Chapitre

Équations 8

8.1 Vocabulaire

Une **équation à une inconnue** est une égalité entre expressions algébriques qui peut être vraie ou fausse.

Une solution de l'équation est une valeur de la ou les inconnues pour lesquelles l'égalité est vraie.

■ **Exemple 8.1**

Soit l'équation $2x + 3 = x - 5$ d'inconnue x.

a) $x = 0$ n'est pas solution de l'équation car l'égalité $2 \times 0 + 3 = 0 - 5$ est fausse

b) $x = -8$ est une solution de l'équation, car $2 \times (-8) + 3 = (-8) - 5$ est vraie.

Définition 8.1 Résoudre une équation c'est trouver toutes les valeurs des inconnues qui rendent l'égalité vraie.

Définition 8.2 Deux équations sont dites **équivalentes** si elles ont le même ensemble de solutions c.à.d elles sont vraies pour les mêmes valeurs de x.

■ **Exemple 8.2**

a) L'équations $x^2 = x$ d'inconnue x a pour solutions $x = 0$ et 1.
L'équation $2x = x + 1$ d'inconnue x a une solution unique $x = 1$.
Les équations ne sont pas équivalentes.

b) Les équations $2x = x + 1$ et $4x = x + 3$ d'inconnues x ont pour seule solution $x = 1$. Elles sont équivalentes.

Pour résoudre une équation on est amené à la modifier vers une équation **équivalente** plus simple.

8.1.1 Exercices : résolutions d'équations du premier degré

Exercice 1 — Vérifier si une valeur est solution d'une équation à 1 inconnue.

	Vrai	Faux
1/ $x = 7$ est une solution de l'équation $-2x + 14 = 0$ d'inconnue x	☐	☐
2/ $x = 6$ est une solution de l'équation $-2x + 14 = 0$ d'inconnue x	☐	☐
3/ 2 est une solution de l'équation $2x + 1 = 5$ d'inconnue x	☐	☐
4/ 2 est la seule solution de l'équation $2x + 1 = 5$ d'inconnue x	☐	☐
5/ 3 est une solution de l'équation $x^2 = 3x$ d'inconnue x	☐	☐
6/ 9 est une solution de l'équation $3x + 9 = 5x - 9$ inconnue x	☐	☐
7/ 2 est une solution de l'équation $3x + 9 = 5x - 9$ inconnue x	☐	☐
8/ -2 est une solution de l'équation $x^2 = -4$ inconnue x	☐	☐
9/ 2 est une solution de l'équation $x^2 - 10x + 16 = 0$ inconnue x	☐	☐
10/ 3 est la seule solution de l'équation $(x-3)(x-2) = 0$ inconnue x	☐	☐

On ne change pas les solutions d'une équation si :
- on **ajoute** aux **2 membres** de l'équation une même expression.
- on **multiplie** les **2 membres** de l'équation par **une même** expression **non nulle**.
- on **développe, factorise, réduit ...** un des deux membres de l'équation.

Pour éliminer le terme d'une somme on ajoutera aux deux membres l'opposé de ce terme.
Pour éliminer un facteur d'un produit on multiplie les deux membres par l'inverse de ce terme.

■ Exemple 8.3 — Isoler l'inconnue en une étape.

$7x = -25$ $\quad x + 7 = -25$ $\quad -3x = 7$ $\quad -3 + x = 7$ $\quad \dfrac{2}{3}x = 8$

Exercice 2 — résolution en une étape. Résoudre les équations suivantes d'inconnue x.

(E_1) $3 + x = 8$	(E_4) $-15 = -4x$	(E_7) $-7 = x - 6$	(E_{10}) $-\frac{5}{3}x = 21$
(E_2) $-15 = 3x$	(E_5) $9 = x - 4$	(E_8) $7 + x = 0$	(E_{11}) $-\frac{2}{5} + x = -4$
(E_3) $x - 3 = 8$	(E_6) $-3x = 21$	(E_9) $42x = 0$	(E_{12}) $13 = -x$

■ **Exemple 8.4 — Isoler l'inconnue en deux étapes.**

$2x+5=6$ $\qquad -3x-9=0$ $\qquad 2x-1=5$ $\qquad -3x=7x-5$

Exercice 3 — résolutions d'équations en 2 étapes.

