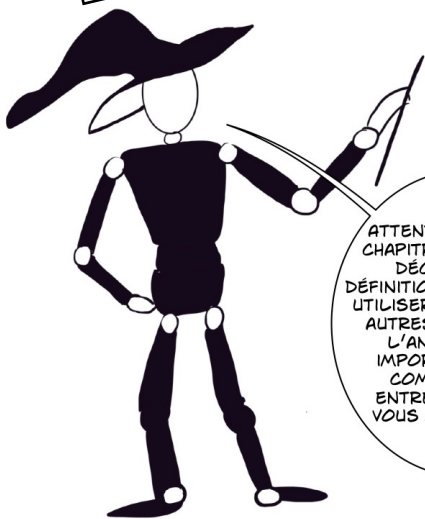


# Analyse



$$|x| = \begin{cases} x; & \text{si } x \geq 0 \\ -x; & \text{si } x < 0 \end{cases}$$



ATTENTION ! DANS CE CHAPITRE, VOUS ALLEZ DÉCOUVRIR DES DÉFINITIONS ET NOTIONS À UTILISER DANS PLUSIEURS AUTRES CHAPITRES DE L'ANNÉE. IL EST IMPORTANT DE BIEN COMPRENDRE ET ENTREtenir CE QUE VOUS AUREZ APPRIS.

## Méthode de travail

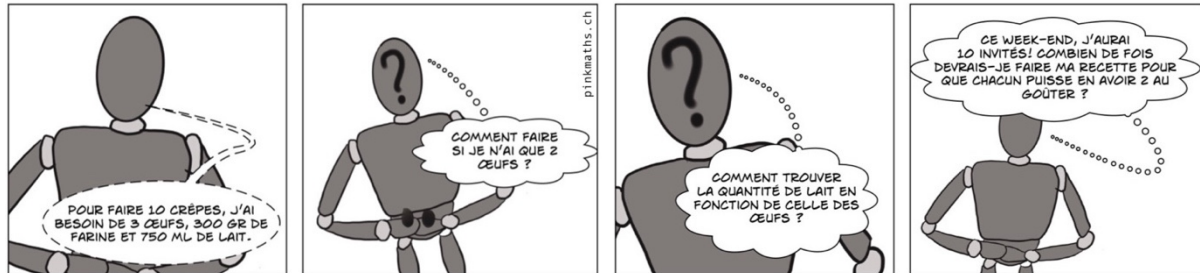
Essaye de chercher un exemple pour chaque notion pour vérifier si tu as bien compris.

Quel exercice semble assez important pour apparaître dans une épreuve ?

Est-ce que tu arriverais à refaire l'exercice seul ? Sans Ton cours ?

## Motivation<sup>1</sup>

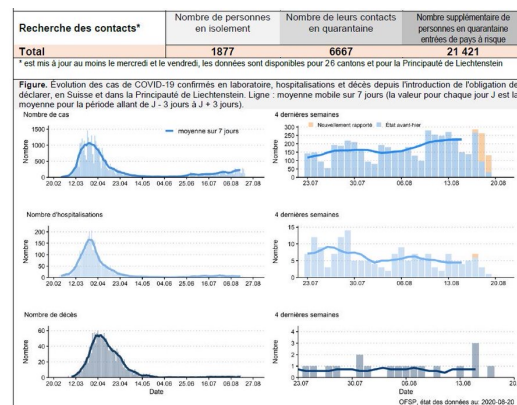
Sans être formulé en des termes d'images et d'antécédents, la détermination d'une quantité à partir d'une autre est un type de tâches omniprésent dans la lecture d'un tableau de nombres ou d'un graphique, qu'ils soient issus de la vie courante ou internes à une situation mathématique ; par contre, rares sont les déterminations ayant recours à l'algèbre dans la vie courante, hormis des calculs d'images tels **le calcul de l'impôt sur le revenu**, ou des calculs tel celui de **l'indice de masse corporelle**.



État : 20.08.2020  
Heure : 8 h 00

|                                | Total          |                        |                        | Les 7 derniers jours* |                        |
|--------------------------------|----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                | Nombre         | Différence à la veille | Pour 100 000 habitants | Nombre                | Pour 100 000 habitants |
| Cas confirmés en laboratoire   |                |                        |                        |                       |                        |
| Principauté de Liechtenstein   | 100            | +2                     | 260.6                  | 8                     | 20.8                   |
| Suisse                         | 38 926         | +264                   | 455.6                  | 1467                  | 17.2                   |
| <b>Total</b>                   | <b>39 026</b>  | <b>+266</b>            | <b>454.7</b>           | <b>1475</b>           | <b>17.2</b>            |
| Hospitalisations               |                |                        |                        |                       |                        |
| <b>Total</b>                   | <b>4468</b>    | <b>+8</b>              | <b>52.1</b>            | <b>31</b>             | <b>0.4</b>             |
| Décès                          |                |                        |                        |                       |                        |
| Principauté de Liechtenstein   | 1              | +0                     | 2.6                    | 0                     | 0                      |
| Suisse                         | 1718           | +0                     | 20.1                   | 5                     | <0.1                   |
| <b>Total</b>                   | <b>1719</b>    | <b>+0</b>              | <b>20.0</b>            | <b>5</b>              | <b>&lt;0.1</b>         |
| Tests PCR                      |                |                        |                        |                       |                        |
| <b>Total</b>                   | <b>910 283</b> | <b>+9209</b>           | <b>10 605.8</b>        | <b>46 557</b>         | <b>542.4</b>           |
| Proportion de tests positifs** | 5.1%           |                        |                        | 3.8%                  |                        |

\* sans aujourd'hui \*\* plusieurs tests positifs ou négatifs sont possibles chez la même personne



## Matériel

- Ce photocopié,
- Les séries intitulées « Analyse Série ... » (AS1, etc.),
- Livre de la CRM *Notions élémentaires (pour les cours)*,
- Formulaires et Table CRM (*cours & épreuves*)
- Crayon, gomme, règle, feuilles
- Une calculatrice personnelle non PRO



<sup>1</sup> <http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/ressources/documents/cdamperes/perfonctions-seconde.pdf>

**Buts du chapitre :**

Il convient de distinguer les techniques finalement assez rudimentaires pour réaliser les types de tâches citées dans **la vie courante**, des techniques utiles lorsqu'on veut étudier un **phénomène fonctionnel dans le cadre des sciences expérimentales et des mathématiques** :

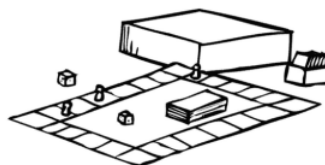
- Le **vocabulaire** (image, antécédent...), les **définitions** (fonction croissante, maximum d'une fonction, ...), la **théorie mathématique** (notation  $f(x)$ , notion de fonction, ...) et les **techniques algébriques** des fonctions (monotonie, extrema) sont absents de nombreux domaines de la vie courante, voire des autres disciplines, car ils ne sont utiles que dans les situations où une théorie mathématique est sous-jacente.
- Dans la même veine, les valeurs d'une quantité qui rendent **optimales** une autre quantité ainsi que les valeurs recherchées d'images ou d'antécédents sont des **valeurs approchées**, même avec une formule, car rechercher des valeurs exactes est souvent dénué de sens hors des mathématiques.
- Les interactions avec l'algèbre sont limitées à la recherche d'une quantité en fonction d'une autre.



