

# Hors programme lycée/Fonctions associées et composée de fonctions

## 1. Introduction de composée :

(+1 exercice pour les enseignants)

### Exercice 2197



Soit  $f$  la fonction définie dont l'image de  $x$  est définie par :

$$f(x) = \frac{x-1}{x-2}$$

1. Etablir l'égalité suivante:  $\frac{x-1}{x-2} = 1 + \frac{1}{x-2}$

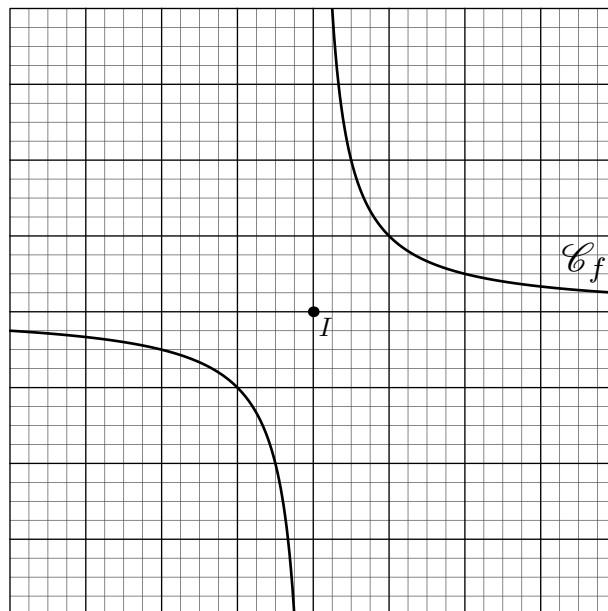
On note  $g$  la fonction inverse. A la question précédente, nous venons d'établir que :

$$f(x) = g(x-2) + 1$$

2. Par quelle transformation du plan, obtient-on la courbe  $\mathcal{C}_f$  représentative de la fonction  $f$  à partir de l'hyperbole  $\mathcal{C}_g$  représentative de la fonction inverse?

La figure ci-dessous représente l'hyperbole obtenu par la fonction inverse et  $I$  sont centre de symétrie.

3. Placer correctement le repère pour que cette courbe soit la représentation de la fonction  $f$ .



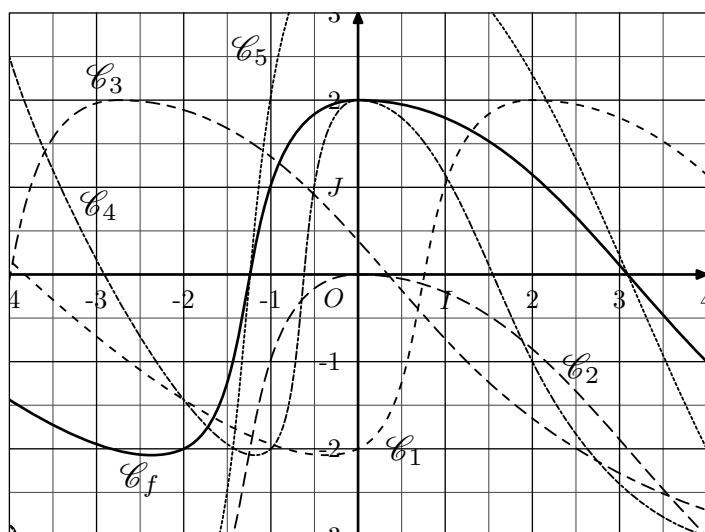
## 2. Composée de fonctions :

(+1 exercice pour les enseignants)

### Exercice 1159



On considère la fonction  $f$  dont la courbe représentative est donnée dans le repère  $(O; I; J)$  ci-dessous :



Dans ce repère est également donnée les courbes représentatives associées à la fonction  $f$  dont voici les expressions algébriques :

$$g : x \mapsto f(x+2) \quad ; \quad h : x \mapsto f(2 \cdot x) \quad ; \quad j : x \mapsto f(x-2)$$