$(E_1)\ 2x+3=21$	$(E_4)\ -3x+4=0$	$(E_7)\ 3(x-7)=21$	$(E_{10})\ 7x=3x+5$
$(E_2)\ -2x+5=21$	$(E_5)\ -5x+3=0$	$(E_8)\ -3(x+2)=21$	$(E_{11})\ -\frac{1}{4}x+7=0$
$(E_3)\ 3=5x-7$	$(E_6)\ 4(x+2)=42$	$(E_9)\ 3x-12=7x$	$(E_{12})\ \frac{3}{7}x-\frac{1}{2}=\frac{1}{4}$

■ **Exemple 8.5 — inconnue des 2 côtés et membres à développer.**

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

Exercice 4 Résoudre les équations suivantes d'inconnue x

$(E_1)\ 3(x+5)=6x$	$(E_4)\ 3(x+5)=x+1$	$(E_7)\ \frac{5}{6}x+3=\frac{2}{3}x-1$
$(E_2)\ 4(x+1)=x+7$	$(E_5)\ -3(x+5)=-3(2x+1)$	$(E_8)\ 3(2x+5)=3(2x-1)$
$(E_3)\ x+5=3(x+1)$	$(E_6)\ -3(2x-1)=-3(x-5)$	$(E_9)\ 4(x-1)=-7x+5$

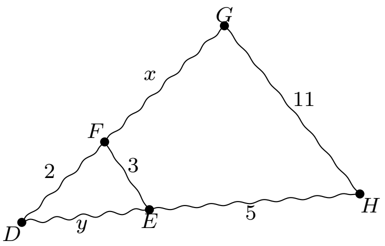
■ **Exemple 8.6** À l'aide de l'égalité des produit en croix, transformer et résoudre les équations suivantes.

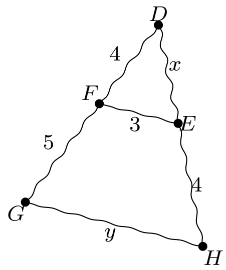
$\dfrac{x+4}{-3x-3}=\dfrac{7}{2}$ $\qquad \dfrac{6x-1}{3x-3}=5$ $\qquad \dfrac{-5x+2}{x+3}=0$

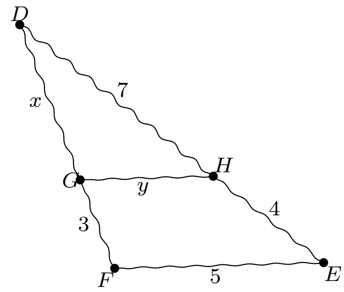
Exercice 5 Mêmes consignes

$(E_1)\ \dfrac{x+3}{x-2}=\dfrac{2}{3}$	$(E_2)\ \dfrac{2x-3}{3x-2}=\dfrac{5}{6}$	$(E_3)\ \dfrac{5}{2x-3}=\dfrac{3}{4x-5}$

Exercice 6 — retour sur le théorème de Thalès. Sur les figures ci-dessous, les droites (EF) et (GH) sont parallèles. Les longueurs sont données en cm. Calculer x et y.



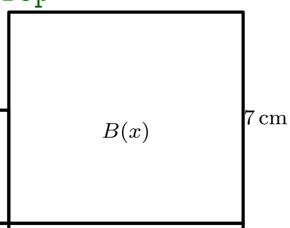




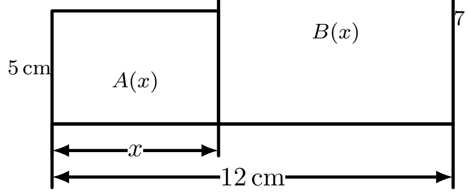
Exercice 7 — mise en équation 1. https://www.geogebra.org/m/fm8avkfs
Tasha, Jadzia et Naomi ont un total de 2266 €. Jadzia a 241 € de moins que 8 fois la somme de Tasha. Naomi a 6 fois la somme de Jadzia. Déterminer les parts de chacune d'elles.

Exercice 8 — mise en équation 2. https://www.geogebra.org/m/xsz3wtxt
Mon rectangle a un périmètre de 882 m. Sa longueur mesure 144 m de plus que 8 fois sa largeur. Détermine les dimensions de mon rectangle.

Exercice 9 — mise en équation 3. https://www.geogebra.org/m/uvrzbr5p



Déterminer la valeur de x pour laquelle les aires $A(x)$ et $B(x)$ des rectangles suivants sont égales.