Bien souvent, dans une formule, apparaissent plusieurs lettres qui ont, selon les moments de l'étude ou les situations, statut d'inconnues, de variables ou bien de paramètres. Les **méthodes** pour élaborer **ces lois** et la recherche de la **validité du modèle** utilisent des **outils** qui dépassent parfois le cadre de la théorie des fonctions.

Les problèmes d'**optimisation** sont omniprésents dans notre société : ils consistent à la recherche d'un « meilleur compromis possible » selon des critères préalablement fixés : **estimation** de la température maximale pour la prévision du temps, **quantité minimale** d'objets à produire pour dégager un bénéfice, **temps minimal** pour atteindre un point donné du globe (routage maritime), fonctionnement **le plus adapté** d'une machine (couple maximal d'un moteur, etc.)

Pour comprendre comment jouer à un nouveau jeu, il faut commencer par lire les règles. En commençant à jouer, les règles deviennent plus claires ; on commence à chercher les limites et à faire des liens. Nous poserons donc des définitions comme on pose une règle de jeu et puis nous pourrons ainsi jouer pour aller plus loin ! Votre but sera donc de chercher les limites, les failles ; ce qui permet d'établir si la définition ou l'architecture est solide.



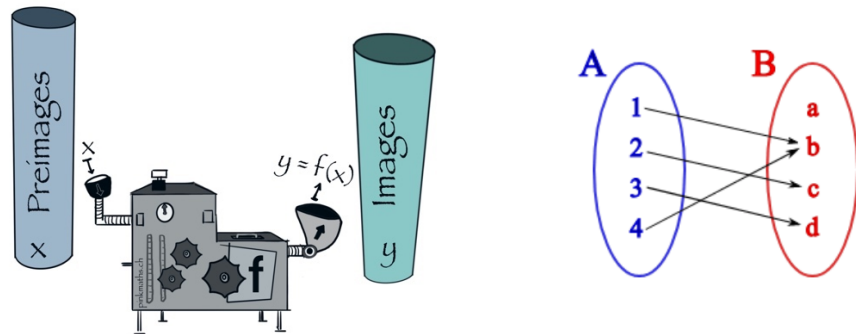
# 1. Fonctions

## 1.1 Rappels :

**Définition :** Une **fonction** est définie par :

- 1) Un ensemble A appelé **ensemble de départ**, ou **source**.
- 2) Un ensemble B appelé **ensemble d'arrivée**, ou **but**.
- 3) Une règle de correspondance, qui à chaque élément de l'ensemble de départ  $x \in A$  fait correspondre zéro (aucun) ou un élément de l'ensemble d'arrivée  $y \in B$ .

**Illustration :**



**Remarque :** Si à chaque élément de l'ensemble de départ la règle de correspondance associe exactement un élément de l'ensemble d'arrivée, il s'agit d'une **application**.

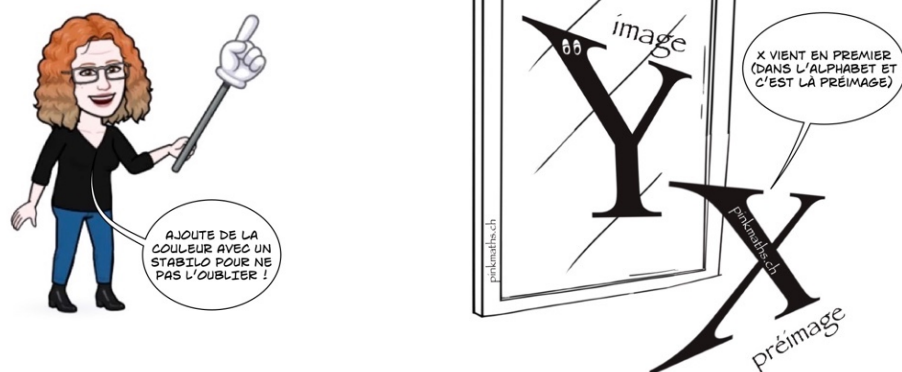
Lorsque cela n'est pas précisé, nous prendrons comme ensemble de départ et d'arrivée l'ensemble des nombres réels.

**Vocabulaire et notation :**

- On désigne souvent une fonction par les lettres **f, g** ou **h**
- Si  $x$  appartient à l'ensemble de départ  $A$  et  $y$  est un élément de l'ensemble d'arrivée  $B$  qui correspond à  $x$ ,  $y$  est appelé **l'image de x** ( $x$  possède au plus une image)
- $x$  est appelé une **préimage de y** ( $y$  peut posséder zéro, une ou plusieurs préimages)
- Si on désigne la fonction par  $f$  alors on note :  **$f(x)$**  l'image de  $x$
- On note :  $f: x \mapsto f(x) = y$  de  $A$  vers  $B$   $\iff$   $f: \begin{cases} A \rightarrow B \\ x \mapsto f(x) = y \end{cases}$

**Remarque :**

Parfois, on note  $f^{-1}(y)$  l'ensemble des **préimages de y**.



## 1.2 Exemples de fonctions

1)  $A = \{-1; 0; 1; 2; 3; 4\}; B = \mathbb{R}_+$   
 et  $f = \{(-1; 1); (0; 0); (1; 1); (2; 4); (3; 9); (4; 16)\}$

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

3)  $\begin{cases} g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto 4 \end{cases}$

## 1.3 Contre-exemples (ne sont pas des fonctions)

1)  $A = \{-1; 0; 1; 2; 3; 4\}; B = \mathbb{R}_+$  et  
 $m = \{(-1; 1); (0; 0); (1; 1); (2; 4); (-2; 4); (3; 9); (4; 16)\}$

2)  $k: x \mapsto \sqrt{x}$  de  $\mathbb{R}$  vers  $\mathbb{R}$

3)  $y = \frac{1}{x}$   $A = B = \mathbb{R}$

- Comment transformer ces 3 contre-exemples en exemples ?

**Exercice :**

$f: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto x^2 + 5x + 6 = f(x) \end{cases}$   $f$  est une fonction de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$ . C'est une fonction réelle.

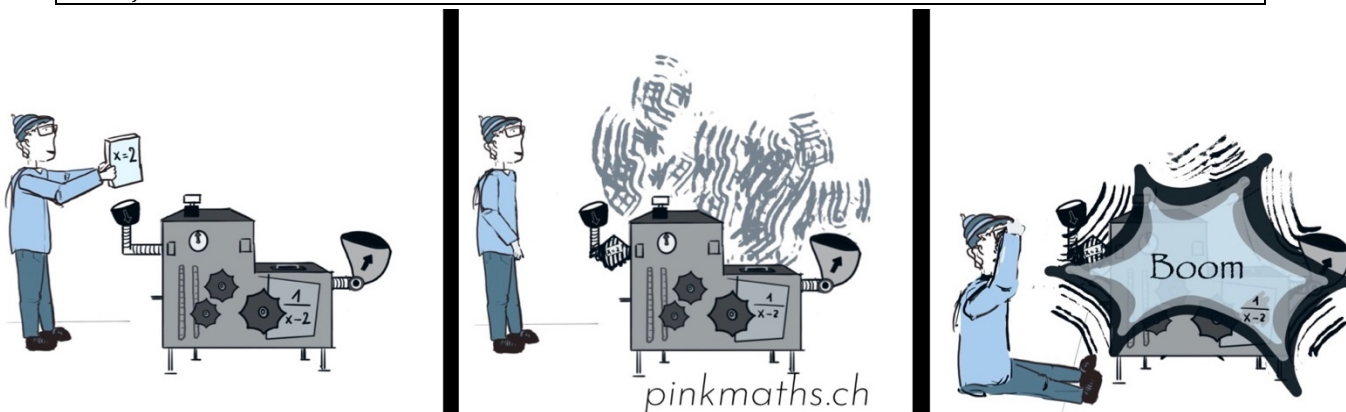
L'image de  $-4$  est .....