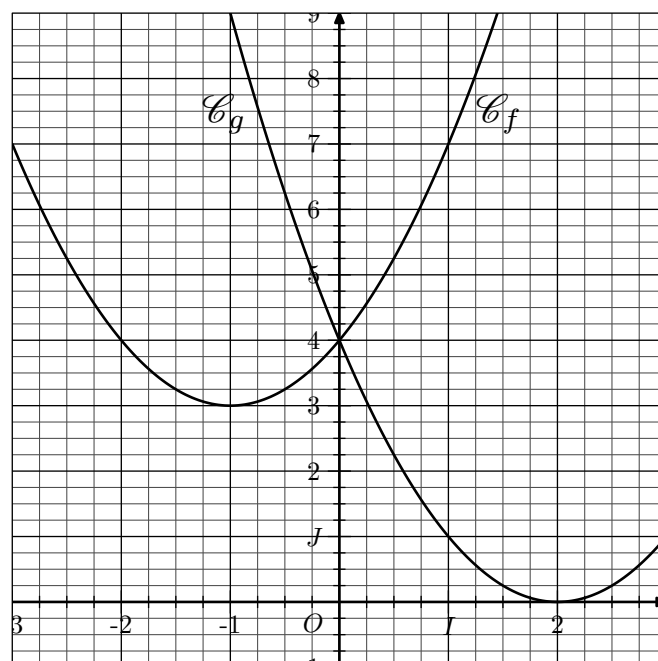
$$k : x \mapsto 2 \cdot f(x) \quad ; \quad l : x \mapsto f(x) - 2$$

Associer à chacune de ces fonctions sa courbe représentative.

### Exercice 2702



On considère les deux repères  $(O; I; J)$  dans lesquels ont été tracées des courbes représentatives de polynômes de second degré :



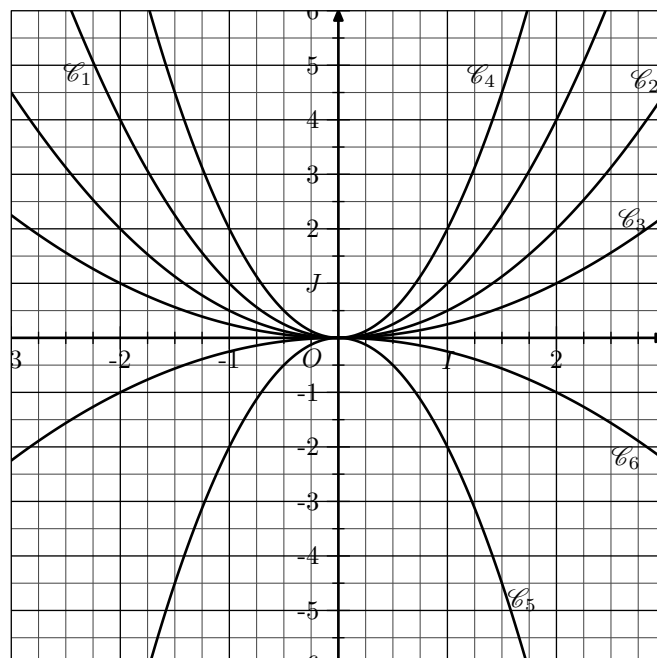
1. La courbe  $\mathcal{C}_f$  est la courbe représentative de la fonction  $f$  définie par :

$$f : x \mapsto x^2 + 2x + 4$$

La fonction  $g$  est définie, explicitement par la fonction  $f$ , par la relation suivante :

$$g(x) = f(x + \alpha) + \beta \quad \text{où } \alpha \in \mathbb{R} \text{ et } \beta \in \mathbb{R}.$$

- Déterminer, à l'aide des représentations de ces deux fonctions, les valeurs des nombres réels  $\alpha$  et  $\beta$ .
- Déduire la forme développée réduite de l'expression de  $f(x)$ .



- Les courbes  $\mathcal{C}_1$  à  $\mathcal{C}_6$  sont les représentations de fonctions définie par la relation :

$$x \mapsto \alpha \cdot x^2 \quad \text{où } \alpha \text{ est un nombre réel.}$$

Déterminer pour chaque fonction la valeur de  $\alpha$ .