Exercice 10

1) Ecrire en fonction de x, le résultat affiché par les programmes A et B ci-dessous.
2) Pour quelle(s) valeurs de x, le programme A affiche 21 ?
3) Même question pour le programme B.
4) Pour quelle(s) valeur(s) de x les programmes ci-dessous retournent-ils la même valeur ?

```
1 définir programme _A (x)
2 mettre y à (x) + 5
3 mettre y à (y) * 6
4 dire (y)
```

```
1 définir programme_B (x)
2 mettre y à (x) * 6
3 mettre y à (y) + 5
4 dire (y)
```

Exercice 11

Pour quelles valeurs de x, ces 2 programmes affichent la même chose.

```
1 définir programme_A (x)
2 mettre y à (x) + 6
3 mettre z à (y) * (y)
4 dire (z)
```

```
1 définir programme_B (x)
2 mettre y à (x) + 12
3 mettre z à (y) * 3
4 dire (z)
```

Exercice 12

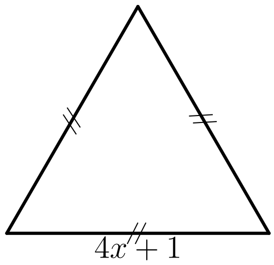
5 est solution de l'équation $3(x-2)-2mx=3$ d'inconnue x. Déterminer m.

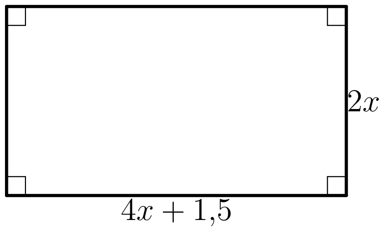
Exercice 13 — Brevet. Amérique du Sud, 2019.

1) Calculer $5x^2-3(2x+1)$ pour $x=4$.
2) Montrer que pour tout nombre x on a : $5x^2-3(2x+1)=5x^2-6x-3$
3) Résoudre l'équation $5x^2-3(2x+1)=5x^2-4x+1$.

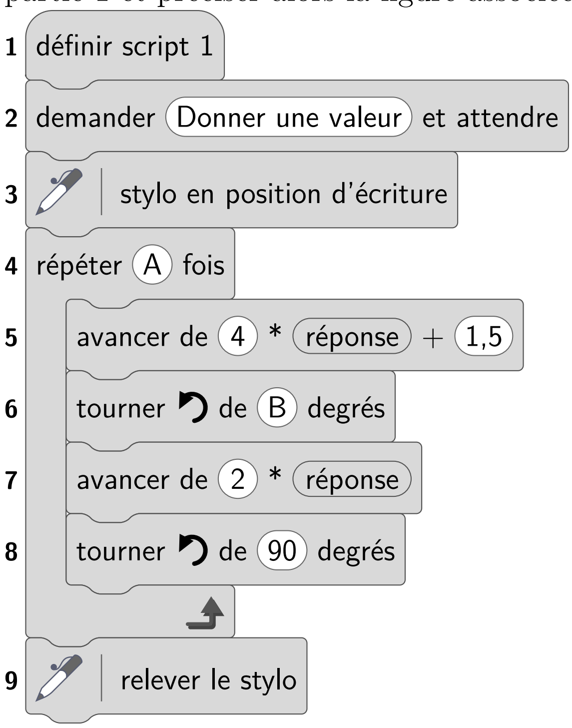
Exercice 14 — Brevet. Centres étrangers, 2019. environ 20 min

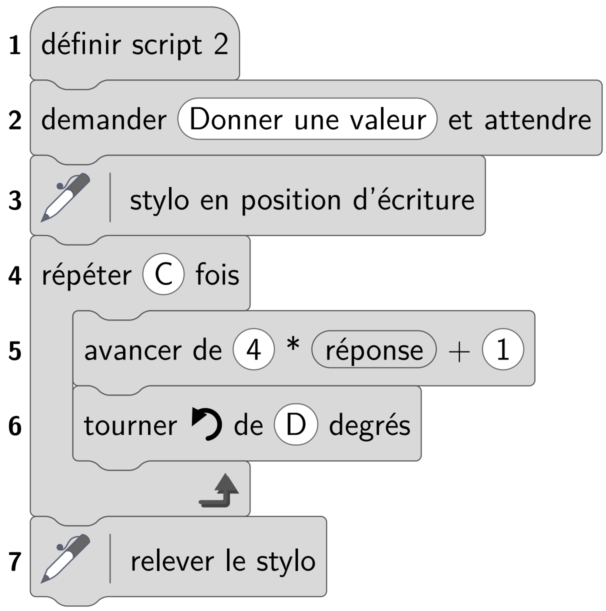
On considère les deux figures ci-dessous, un triangle équilatéral et un rectangle, où x représente un nombre positif quelconque. Toutes les longueurs sont exprimées en centimètre.