L'ensemble des préimages de 2 est  $f^{-1}(2) = \{ \quad \quad \quad \}$ , car .....

## 1.4 Définitions et rappels

Définition : Le **domaine de définition** (ou ensemble de définition) d'une fonction  $f$  est l'ensemble des nombres appartenant à  $\mathbb{R}$  qui ont une image par  $f$ . Cet ensemble est noté  $D_f$

Le graphique de  $f$  est la représentation géométrique des couples de coordonnées  $(x; f(x))$  où  $x \in D_f$ .

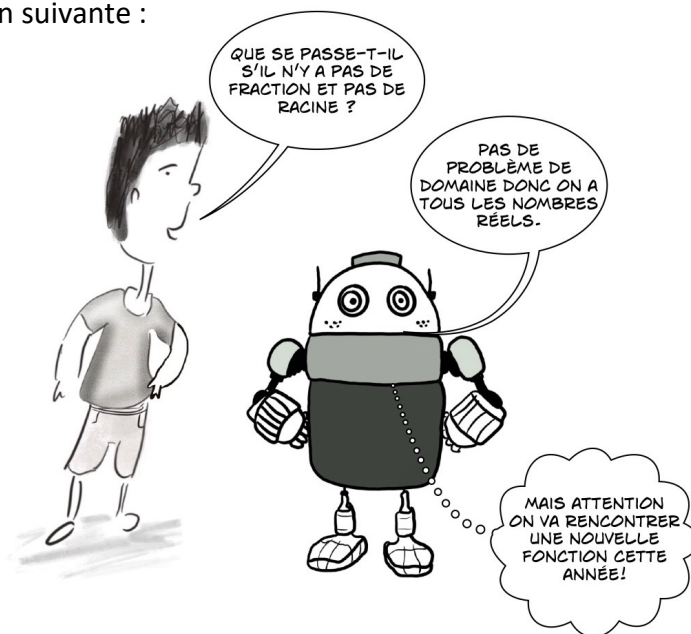


Rappels concernant des domaines particuliers :

|                                            |                                                                                 |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Le dénominateur d'une fraction<br>..... | <b>Exemple :</b> $f(x) = \frac{x}{x-2}$<br>$D_f =$                              |
| 2) Les racines paires<br>.....             | <b>Exemple :</b> $f(x) = \sqrt{x-3}$<br>(ou $g(x) = \sqrt[6]{x-3}$ )<br>$D_f =$ |

**Exercice :** Quel est le domaine de la fonction suivante :

$$f(x) = \frac{\sqrt{x}}{x+1} \quad D_f =$$



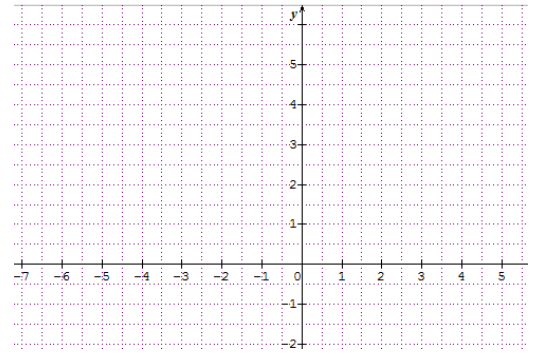
**Exercice :**  $f: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto x^2 + 5x + 6 = f(x) \end{cases}$

Le domaine de définition de  $f$  est .....

Le graphique de  $f$  sur l'intervalle  $[-7; 5]$  est :

Tableau de valeurs :

|        |    |    |    |    |    |   |   |
|--------|----|----|----|----|----|---|---|
| $x$    | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| $f(x)$ |    |    |    |    |    |   |   |



**Exercice :** Quel est le domaine de la fonction suivante :

$$f(x) = \frac{\sqrt{x}}{x-1} \quad D_f =$$

**Exercice :** Donner une fonction dont le domaine est  $D_f = \mathbb{R} \setminus \{-1; 1\}$

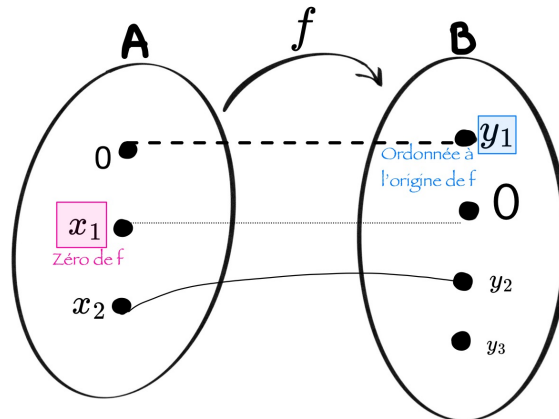
Méthode  
de travail

Pour réviser, il ne faut pas négliger la théorie !

Elle est remplie d'exemples pour comprendre les définitions!

**Définitions :**

- **L'ordonnée à l'origine** d'une fonction réelle  $f$  est l'image de 0. Elle se note  $f(0)$
- Les **zéros** d'une fonction réelle  $f$  est l'ensemble des préimages de 0. Elle se note  $f^{-1}(0)$   
Autrement dit, c'est l'ensemble des nombres  $x$  ayant 0 ( $= y$ ) comme image.



**Exemple :**  $f: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto x^2 + 5x + 6 = f(x) \end{cases}$

L'ordonnée à l'origine de  $f$  est .....

Les zéros de  $f$  est l'ensemble  $Z_f = \dots\dots\dots$

**Exemple :**  $f(x) = \frac{x-2}{x^2-4}$        $D_f =$

L'ordonnée à l'origine de  $f$  est.....

Les zéros de  $f$  est l'ensemble .....



**Truc mnemotechnique :**

**Backslash** commence par un **B** comme **le Balais** pour enlever une partie des nombres réels.  
(et non pas le « Slash » qui s'utilise pour donner l'adresse d'un site : <https://pinkmaths.ch> )

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

$$D_f = \mathbb{R} \setminus \{1\}$$

**Exercice :** Quel est l'ensemble des zéros de  $f(x) = \frac{1}{x^2-1}$  ?

**Que peut-on trouver dans la table CRM ?****Fonction réelle d'une variable réelle**

On note  $f$  et  $g$  deux fonctions réelles d'une variable réelle  $x$ .

L'image de  $x$  par la fonction  $f$  est notée  $f(x)$ .

L'ensemble de définition de la fonction  $f$ , noté  $D_f$ , est l'ensemble des nombres réels qui ont une image par  $f$ .

L'ensemble image de la fonction  $f$ , noté  $\text{Im}(f)$ , est l'ensemble de toutes les images par  $f$  des éléments de  $D_f$ .

Le graphe de la fonction  $f$  est l'ensemble des couples  $(x; f(x))$ , où  $x \in D_f$ . La représentation graphique de la fonction  $f$  est la courbe d'équation cartésienne  $y = f(x)$  dans un plan muni d'un système d'axes perpendiculaires.

**Caractéristiques d'une fonction****Zéro**

Le nombre  $a$  est un zéro de la fonction  $f$  si  $f(a) = 0$



Ce cours peut  
être revu en  
vidéo.