### 3. Composé et expressions :

(+1 exercice pour les enseignants)

#### Exercice 2154



Dans chacune des questions suivantes, donner l'expression algébrique de  $(f \circ g)(x)$  en fonction de  $x$  :

- $f(x) = 3x + 1$  et  $g(x) = 2 - x$
- $f(x) = x^2$  et  $g(x) = x - 4$
- $f(x) = x - 4$  et  $g(x) = x^2$
- $f(x) = \sqrt{x}$  et  $g(x) = 3x + 2$
- $f(x) = 3x + 2$  et  $g(x) = \frac{1}{x}$
- $f(x) = -2x + 1$  et  $g(x) = 2x + 1$

#### Exercice 4652



On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}_+$  par la relation :

$$f(x) = (1 - \sqrt{x})^2$$

- Pour  $x \in [0; 1]$ , établir l'égalité suivante :  
 $(f \circ f)(x) = x$
- Pour  $x \in [1; +\infty[$ , déterminer une expression simplifiée de la fonction  $f \circ f$ .

### 4. Composé et tableau de variation :

(+3 exercices pour les enseignants)

#### Exercice 3308



On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par la relation suivante :

$$f(x) = -2x^2 - 4x + 6$$

- Déterminer la forme factorisée de l'expression  $f(x)$ .
  - Dresser le tableau de variations de la fonction  $f$ .  
(On indiquera également les deux racines de la fonction  $f$ )
- On considère la fonction  $g$  définie sur  $\mathbb{R}$  admettant le tableau de variations suivant :

$x$	$-\infty$	$0$	$8$	$+\infty$
Variation de $g$		1	-3	+∞
	-1			

- Faire une conjecture sur la valeur des limites suivantes :

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} (g \circ f)(x) \quad ; \quad \lim_{x \rightarrow -\infty} (f \circ g)(x)$$

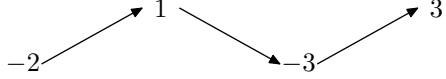
- Justifier que la fonction  $f \circ g$  est décroissante sur

l'intervalle  $]-\infty; 0[$ .

- c. Justifier et préciser la monotonie de la composée  $g \circ f$  sur chacun des deux intervalles suivants:  
 $]-\infty; -3[$  ;  $[-3; 1]$

**Exercice 2300**  

On considère une fonction  $f$  définie sur  $[-5; 4]$  dont le tableau de variations est donnée ci-dessous:

$x$	-5	-2	1	4
Variation de $f$				

Déterminer le tableau de variations des fonctions associées à  $f$  présentées ci-dessous:

- a.  $g : x \mapsto f(x+2)$       b.  $h : x \mapsto -2 \cdot f(x)$   
 c.  $j : x \mapsto f(x-2) + 1$

**Exercice 2162**  

On considère la fonction  $f$ , définie sur  $\mathbb{R}$ , dont l'image d'un

nombre  $x$  est définie par :

$$f(x) = -3(2x - 1)^2 + 1$$

On note  $g$ , la fonction affine définie par :

$$g : x \mapsto 2x - 1.$$

- Déterminer l'intervalle  $I$  tel que:  $g(I) = \mathbb{R}_+$
- Justifier que la fonction  $f$  est monotone sur  $I$ .
- Préciser le sens de variation de la fonction  $f$  sur chacun des intervalles  $I$  et  $\mathbb{R} \setminus I$ .

**Exercice 2164**  

Donner le sens de variation des fonctions ci-dessous sur l'intervalle précisé. Aucune justification n'est demandée:

- a.  $f : x \longmapsto \sqrt{2-3x}$  sur  $]-\infty; \frac{2}{3}]$   
 b.  $g : x \longmapsto 2(3-x)^2 + 1$  sur  $[3; +\infty[$   
 c.  $h : x \longmapsto \frac{2}{(x+1)^2} + 1$  sur  $]-\infty; -1[$   
 d.  $j : x \longmapsto x^2 - 3x + 2$  sur  $\mathbb{R}_-$   
 e.  $k : x \longmapsto -3\sqrt{x} - 1$  sur  $\mathbb{R}_+$   
 f.  $l : x \longmapsto -2\sqrt{3-x} + 1$  sur  $]-\infty; 3]$

**5. Composée de fonctions :**

(+4 exercices pour les enseignants)

**Exercice 421**  

La plupart des fonctions utilisées sont des fonctions composées à partir des fonctions de référence.

