \frac{1}{\sqrt{10}}; 0,3 + \frac{1}{\sqrt{10}} \right] = [0,2; 0,4].$$

Ainsi, p doit être à peu près entre 20% et 40%.

Corrigé de l'exercice 13.11 page 349

Nous allons décortiquer ce programme.

```
import random
```

Ici, on importe le module *random*, qui a un lien étroit avec le pseudo-aléatoire (c'est-à-dire l'aléatoire informatique).

```
def success(x):  
    if x>0.7:  
        return 1  
    else:  
        return 0
```

On définit ici une fonction nommée **success** qui a un argument : x . Si $x > 0,7$ alors la fonction renvoie la valeur « 1 »; sinon, elle renvoie « 0 ».

```
def decision(f,a,b):  
    if (f>=a) and (f<=b):  
        return True  
    else:  
        return False
```

Ici, on définit une fonction nommée **decision** qui admet 3 arguments : f , a et b . Si $f > a$ ET $f < b$, c'est-à-dire si $f \in [a; b]$ alors la fonction renvoie le booléen « True » (vrai); sinon, elle renvoie « False » (faux).

Cette fonction teste donc si un nombre f est compris entre deux nombres a et b .

```
k = 0  
n = int(input("Entrez le nombre de simulations : "))
```

On initialise ici deux variables : k (qui prend par défaut la valeur 0) et n (qui est une valeur entière entrée au clavier).

```
for i in range(0,n):  
    x = random.random()  
    k += success(x)
```

Cette boucle s'exécute n fois; à chaque fois, x est un nombre aléatoire compris entre 0 et 1 (la fonction `random()` du module *random* a cet objectif...

Remarque 97

Il fallait ici se renseigner en regardant par exemple la documentation du module sur la page :

<https://docs.python.org/3/library/random.html>).

Dans un cas général, quand on a un programme Python dans lequel on ne connaît pas bien le fonctionnement d'un module, il est souhaitable de consulter sa documentation sur le site <https://docs.python.org/3/library>.

Une fois x choisi, on incrémente la variable k de 1 si ce nombre est supérieur à 0,7, et de 0 sinon.

```
a = 0.3-1/(n**0.5)
b = 0.3+1/(n**0.5)
f = k/n
```

Tiens tiens... ça me dit quelque chose ces calculs...

$a = 0,3 - \frac{1}{\sqrt{n}}$ et la borne inférieure de l'intervalle de fluctuation dont nous avons parlé en cours (0,3 étant la probabilité d'obtenir un nombre plus grand que 0,7 si on choisit un nombre au hasard entre 0 et 1). Pour trouver 0,7, on considère le fait qu'entre 1 et 0,7, il y a une différence de 0,3.

Quant à b , c'est la borne supérieure.

$$f = \frac{k}{n} = \frac{\text{nombre de fois où l'on a obtenu un nombre supérieur à } 0,7}{\text{nombre de fois où l'on a simulé l'expérience}}.$$

C'est donc la fréquence du nombre de nombres supérieurs à 0,7 obtenus.

```
if decision(f,a,b):
    print('Tout est normal.')
else:
    print("Y'a comme qui dirait un bins quelque part...")
```

Il effectue ici un test : si $f \in [a; b]$ alors on affiche que tout est normal; sinon, on affiche qu'il y a un problème.

Finalement, ce programme teste la fonction **random** avec l'intervalle de fluctuation.