1) Construire le triangle équilatéral pour $x=2$.
2) a) Démontrer que le périmètre du rectangle en fonction de x peut s'écrire $12x+3$.
   b) Pour quelle valeur de x le périmètre du rectangle est-il égal à 18 cm ?
3) Est-il vrai que les deux figures ont le même périmètre pour toutes les valeurs de x ? Justifier.
4) On a créé les scripts (ci-dessous) sur `Scratch` qui, après avoir demandé la valeur de x à l'utilisateur, construisent les deux figures.
   Dans ces deux scripts, les lettres A, B, C et D remplacent des nombres.
   Donner des valeurs à A, B, C et D pour que ces deux scripts permettent de construire les figures de la partie 1 et préciser alors la figure associée à chacun des scripts.





solutions de l'exercice 1.

	Vrai	Faux
1/ $x = 7$ est une solution de l'équation $-2x + 14 = 0$ d'inconnue x	☒	☐
2/ $x = 6$ est une solution de l'équation $-2x + 14 = 0$ d'inconnue x	☐	☒
3/ 2 est une solution de l'équation $2x + 1 = 5$ d'inconnue x	☒	☐
4/ 2 est la seule solution de l'équation $2x + 1 = 5$ d'inconnue x	☒	☐
5/ 3 est une solution de l'équation $x^2 = 3x$ d'inconnue x	☒	☐
6/ 9 est une solution de l'équation $3x + 9 = 5x - 9$ inconnue x	☒	☐
7/ 2 est une solution de l'équation $3x + 9 = 5x - 9$ inconnue x	☐	☒
8/ -2 est une solution de l'équation $x^2 = -4$ inconnue x	☒	☐
9/ 2 est une solution de l'équation $x^2 - 10x + 16 = 0$ inconnue x	☒	☐
10/ 3 est la seule solution de l'équation $(x-3)(x-2) = 0$ inconnue x	☐	☒

■

solutions de l'exercice 2.

$S_1 = \{5\}$;
$S_2 = \{-5\}$;
$S_3 = \{11\}$;
$S_4 = \left\{\frac{15}{4}\right\}$;
$S_5 = \{13\}$;
$S_6 = \{-7\}$;
$S_7 = \{-1\}$;
$S_8 = \{-7\}$;
$S_9 = \{0\}$;
$S_{10} = \{-12.6\}$;
$S_{11} = \{6\}$;
$S_{12} = \{-13\}$;

■

solutions de l'exercice 3.

$S_1 = \{9\}$;
$S_2 = \{-8\}$;
$S_3 = \{2\}$;
$S_4 = \left\{\frac{4}{3}\right\}$;
$S_5 = \left\{\frac{3}{5}\right\}$;
$S_6 = \left\{\frac{17}{2}\right\}$;
$S_7 = \{14\}$;
$S_8 = \{-9\}$;
$S_9 = \{-3\}$;
$S_{10} = \left\{\frac{5}{4}\right\}$;
$S_{11} = \{28\}$;
$S_{12} = \{1.75\}$;

■

solutions de l'exercice 4.

$S_1 = \{5\}$;
$S_2 = \{1\}$;
$S_3 = \{1\}$;
$S_4 = \{-7\}$;
$S_5 = \{4\}$;
$S_6 = \{-4\}$;
$S_7 = \{-24.0\}$;
$S_8 = \{\}$;
$S_9 = \left\{\frac{9}{11}\right\}$;

■

solutions de l'exercice 5.

$S_1 = \{-13\}$;
$S_2 = \left\{-\frac{8}{3}\right\}$;
$S_3 = \left\{\frac{8}{7}\right\}$;

■

8.2 Equations produit nul

Théorème 8.7 — produit nul. Si $AB = 0$ alors $A = 0$ ou $B = 0$

Démonstration. Supposons $A = 0$, alors $AB = 0$.