La fonction  $x \mapsto \sqrt{x^2 + 1}$  peut être vu comme la composée de fonctions de référence de la manière suivante:

$$x \xrightarrow{f} x^2 \xrightarrow{g} x^2 + 1 \xrightarrow{h} \sqrt{x^2 + 1}$$

où  $\begin{cases} f : x \mapsto x^2 \\ g : x \mapsto x + 1 \\ h : x \mapsto \sqrt{x} \end{cases}$

1. Décomposer les fonctions suivantes à l'aide des fonctions de références:

- a.  $x \longmapsto 3x^2 - 1$       b.  $x \longmapsto \frac{2}{3 + x^2}$   
 c.  $x \longmapsto \sqrt{\frac{2}{-2x + 3}}$

2. On définit  $a$  et  $b$  deux éléments de l'intervalle  $[1; 5]$  tel que  $a < b$ . Pour chacune des fonctions de la question 1., comparer les images des nombres  $a$  et  $b$ .

3. En analysant vos résultats de la question 1., compléter les deux phrases suivantes:

- ⇒ La composée de deux fonctions croissantes est .....
- ⇒ La composée d'une fonction croissante et d'une fonction décroissante est .....

4. Que peut-on dire du sens de variation de la somme de deux fonctions croissantes? de deux fonctions décroissantes? d'une fonction croissante et d'une fonction

décroissante?

Justifier par une démonstration ou un contre-exemple chacune de vos affirmations.

**Exercice 1964**  

Soit  $f$  une fonction dont l'image d'un nombre  $x$  est définie par:

$$f : x \mapsto \frac{1}{\sqrt{x+1}}$$

- Donner l'ensemble de définition de la fonction  $f$ .
- Décomposer cette fonction à l'aide de trois fonctions de référence.
- Prouver la décroissance de la fonction  $f$  sur  $D_f$ .

**Exercice 1761**  

1. Après avoir observé le sens de variation sur votre calculatrice de chacune des fonctions suivantes, appuyez votre observation au travers d'une preuve algébrique.

- Soit  $f$  la fonction définie par la formule:  
 $f(x) = x + 3$  sur  $\mathbb{R}$ .
- Soit  $g$  la fonction définie par la formule:  
 $g(x) = -\frac{1}{4}x - 1$  sur  $\mathbb{R}$ .
- Soit  $j$  la fonction définie par la formule:  
 $j(x) = 3(1-x)^2 + 2$  sur  $\mathbb{R}$ .
- Soit  $k$  la fonction définie par la formule:  
 $k(x) = \sqrt{x}$  sur l'intervalle  $\mathbb{R}_+$ .
- Soit  $l$  la fonction définie par la formule:  
 $l(x) = \frac{1}{x^2}$  sur  $\mathbb{R}^*$

2. a. Etablir l'identité:  $x^2+2x+1=(x+1)^2$

b. On considère la fonction  $m$  définie sur  $\mathbb{R}$  par la relation:

$$m(x) = x^2 + 2x + 1.$$

Etablir la stricte décroissance de la fonction  $m$  sur  $]-\infty; -1]$ .

**Exercice 1758**



1. Etudier le sens de variation des fonctions suivantes:

•  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par la relation:  $f(x) = 2x - 1$

•  $g$  définie sur  $\mathbb{R}$  par la relation:  $g(x) = -2x - 1$

•  $h$  définie sur  $\mathbb{R}$  par la relation:  $h(x) = x^2$

•  $k$  définie sur  $\mathbb{R}$  par la relation:  $k(x) = (x-1)^2 - 2$

•  $l$  définie sur  $\mathbb{R}^*$  par la relation:  $l(x) = \frac{1}{x}$

•  $m$  définie sur  $\mathbb{R} \setminus \{3\}$  par la relation:  $m(x) = \frac{1}{(x-3)^2}$

2. a. Etablir la relation:  $x^2 - 2x - 1 = (x-1)^2 - 2$

b. Etablir le sens de variation de la fonction  $n$  définie sur  $\mathbb{R}$  par la relation:  $n(x) = x^2 - 2x - 1$