**Méthode  
de travail**

Faire les exercices sur des feuilles à part même si cela semble trop facile.

Pour bien réviser, il ne faut pas relire mais refaire les exercices.

Sinon, cela ne rentre pas dans la mémoire à long terme.

Il faut comprendre, s'entraîner et ne pas oublier donc continuer l'entraînement.

## 1.5 Égalités de deux fonctions

Définition : Deux fonctions  $f$  et  $g$  sont **égales** si

- Elles ont la même source  $A$  et le même but  $B$
- Pour tout élément de la source  $A$ ,  $f(x) = g(x)$ .

**Exemple :**

$A = \{-1; 0; 1; 2; 3; 4\}$  ;  $B = \mathbb{R}_+$  et  $f = \{(-1; 1); (0; 0); (1; 1); (2; 4); (3; 9); (4; 16)\}$

et  $g: x \mapsto x^2$  de  $A = \{-1; 0; 1; 2; 3; 4\}$  vers  $\mathbb{R}$ .

$f$  et  $g$  sont égales.

**Contre-exemple :**

$A = \mathbb{R}$  ;  $B = \mathbb{R}$  et  $f(x) = x$

et  $g: x \mapsto \sqrt{x^2}$  de  $\mathbb{R}$  vers  $\mathbb{R}$

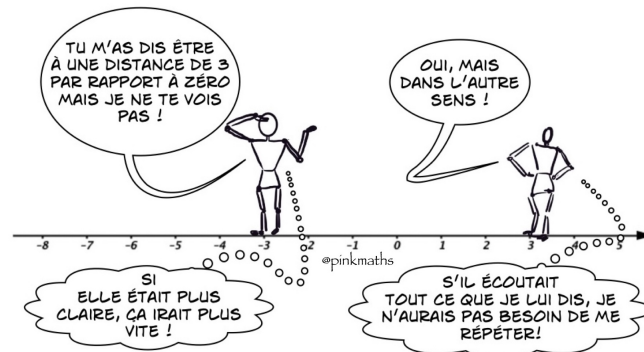
$f$  et  $g$  ne sont pas égales

- Pourquoi ne sont-elles pas égales ?

- Comment les rendre égales ?

## La fonction valeur absolue

Cette fonction est très importante en troisième et quatrième année.



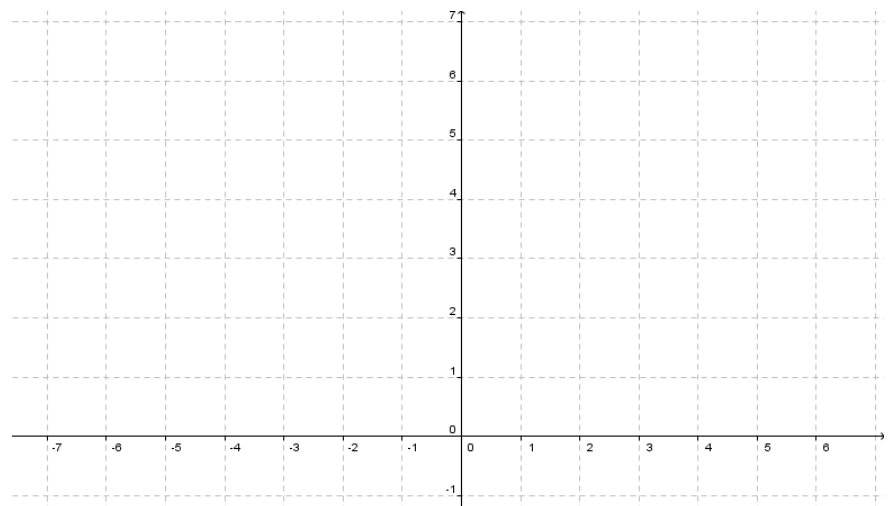
Rappel de la définition algébrique : la valeur absolue est la « distance à zéro ».

Exemples :  $|2| =$   $|-3| =$

Soit la fonction  $f(x) = |x|$   $D_f =$

Calculons quelques images pour la représentation graphique :

| $x$ | $f(x)$ |
|-----|--------|
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |



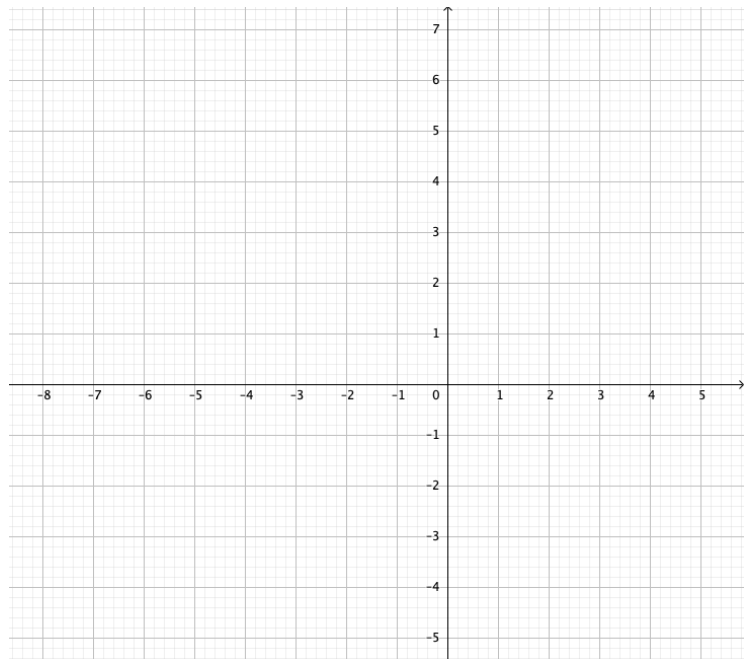
Comment définir  $f(x)$  par morceaux ?

$$f(x) = \begin{cases} & , \text{si } x \\ & , \text{si } x \end{cases}$$

**Remarque :** On peut tracer la fonction  $g(x) = x$  (donc la fonction  $f$  sans la valeur absolue) et ensuite tracer la symétrie de la partie qui passe en dessous de l'axe horizontal par l'axe de symétrie  $Ox$ )

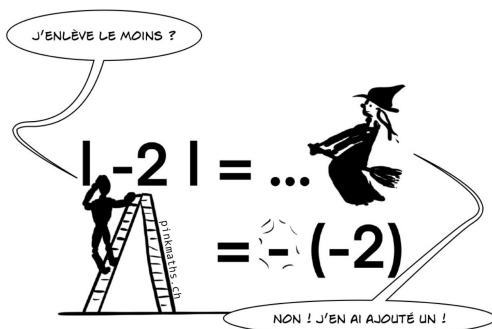
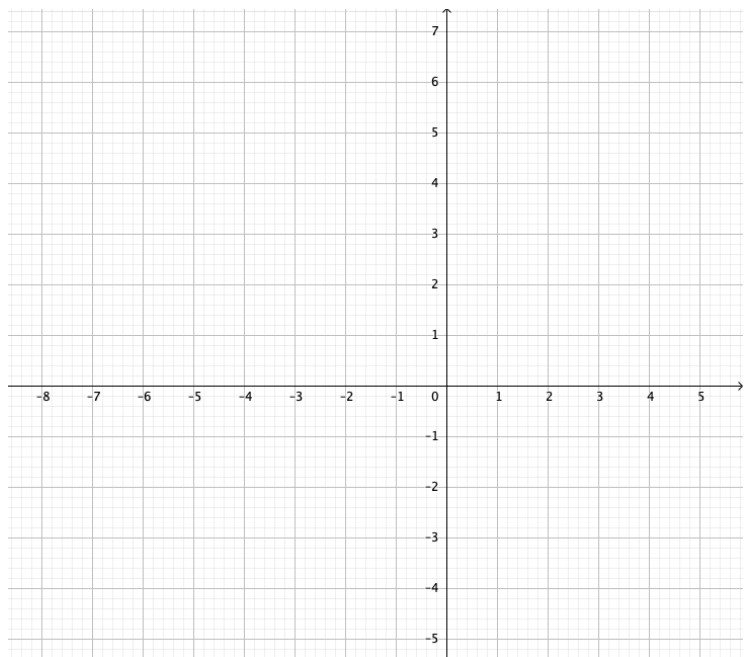
**Exercice :** Calculer quelques images pour représenter la fonction  $g(x) = |x + 1|$ , la représenter et en donner la définition par morceaux.