Supposons que $A \neq 0$, alors A admet un inverse $\frac{1}{A}$ et son inverse est non nul.

$$\begin{aligned} AB &= 0 \\ \underbrace{\frac{1}{A} \times A}_{1} \times B &= \frac{1}{A} \times 0 \\ B &= 0 \end{aligned} \quad \times \frac{1}{A}$$

∎

L'équation $x^2 = k$, d'inconnue x admet :

$k > 0$ deux solutions $\sqrt{k}$ et $-\sqrt{k}$

$k = 0$ une solution $x = 0$.

$k < 0$ aucune solution.

8.2.1 Exercices : résolutions d'équations se ramenant à un produit nul

■ Exemple 8.8 — isoler x^2. Résoudre les équations suivantes d'inconnue x.

$x^2 = 5$ $\qquad x^2 - 9 = 0$ $\qquad 2x^2 + 5 = 3x^2 - 13$

Exercice 15 Mêmes consignes

(E_1) $x^2 = 36$	(E_3) $x^2 - 5 = 0$	(E_5) $3 - x^2 = 0$	(E_7) $45 = 2x^2 - 5$
(E_2) $x^2 - 25 = 0$	(E_4) $x^2 = -25$	(E_6) $x^2 - 18 = 82$	(E_8) $3x^2 - 4 = 71$

■ Exemple 8.9 Transformer les équations suivantes en équations produit nul et résoudre.

$(5x-3)(2x+5) = 0$ $\qquad (3x-2)^2(5x+2)^3 = 0$ $\qquad (-2x-7)^2 = 0$

$4x^2 + 7x = 0$ $\qquad 9x^2 - 36 = 0$ $\qquad 5x^2 = 36x$ $\qquad (x+1)(2x+3) = 5(x+1)$

Exercice 16 — produit nul. Mêmes consignes

(E_1) $(3x+2)(4-2x) = 0$	(E_4) $(3x+1)^2 = 0$	(E_7) $(4x-3)(2x+5) = 0$
(E_2) $(3x+6)+(4x+1) = 0$	(E_5) $(4x-1)(4x+1) = 15$	(E_8) $4x(2x+1) = 0$
(E_3) $8x(x+3) = 0$	(E_6) $0 = (5x+3)(2x-4)$	(E_9) $(x+3)(2x-1)(5-3x) = 0$

Exercice 17 — factoriser pour résoudre. Mêmes consignes

(E_1) $x^2+2x=0$	(E_4) $4x^2-9=0$	(E_7) $(8x+3)^2=5(8x+3)$
(E_2) $3x^2-2x=0$	(E_5) $9x^2=4x$	(E_8) $(8x+3)^2=25$
(E_3) $x^2-4=0$	(E_6) $9x^2=4$	(E_9) $(8x+3)^2=(5x+2)(2x-7)$

Exercice 18 — Brevet 2021, centres étrangers.]

Un professeur propose à ses élèves trois programmes de calculs, dont deux sont réalisés avec un logiciel de programmation.

Programme A

```
quand [drapeau] est cliqué
demander (choisir un nombre) et attendre
mettre [nombre choisi] à (réponse)
mettre [Valeur 1] à ((1) + (nombre choisi))
mettre [Valeur 2] à ((3) * (Valeur 1))
mettre [résultat] à ((Valeur 2) - (3))
dire (regrouper (On obtient) et (résultat)) pendant (2) secondes
```

Programme B

```
quand [drapeau] est cliqué
demander (choisir un nombre) et attendre
mettre [nombre choisi] à (réponse)
mettre [Valeur 1] à ((nombre choisi) + (3))
mettre [Valeur 2] à ((nombre choisi) - (5))
mettre [résultat] à ((Valeur 1) * (Valeur 2))
dire (regrouper (On obtient) et (résultat)) pendant (2) secondes
```

Programme C

- Choisir un nombre
- Multiplier par 7
- Ajouter 3
- Soustraire le nombre de départ

1) a) Montrer que si on choisit 1 comme nombre de départ alors le programme A affiche pendant 2 secondes « On obtient 3 ».
   b) Montrer que si on choisit 2 comme nombre de départ alors le programme B affiche pendant 2 secondes « On obtient -15 ».
2) Soit x le nombre de départ, quelle expression littérale obtient-on à la fin de l'exécution du programme C ?
3) Un élève affirme qu'avec un des trois programmes on obtient toujours le triple du nombre choisi. A-t-il raison ?
4) a) Résoudre l'équation $(x+3)(x-5)=0$.
   b) Pour quelles valeurs de départ le programme B affiche-t-il « On obtient 0 » ?
5) Pour quelle(s) valeur(s) de départ le programme C affiche-t-il le même résultat que le programme A ?

solutions de l'exercice 15.