**6. Opérations sur les fonctions :**

(+5 exercices pour les enseignants)

**Exercice 2695**



On considère les deux fonctions  $f$  et  $g$  définies sur  $\mathbb{R}$ :

$$f: x \mapsto x + 2 \quad ; \quad g: x \mapsto (3x - 2)(2x + 4)$$

1. Déterminer la forme simplifiée des expressions suivantes:

- a.  $(f+g)(x)$     b.  $(f \times g)(x)$     c.  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$

2. Donner l'ensemble de définition de la fonction  $\frac{f}{g}$ .

**Exercice 408**



On considère la fonction  $f$  définie sur  $]-\infty; 4]$  dont le tableau de variations est donné ci-dessous:

$x$	$-\infty$	$-2$	$1$	$4$
Variation de $f$	$-5$	$-2$	$2$	$-1$

On considère les fonction  $g$ ,  $h$  et  $j$  définies par:

$$g(x) = f(x) + 2 \quad ; \quad h(x) = 2 \cdot f(x) \quad ; \quad j(x) = -f(x)$$

Dresser les tableaux de variation des fonctions  $g$ ,  $h$  et  $j$ .

**Exercice 7378**



On considère la fonction  $f$  définie sur  $[1; 7]$  dont le tableau de variations est donné ci-dessous:

$x$	$1$	$3$	$7$
Variation de $f$	$4$	$5$	$1$

1. Sans justification, dresser les tableaux de variations des fonctions  $g$  et  $h$  définies par:

$$g(x) = 2 \cdot f(x) \quad ; \quad h(x) = f(x) + 2$$

2. On considère la fonction  $j$  définie par la relation:

$$j(x) = f(x-2)$$

- a. Donner l'ensemble de définition de la fonction  $j$ .  
 b. Dresser, sans justification, le tableau de variations de la fonction  $j$ .

**7. Composition: racines :**

(+1 exercice pour les enseignants)

**Exercice 4983**



On considère la fonction  $f$  polynomiale du second degré définie par la relation:

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

On construit la fonction  $g$  par la relation:

$$g: x \mapsto \sqrt{f(x)}$$

1. Conjecture sur la fonction  $g$ :

Après avoir tracé la courbe représentative de la fonction  $g$  à l'aide de la calculatrice:

- a. Conjecturer l'ensemble de définition de la fonction  $g$ .  
 b. Conjecturer le sens de variation de la fonction  $g$  sur les intervalles  $[-3; -1]$  et  $[-1; 1]$ .

2. Etude de la fonction  $g$ :

a. Déterminer les zéros de la fonction  $f$ , puis compléter le tableau de variations ci-dessous:

$x$	$-\infty$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$+\infty$
Variation de $f$	$-\infty$	$0$	$\dots$	$0$	$-\infty$

- b. Justifier que la fonction  $g$  est définie sur  $[-3; 1]$ .  
 c. Justifier que la fonction  $g$  est décroissante sur  $[-1; 1]$ .

**Exercice 4982**



1. On considère la fonction  $f$  dont l'image de  $x$  est donnée par la relation :

$$f(x) = \sqrt{2 \cdot x - x^2}$$

- Dresser le tableau de signes de la fonction suivante :  
 $x \mapsto 2x - x^2$
- En déduire l'ensemble de définition de la fonction  $f$ .

2. On considère la fonction  $g$  définie par :

$$g: x \mapsto \sqrt{x^3 - 3x - 2}$$

- Développer l'expression :  $(x+1)^2 \cdot (x-2)$
- Déterminer l'ensemble de définition de la fonction  $g$ .

### Exercice 5030



On considère la fonction  $f$  dont l'image d'un nombre  $x$  est définie par la relation :

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

1. Déterminer l'ensemble de définition de la fonction de la fonction  $f$ .

2. On considère la fonction  $g$  définie sur  $\mathbb{R} \setminus \left\{ -\frac{3}{2} \right\}$  par la relation :

$$g(x) = \frac{3 - 2 \cdot x}{2 \cdot x + 3}$$

- Déterminer les réels  $a$  et  $b$  réalisant l'identité suivante :

$$g(x) = a + \frac{b}{2 \cdot x + 3}$$

- Etablir le sens de variation de la fonction  $g$  sur l'intervalle  $\left] -\frac{3}{2}; +\infty \right[$ .