| $x$ | $g(x)$ |
|-----|--------|
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |



**Exercice :** Calculer quelques images pour représenter la fonction  $h(x) = |x^2 - 1|$ , la représenter et en donner la définition par morceaux.

| $x$ | $h(x)$ |
|-----|--------|
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |
|     |        |



➤ *Notions élémentaires p.39 ex 32*

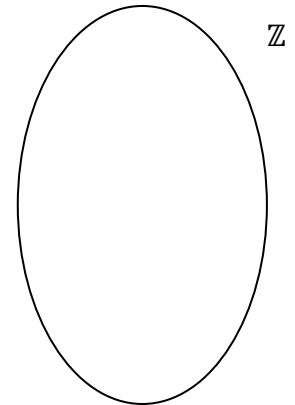
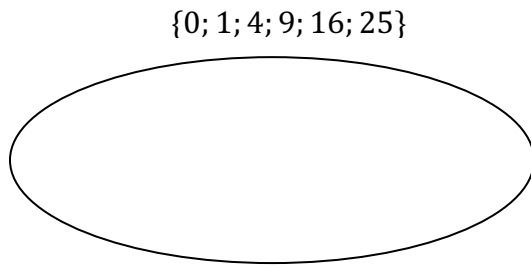


## 1.6 Représentations des fonctions

## a) Diagramme de Venn

On considère la fonction  $f: x \mapsto \sqrt{x}$  de  $\{0; 1; 4; 9; 16; 25\}$  vers  $\mathbb{Z}$ .

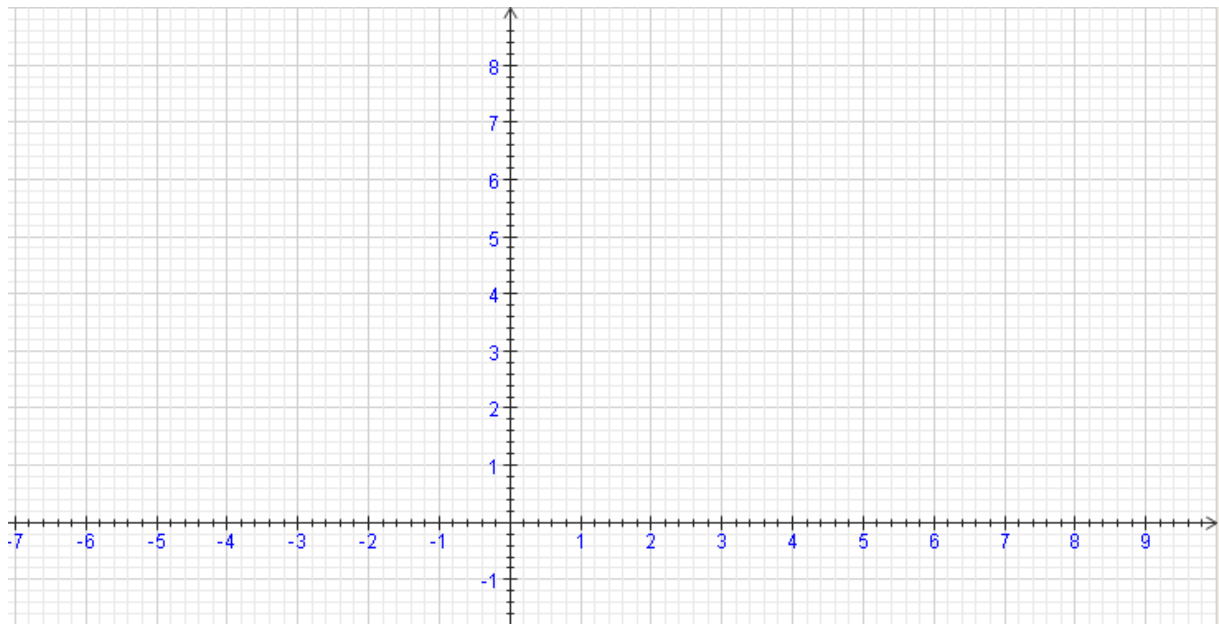
Complétez :



## b) Représentation dans un repère

On considère la fonction  $f: x \mapsto x^2 - 1$  de  $[-2; 3]$  vers  $\mathbb{R}$ .

A compléter :



➤ **Analyse Série 1 exercices 1 à 4**

➤ **Analyse Série 2 exercice 1 a)**

## 2. Opérations sur les fonctions

Ce cours peut  
être revu en  
vidéo.



### a) Multiplication d'une fonction par un nombre

**Définition :** On considère un nombre réel  $\lambda$  et une fonction  $f$  de  $A$  vers  $\mathbb{R}$ . On note  $\lambda f$  la fonction définie par  $\begin{cases} \lambda f: A \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto \lambda \cdot f(x) \end{cases}$  Notation :  $(\lambda f)(x) = \lambda \cdot f(x)$

**Exemple :**  $f(x) = x^2 + 3$  et  $\lambda = 5$

On a :  $(\lambda f)(x) = \lambda \cdot f(x) =$

Remarque :  $(-1)f$  est noté  $-f$

### b) Somme de deux fonctions

**Définition :** On considère deux fonctions  $f$  et  $g$  de même source  $A$ . On appelle **somme de  $f$  et  $g$**  la fonction définie par  $\begin{cases} f + g: A \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto f(x) + g(x) \end{cases}$  Notation :  $(f + g)(x) = f(x) + g(x)$

Pour définir la **soustraction** de deux fonctions :  $f - g = f + (-g)$

**Exemple :**  $f(x) = x^2 + 3$  et  $g(x) = 2x - 4$

On a :  $(f + g)(x) = f(x) + g(x) =$

et  $(f - g)(x) = f(x) - g(x) =$

### c) Produit de deux fonctions

**Définition :** On considère deux fonctions  $f$  et  $g$  de même source  $A$ .  
On appelle **produit de  $f$  et  $g$**  la fonction définie par  $\begin{cases} f \cdot g: A \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto f(x) \cdot g(x) \end{cases}$   
Notation :  $(f \cdot g)(x) = fg(x) = f(x) \cdot g(x)$

**Exemple :**  $f(x) = x^2 + 3$  et  $g(x) = 2x - 4$

On a :  $(f \cdot g)(x) = fg(x) = f(x) \cdot g(x) =$

## d) Quotient de deux fonctions

*Définition :*

On considère deux fonctions  $f$  et  $g$  de même source  $A$ . La fonction  $g$  n'admet pas de zéro dans  $A$ . On appelle **quotient** de  $f$  par  $g$  la fonction définie par

$$\begin{cases} \frac{f}{g}: A \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto \frac{f(x)}{g(x)} \end{cases}$$