$S_1 = \{-6, 6\}$;
$S_2 = \{-5, 5\}$;
$S_3 = \left\{-\sqrt{5}, \sqrt{5}\right\}$;
$S_4 = \{\}$;
$S_5 = \left\{-\sqrt{3}, \sqrt{3}\right\}$;
$S_6 = \{-10, 10\}$;
$S_7 = \{-5, 5\}$;
$S_8 = \{-5, 5\}$;

■

solutions de l'exercice 16.

$S_1 = \left\{-\frac{5}{8}, 2\right\}$;
$S_2 = \left\{-\frac{2}{3}, 2\right\}$;
$S_3 = \{-1\}$;
$S_4 = \{-3, 0\}$;
$S_5 = \left\{-\frac{1}{3}\right\}$;
$S_6 = \{-1, 1\}$;
$S_7 = \left\{-\frac{3}{5}, 2\right\}$;
$S_8 = \left\{-\frac{5}{2}, \frac{3}{4}\right\}$;
$S_9 = \left\{-\frac{1}{2}, 0\right\}$;
$S_{10} = \left\{-3, \frac{1}{2}, \frac{5}{3}\right\}$;

■

solutions de l'exercice 17.

$S_1 = \{-2, 0\}$;
$S_2 = \left\{0, \frac{2}{3}\right\}$;
$S_3 = \left\{-\frac{3}{2}, \frac{3}{2}\right\}$;
$S_4 = \left\{0, \frac{4}{9}\right\}$;
$S_5 = \left\{-\frac{2}{3}, \frac{2}{3}\right\}$;
$S_6 = \left\{-\frac{3}{8}, \frac{1}{4}\right\}$;
$S_7 = \left\{-1, \frac{1}{4}\right\}$;
$S_8 = \left\{-\frac{3}{8}, -\frac{1}{3}\right\}$;

■

solution de l'exercice 18.

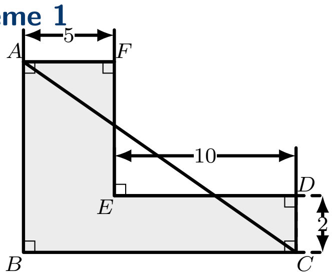
1) Elle obtient : $4 \to -1 \to -4$.
2) Lucie obtient $-3 \to 9 \to 5$.
3) On a successivement avec le programme A : : $x \to x-5 \to x(x-5)$.
4) On a successivement avec le programme B : : $x \to x^2 \to x^2-4$.
5) On veut trouver x tel que :
   $x(x-5) = x^2-4$ ou $x^2-5x = x^2-4$ ou encore $4 = 5x$, soit en multipliant chaque membre par $\frac{1}{5}$, $x = \frac{4}{5} = 0,8$.

■

8.3 Club maths : équations simples...

> Dans cette feuille, équation simple désigne des équations qui sont équivalente à des équations de la forme $ax+b=0$. Développer les membres donne des termes quadratiques (en x^2) qui se simplifient.

Problème 1

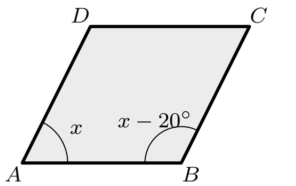


Quelle doit être la longueur EF pour que l'aire de la partie colorée soit égale à l'aire du triangle ABC ?

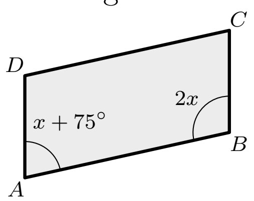
Problème 2

Un père et son fils ont 35 et 3 ans, respectivement. Dans combien d'années le père aura-t-il le double de l'âge de son fils ?

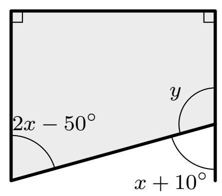
Problème 3 Trouver x et y dans les figures suivantes :

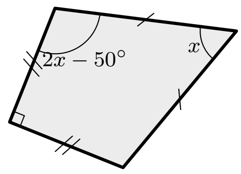


$ABCD$ est un losange



$ABCD$ est un parallélogramme





Problème 4

Un joueur obtient huit fois le score 7 puis x fois le score 10. À la fin du jeu, son score moyen est de 9. Combien vaut alors x ?