3. Dresser le tableau de variations de la fonction  $f$  sur son ensemble de définition.

### Exercice 8165



1. On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par :

$$f(x) = 6 \cdot x^2 - 11 \cdot x - 10$$

- Déterminer les zéros de la fonction  $f$ .
- Dresser le tableau de variations de la fonction  $f$ .  
(On y indiquera ses zéros)

2. On considère la fonction  $g$  définie par :

$$g(x) = \sqrt{6 \cdot x^2 - 11 \cdot x - 10}$$

- Déterminer l'ensemble de définition de la fonction  $g$ .
- Dresser le tableau de variations de la fonction  $g$ .

### Exercice 3079



On considère la fonction  $f$  définie par :

$$f(x) = \frac{-2}{\sqrt{x^2 - x - 6}}$$

1. a. Factoriser l'expression :  $\left(x - \frac{1}{2}\right)^2 - \frac{25}{4}$

- Justifier l'égalité suivante :  $f(x) = \frac{-2}{\sqrt{(x-3)(x+2)}}$

2. a. Etablir le tableau de signes de l'expression :  
 $(x-3)(x+2)$ .

- Déterminer l'ensemble de définition de la fonction  $f$ .

3. En déduire, sur l'intervalle  $]3; +\infty[$ , la monotonie de la fonction  $f$ .

## 8. Composition : inverses :

(+1 exercice pour les enseignants)

### Exercice 6571



On considère la fonction  $f$  définie par l'expression :

$$f(x) = 2 \cdot x^2 - 6 \cdot x + 4$$

On construit une fonction  $g$  définie par l'expression :

$$g(x) = \frac{1}{2 \cdot x^2 - 6 \cdot x + 4}$$

1. Conjecture sur la fonction  $g$  :

Après avoir tracé la courbe représentative de la fonction  $g$  à l'aide de la calculatrice :

- Conjecturer l'ensemble de définition de la fonction  $g$
- Conjecturer le sens de variation de la fonction  $g$  sur l'intervalle  $] -\infty; 1[$ .

2. Etude de la fonction  $g$  :

- Déterminer les zéros de la fonction  $f$ , puis compléter le tableau de variations ci-dessous :

$x$	$-\infty$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$+\infty$
Variation de $f$	$+\infty$				$+\infty$
		$\searrow$	$0$	$\searrow$	
				$\nearrow$	
				$0$	
				$\nearrow$	

- Justifier que la fonction  $g$  n'est pas définie pour  $x=1$  et  $x=2$ .

- Justifier que la fonction  $g$  est croissante sur  $] -\infty; 1[$ .

### Exercice 7303



On considère les deux fonctions  $f$  et  $g$  définies sur  $\mathbb{R} \setminus \{2\}$  par les relations :

$$f(x) = \frac{1}{x-2} \quad ; \quad g(x) = \frac{1}{(x-2)^2}$$

Sans justification, donner le sens de variations des fonctions  $f$  et  $g$  sur l'intervalle  $] -\infty; 2[$ .

## 9. Un peu plus loin - composée de fonctions :

(+2 exercices pour les enseignants)

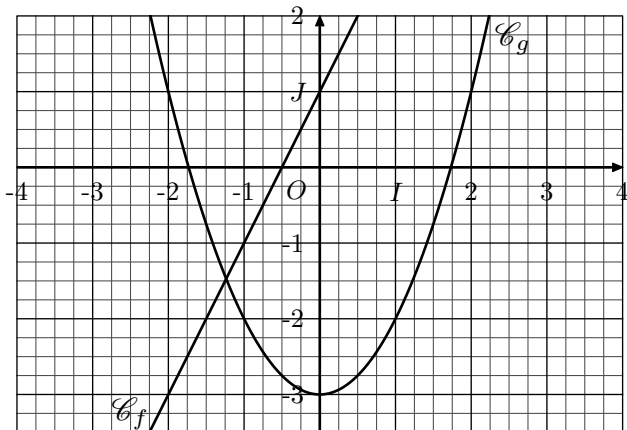
**Exercice 4977**



On considère les deux fonctions  $f$  et  $g$  définie sur  $[-4; 4]$  par les relations :

$$f(x) = 2x + 1 \quad ; \quad g(x) = x^2 - 3$$

On donne les courbes  $\mathcal{C}_f$  et  $\mathcal{C}_g$  représentatives des fonctions  $f$  et  $g$  dans le repère  $(O; I; J)$  ci-dessous :