Notation :  $\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)}$

**Exemple :**  $f(x) = x^2 + 3$  et  $g(x) = 2x - 4$

On a :  $\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)} =$

## e) Composée de deux fonctions

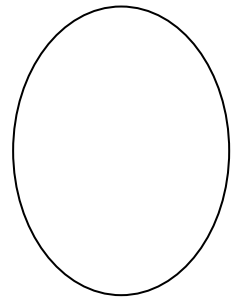
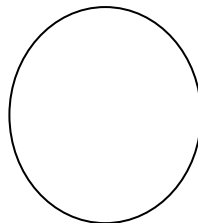
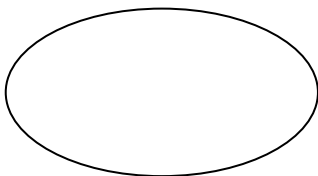
*Définition :*

On considère une fonction  $f$  de  $A$  vers  $B$  et une fonction  $g$  de  $B$  vers  $C$ .  
On appelle **composée de  $f$  et de  $g$**  notée  $g \circ f$ , lu «  $g$  rond  $f$  » définie par :

$$\begin{cases} g \circ f: A \rightarrow C \\ x \mapsto g(f(x)) \end{cases}$$

Notation :  $(g \circ f)(x) = g(f(x))$

Diagramme de Venn :



**Exemple :**  $f(x) = x^2 + 3$  et  $g(x) = 2x - 4$

On a :  $(g \circ f)(x) = g(f(x)) =$

et  $(f \circ g)(x) = f(g(x)) =$

On remarque donc que :

Exemple :  $f$  et  $g$  sont deux fonctions de  $\mathbb{R}$  vers  $\mathbb{R}$

Soient les fonctions  $f: x \mapsto x + 1$  et  $g: x \mapsto x^2$

Effectuons la composition :  $x \xrightarrow{f} (x + 1) = u \xrightarrow{g} u^2 = (x + 1)^2$

Autre notation :  $(g \circ f)(x) = g(f(x)) = g(x + 1) = (x + 1)^2$  ;

Donc :  $g \circ f: x \mapsto (x + 1)^2$  de  $\mathbb{R}$  vers  $\mathbb{R}$

Effectuons la composition dans l'autre sens :  $f \circ g: x \xrightarrow{g} x^2 = u \xrightarrow{f} u + 1 = x^2 + 1$

On constate que :  $g \circ f \neq f \circ g$

Exemple :  $f(x) = x^2 - x$  et  $g(x) = \sqrt{x + 1}$

On a :  $(g \circ f)(x) = g(f(x)) =$

et  $(f \circ g)(x) = f(g(x)) =$

Que peut-on trouver dans la table CRM ?

### Opérations sur les fonctions

|                                      |                   |                                                   |
|--------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------|
| Addition                             | $f + g$           | $(f + g)(x) = f(x) + g(x)$                        |
| Soustraction                         | $f - g$           | $(f - g)(x) = f(x) - g(x)$                        |
| Multiplication                       | $f \cdot g$       | $(f \cdot g)(x) = f(x)g(x)$                       |
| Multiplication par un réel $\lambda$ | $\lambda \cdot f$ | $(\lambda \cdot f)(x) = \lambda f(x)$             |
| Division                             | $\frac{f}{g}$     | $\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)}$ |
| Composition                          | $g \circ f$       | $(g \circ f)(x) = g(f(x))$                        |



➤ Analyse Série 1 exercices 5 à 7

### 3. Propriétés des opérations sur les fonctions

1. L'addition et la multiplication des fonctions sont **commutatives** :

$$f + g = g + f \text{ et } f \cdot g = g \cdot f$$

2. L'addition, la multiplication et la composition des fonctions sont **associatives** :

$$(f + g) + h = f + (g + h)$$

$$(f \cdot g) \cdot h = f \cdot (g \cdot h)$$

$$(f \circ g) \circ h = f \circ (g \circ h)$$

3. **Élément neutre** :

- a) La fonction nulle :  $k_0: x \mapsto 0$  est l'élément neutre pour l'addition des fonctions :

$$k_0 + f = f + k_0 = f$$

- b) La fonction constante 1 :  $k_1: x \mapsto 1$  est l'élément neutre pour la multiplication des fonctions :  $k_1 \cdot f = f \cdot k_1 = f$

- c) La fonction identité :  $Id: x \mapsto x$  est l'élément neutre pour la composition des fonctions :

$$Id \circ f = f \circ Id = f$$

Ces définitions vous sembleront bien naturelles mais en 4<sup>ème</sup> année, vous découvrirez des objets qui ne bénéficieront pas de toutes les propriétés citées ci-dessus.



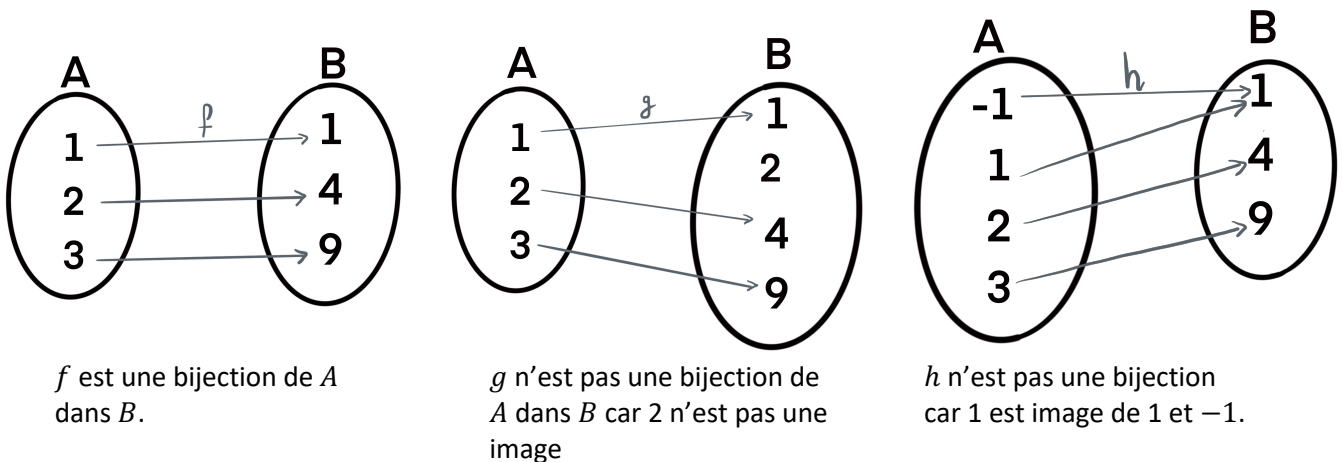
**Exemples :**

## 4. Fonctions bijectives

### Définition :

Une fonction  $f: A \rightarrow B$  est une **bijection** si chaque élément de  $B$  est image d'un et un seul élément de  $A$ .

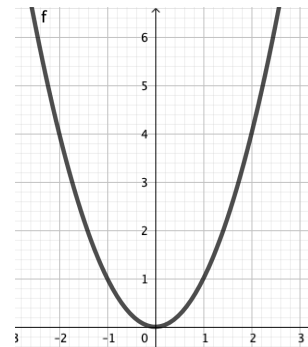
### Exemple 1 :



### Exemple 2 :

La fonction  $f: \begin{cases} \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \\ x \mapsto x^2 \end{cases}$  n'est pas une bijection,

car .....