Problème 5

Un nombre à 6 chiffres commence par 1 ; si l'on déplace ce chiffre à la droite du nombre, on obtient un nombre qui est triple du premier. Quel est le nombre initial ?

Problème 6

Résoudre dans $\mathbb{R}$ en développant et en simplifiant les équations suivantes d'inconnue x :

$(E_1)\quad (x-1)^2+(x+3)^2 = 2(x-2)(x+1)+38$ $\qquad (E_2)\quad 5(x^2-2x-1)+2(3x-2) = 5(x+1)^2$

Problème 7

Résoudre dans $\mathbb{R}$ les équations suivantes d'inconnue x :

$(E_1)\ \dfrac{4x+7}{x-1} = \dfrac{12x+5}{3x+4}$ $\quad\Big|\quad (E_2)\ \dfrac{7}{x-5} = \dfrac{4}{x+1} + \dfrac{3}{x-2}$ $\quad\Big|\quad (E_3)\ \dfrac{9}{x} = \dfrac{8}{x+1} + \dfrac{1}{x-1}$

Problème 8

On note a une longueur, pour l'instant inconnue. Un rectangle de largeur a et de longueur $a+1$ a la même aire qu'un autre rectangle qui lui est de largeur $a-1$ et de longueur $a+3$. Est-ce possible et si oui, combien de valeurs possibles de a existe-t-il ?

Problème 9

Une boîte de café coûte 100 € à l'achat et se vend 140 € : elle permet une marge de 40%.

Pour une boîte de cacao, la marge est de 20%. Si le nombre de boîtes de café vendues est le double du nombre de boîte de cacao vendues, et si la marge totale est de 36% (par rapport au prix d'achat), à quel prix s'est vendue chaque boîte de cacao ?

solution du problème 1. $x = EF$. $7.5(x+2) = 5x+30$. $x = 6$. ∎

solution du problème 2. $35 + x = 2(3+x)$, $x = 29$. ∎

solution du problème 3. Comment sont les angles dans un parallélogramme ?
Pour le dernier, quelle est la somme des angles internes d'un quadrilatère convexe ? ∎

solution du problème 4. $\dfrac{8\times 7+10x}{x+8} = 9$, $x = 16$. ∎

solution du problème 5. Indication : si x est un nombre à 5 chiffres, $10x+1$ est un nombre à 6 chiffres dont le chiffre des unités est égal à 1. ∎

solution du problème 6. Chacune des 2 équations admet 1 solution, et leur somme vaut 3. ∎

solution du problème 7. Chacune des 3 équations admet 1 solution etleur somme vaut $\dfrac{529}{308}$. ∎

solution du problème 8. Les termes quadratiques (en a^2) se simplifient et $a = 3$. ∎

solution du problème 9. $x =$ prix d'achat de la boîte de cacao, $n =$ nombre de boîtes de cacao vendues. $0.20\times nx + 2n\times 40 = 0.36\times \underbrace{(nx+2n\times 100)}_{\text{prix d'achat total}}$.
x est donc solution de $0.20x+80 = 0.36(x+200)$. $x = 50$. Le prix de vente est de 60 € . ∎

8.4 Club maths : ... et moins simples

Problème 10 Résoudre dans $\mathbb{R}$ en factorisant les équations suivantes d'inconnue x :

(E_1) $-\dfrac{3x^2}{5} + x = 0$

(E_2) $-\dfrac{5x^2}{7} - \dfrac{3x}{4} = 0$

Problème 11 Résoudre dans $\mathbb{R}$ en factorisant les équations suivantes d'inconnue x :

(E_1) $(x+5)(4x-1) + x^2 - 25 = 0$

(E_2) $(x+4)(5x+9) - x^2 + 16 = 0$

Problème 12 Résoudre dans $\mathbb{R}$ en factorisant les équations suivantes d'inconnue x :

(E_1) $7x^3 - 175x = 0$

(E_2) $(x+5)(3x+2)^2 = x^2(x+5)$

solution du problème 10. Pour vérification : chacune des deux équations admet deux solutions et la somme des quatre solutions vaut $\dfrac{37}{60}$. ∎

solution du problème 11. Pour vérification : chacune des deux équations admet deux solutions et la somme des quatre solutions vaut $\dfrac{-171}{20}$. ∎

solution du problème 12. Pour vérification : chacune des deux équations admet trois solutions et la somme des six solutions vaut $\dfrac{-13}{2}$. ∎