1. Par lecture graphique, compléter les tableaux de valeurs suivants :

$x$	$-\frac{3}{2}$	$-1$	$-\frac{1}{2}$	$0$	$\frac{1}{2}$
$f(x)$					

$x$	$-2$	$-1$	$0$	$1$	$2$
$g(x)$					

2. On considère le programme de calcul suivant :

- Prendre un nombre  $x$  ;
- Déterminer l'image de  $x$  par la fonction  $f$  ; on note ce nombre  $x'$  ;
- Déterminer l'image de  $x'$  par la fonction  $g$  ; on note ce nombre  $g(f(x))$ .

On peut noter ce programme de calcul par la chaîne :

$$x \xrightarrow{f} f(x) \xrightarrow{g} g(f(x))$$

- a. Déterminer la valeurs des expressions suivantes :

$$g(f(-1)) \quad ; \quad g\left(f\left(-\frac{1}{2}\right)\right)$$

- b. Compléter le tableau de valeurs suivant :

$x$	$-\frac{3}{2}$	$-1$	$-\frac{1}{2}$	$0$	$\frac{1}{2}$
$g(f(x))$					

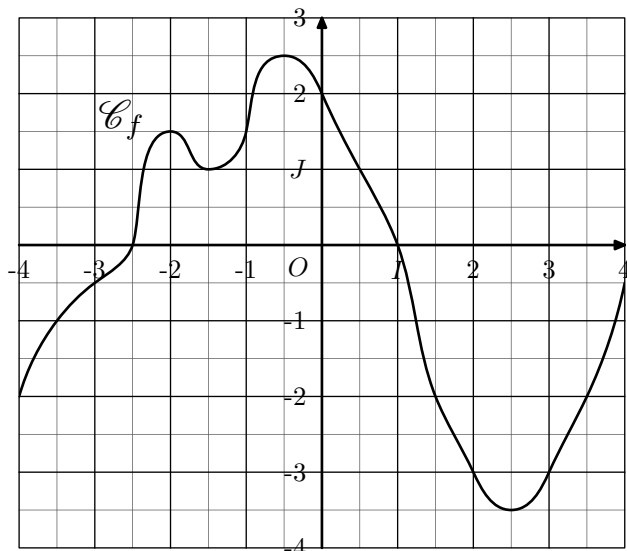
On vient de créer une nouvelle fonction qui à un nombre  $x$  associe l'image  $g(f(x))$ . Cette fonction s'appelle la fonction composée de  $f$  par  $g$  et se note  $g \circ f$ .

3. Tracer dans le repère ci-dessus la courbe  $\mathcal{C}_{g \circ f}$  représentative de la fonction  $g \circ f$ .
4. Donner l'expression, en fonction de  $x$ , de la fonction  $g \circ f$ .

**Exercice 2234**



On considère la fonction  $f$  définie sur l'intervalle  $[-4; 4]$  dont la courbe  $\mathcal{C}_f$  représentative est donnée ci-dessous dans le repère  $(O; I; J)$  orthonormé :