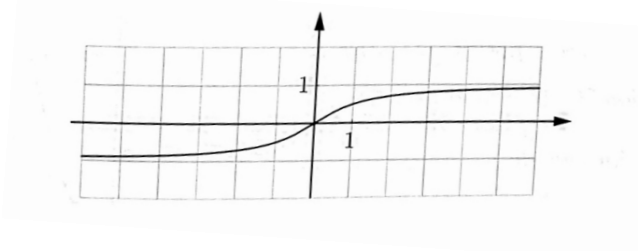
Mais la fonction  $f: \begin{cases} \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+ \\ x \mapsto x^2 \end{cases}$  est une bijection.

### Exemple 3 :

La fonction  $f$  dont le graphe est donné ci-dessous n'est pas une bijection de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$ ,

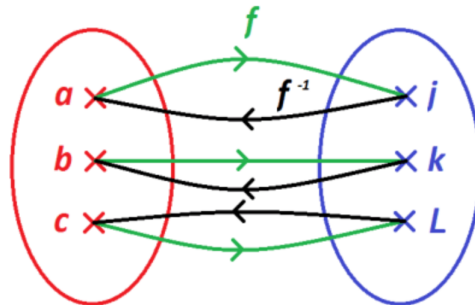
Car : .....

Mais elle est une bijection de ..... dans .....



## 5. Application réciproque

Si une application  $f$  fait correspondre à tout élément  $x$  de la source un élément  $y$  du but, la réciproque fera correspondre à tout élément  $y$  du but l'élément  $x$  qui est sa préimage : cela n'est possible que si ce  $x$  existe et est unique, c'est-à-dire si  $f$  est bijective.



Définition :

Soit  $f$  une application bijective de  $A$  dans  $B$ .  
L'application réciproque de  $f$ , notée  ${}^r f$ , de  $B$  dans  $A$  sera définie par :  
$${}^r f(y) = x \Leftrightarrow f(x) = y$$

Théorème :

Soient  $f$  une application bijective de  $A$  dans  $B$  et  ${}^r f$  sa réciproque de  $B$  dans  $A$ .  
Alors  $(({}^r f) \circ f)(x) = x$  et  $(f \circ ({}^r f))(y) = y$



Exemple : Déterminons la réciproque de la bijection :  $f : x \mapsto -4x + 5$

$$y = -4x + 5$$

$$y - 5 = -4x$$

$$x = \frac{y - 5}{-4} = -\frac{5 - y}{-4} = \frac{5 - y}{4} = {}^r f(y)$$

donc :  ${}^r f(x) = \frac{5-x}{4}$

Vérifions :  ${}^r f(f(x)) = \frac{5 - (-4x + 5)}{4} = \frac{5 + 4x - 5}{4} = \frac{4x}{4} = x$

**Exercice :** Déterminer la réciproque de  $f : x \mapsto -3x + 1$  de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$ , une bijection.

Comment trouver la réciproque d'une fonction ?

| Exemple 1                  | Méthode                      | Exemple 2                                      |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|
| $f(x) = 2x - 6$            | Fonction de départ           | $f(x) = x^2$                                   |
| $2x - 6 = y$               | Remplacer $f(x)$ par $y$     | $x^2 = y$                                      |
| $x = \frac{y+6}{2}$        | Isoler $x$                   | $x = \pm\sqrt{y}$                              |
| ${}^rf(y) = \frac{y+6}{2}$ | Remplacer $x$ par ${}^rf(y)$ | ${}^rf(y) = \pm\sqrt{y}$                       |
| ${}^rf(x) = \frac{x+6}{2}$ | Remplacer $y$ par $x$        | ${}^rf(x) = \sqrt{x}$<br>$A = B = [0; \infty[$ |

Comment vérifier que l'on a la bonne réciproque ?

| Exemple 1                                                                        | A vérifier        | Exemple 2                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| $f({}^rf(x)) = f\left(\frac{x+6}{2}\right) = 2\frac{x+6}{2} - 6 = x + 6 - 6 = x$ | $f({}^rf(x)) = x$ | $f(\sqrt{x}) = (\sqrt{x})^2 = x$ |
|                                                                                  | ${}^rf(f(x)) = x$ |                                  |

**Exercice :** Soit  $f(x) = -4x + 7$ .

- Déterminer la réciproque de  $f$ .
- Vérifier que c'est la bonne réciproque.

Plus d'exercices ? Livre NE p. 17 ex 26

**Notation :** L'application réciproque est parfois notée  $f^{-1}$  au lieu de  ${}^r f$  mais cette notation peut prêter à confusion car  $f^{-1}$  peut aussi signifier :  $\frac{1}{f}$ .

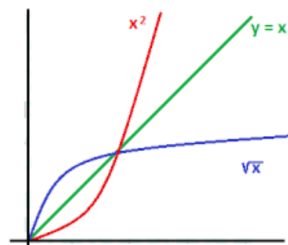
**Remarque :**

$f$  étant une bijection,  ${}^r f$  est nécessairement aussi une bijection.

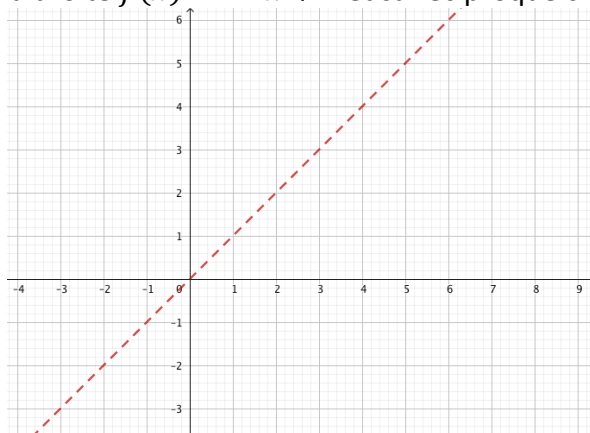
Il existe une propriété graphique reliant une application  $f$  et sa réciproque  ${}^r f$  :

La représentation graphique de  $f$  et de sa réciproque sont symétriques par rapport à la droite  $y = x$

**Exemple :** Soit  $f: x \mapsto x^2$  dans  $\mathbb{R}_+$  dans  $\mathbb{R}_+$ . La réciproque de  $f$  est :  ${}^r f: y \mapsto \sqrt{y}$



**Exemple :** Représenter la droite  $f(x) = -4x + 2$  et sa réciproque ci-dessous :



**Méthode :**

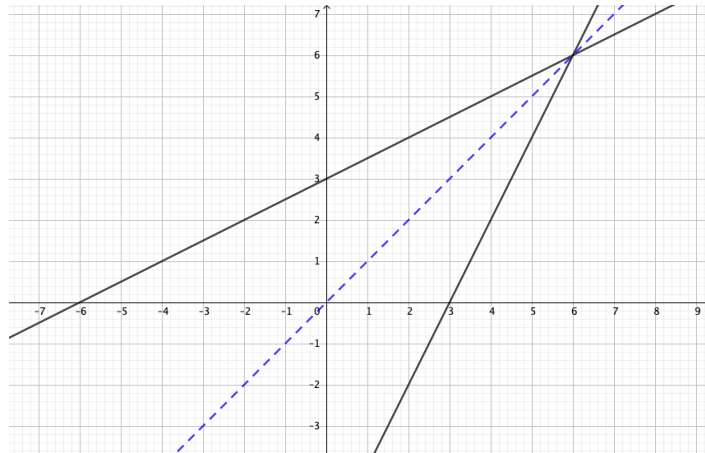
- 1) Représenter  $f$
- 2) Représenter  $y = x$
- 3) Effectuer la symétrie de  $f$  par rapport à  $y = x$ , c'est  ${}^r f$