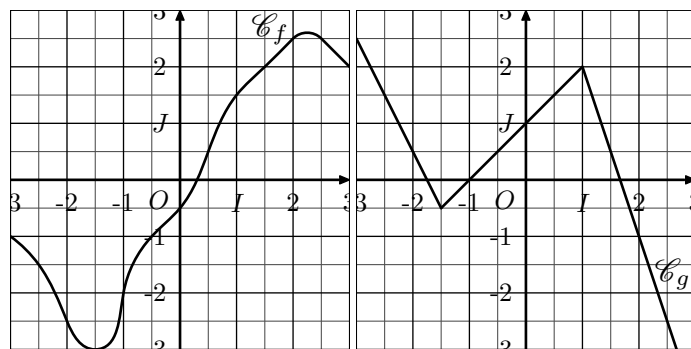


1. Calculer les images suivantes :
- a.  $(f \circ f)(1)$     b.  $(f \circ f)(-2)$     c.  $(f \circ f)(3)$
2. On définit la fonction  $f^n$  comme la fonction composée  $n$  fois de la fonction  $f$  par elle-même. Déterminer la valeur des images suivantes :
- a.  $f^3(1)$     b.  $f^3(-3)$     c.  $f^4(-1)$

**Exercice 2698**



On considère deux fonctions  $f$  et  $g$  définies sur l'intervalle  $[-3; 3]$  dont les courbes, respectivement  $\mathcal{C}_f$  et  $\mathcal{C}_g$ , représentatives sont données dans un repère  $(O; I; J)$  orthonormé :



1. Déterminer la valeur des expressions suivantes :

a.  $(f \circ g)(-2)$     b.  $(f \circ g)(1,5)$     c.  $(f \circ g)(2)$

2. Déterminer la valeur des expressions suivantes :

a.  $(g \circ f)(-3)$     b.  $(g \circ f)(0)$     c.  $(g \circ f)(1)$

**Exercice 4979**



On considère les deux fonctions suivantes :

$$f: x \mapsto x^2 - 2 \quad ; \quad g: x \mapsto \sqrt{x}$$

1. a. Donner les ensembles de définition des fonctions  $f$  et  $g$ .
- b. Peut-on parler de l'image de 1 par la fonction  $g \circ f$ ? Justifier votre réponse.
2. a. Dresser le tableau de signes de la fonction  $f$ .
- b. Donner l'ensemble de définition de la fonction  $g \circ f$ .

**Exercice 4978**

Pour chacun des couples de fonctions ci-dessous, déterminer l'expression de la fonction  $g \circ f$  :

1.  $f: x \mapsto 3x - 5$  ;  $g: x \mapsto x^2$

2.  $f: x \mapsto x^2 - 1$  ;  $g: x \mapsto -2x + 4$

3.  $f: x \mapsto x^2 + 1$  ;  $g: x \mapsto x^2 + 1$

**255. Exercices non-classés :***(+3 exercices pour les enseignants)***Exercice 2849**

On considère une fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  dont voici le tableau de variations :

$x$	$-\infty$	$-1$	$3$	$+\infty$
Variation de $f$	$+\infty$	$\searrow$ 5	$\swarrow$ 2	$\nearrow$ $+\infty$

On considère la fonction  $g$  dont l'image d'un nombre  $x$  est définie par la relation :

$$g(x) = \frac{2}{f(x) - 1} + 3$$

- Déterminer l'image des nombres  $-1$  et  $3$  par la fonction  $g$ .
- Déterminer le sens de variation de la fonction  $g$  sur l'intervalle  $]-\infty; 3]$ .

**Exercice 5056**

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par :

$$f(x) = \frac{1}{(x+1)^2 + 2}$$

Déterminer le sens de variation de la fonction  $f$  sur

l'intervalle  $[-1; +\infty[$ .**Exercice 2717**

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}^*$  définie par la relation :

$$f(x) = 2 \cdot \left(\frac{1}{x}\right)^2 - 3 \cdot \frac{1}{x} + 5$$

- Dresser le tableau de signes et le tableau de variations du polynôme du second degré :

$$P(x) = 2x^2 - 3x + 5$$

- En remarquant que la fonction  $f$  est la composée de la fonction inverse avec ce polynôme du second degré, établir que la fonction est décroissante  $\left]0; \frac{4}{3}\right]$
- Dresser le tableau de variations de la fonction  $f$  (*ne pas chercher à compléter le tableau avec les valeurs des images.*)

**Exercice 2718**

On considère la fonction  $f$  dont l'image de  $x$  est définie par la relation :

$$f(x) = \sqrt{-x^2 + 2x + 1}$$

- Déterminer l'ensemble de définition de la fonction  $f$ .
- Dresser le tableau de variations de la fonction  $f$ .