- **Analyse Série 2 exercices 4 à 7 + Série 3**
- **Notions élémentaires p. 17 ex 26 à 29**

Représentation graphique :  $f$  et sa réciproque sont symétriques par rapport à  $y = x$

**Exemple 1 :**

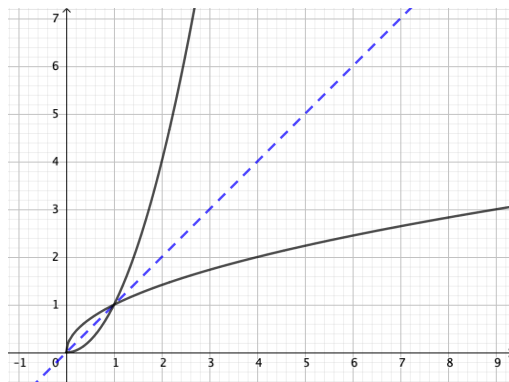
$$f(x) = 2x - 6 \text{ et } {}^r f(x) = \frac{x+6}{2} \quad A = B = \mathbb{R}$$



**Exemple 2 :**

$$f(x) = x^2 \text{ et } {}^r f(x) = \sqrt{x}$$

avec  $A = B = [0; \infty[$

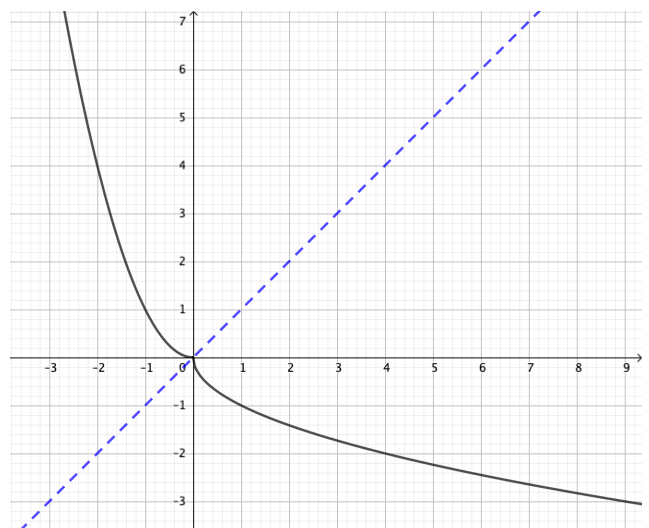


**Remarque :** on peut aussi trouver une autre réciproque : selon ce qui a été choisi comme A et B. Pour rappel : la fonction  $f$  doit être bijective pour avoir une réciproque.

$$x^2 = y \text{ avec } A = ]-\infty; 0] \text{ et } B = [0; \infty[$$

$$x = -\sqrt{y} = {}^r f(y)$$

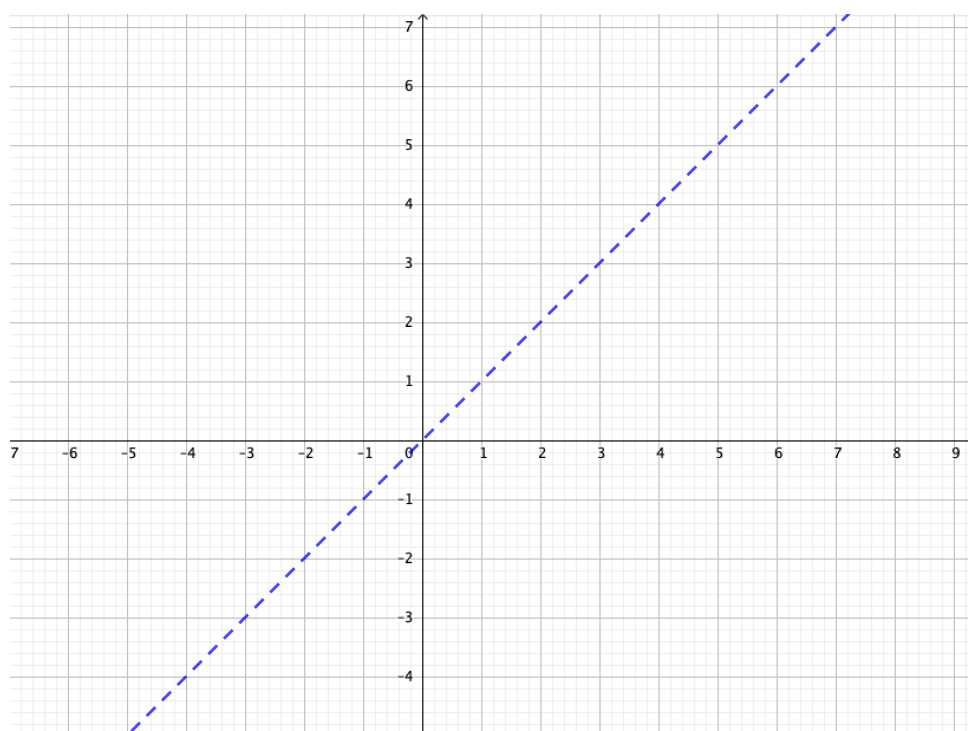
Donc  ${}^r f(x) = -\sqrt{x}$



**Exercice :** Soit  $f(x) = -4x + 3$

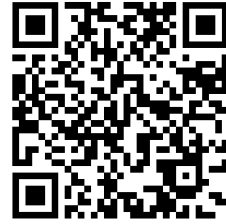
a) Déterminer algébriquement la réciproque de  $f(x)$ .

b) Représenter graphiquement  $f(x) = -4x + 3$  et sa réciproque.



Nous allons maintenant étudier des fonctions particulières :

- fonctions exponentielles,
- fonctions logarithmiques,



- fonctions polynomiales,



- fonctions rationnelles et



- fonctions trigonométriques.



Assurez-vous de bien comprendre les notions de :

*Domaine, zéros, ordonnée à l'origine, représentation graphique, bijection, réciproque et composition de fonctions.*

**Toutes ces notions reviennent dans les prochains chapitres.**

## Table des matières

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Motivation .....</b>                                     | <b>2</b>  |
| <b>Matériel .....</b>                                       | <b>2</b>  |
| <b>1. Fonctions .....</b>                                   | <b>4</b>  |
| 1.1 Rappels : .....                                         | 4         |
| 1.2 Exemples de fonctions .....                             | 5         |
| 1.3 Contre-exemples (ne sont pas des fonctions) .....       | 5         |
| 1.4 Définitions et rappels .....                            | 6         |
| .....                                                       | 9         |
| .....                                                       | 9         |
| 1.5 Égalités de deux fonctions .....                        | 10        |
| La fonction valeur absolue .....                            | 11        |
| 1.6 Représentations des fonctions .....                     | 13        |
| a) Diagramme de Venn .....                                  | 13        |
| b) Représentation dans un repère .....                      | 13        |
| <b>2. Opérations sur les fonctions .....</b>                | <b>14</b> |
| a) Multiplication d'une fonction par un nombre .....        | 14        |
| b) Somme de deux fonctions .....                            | 14        |
| c) Produit de deux fonctions .....                          | 14        |
| d) Quotient de deux fonctions .....                         | 15        |
| e) Composée de deux fonctions .....                         | 15        |
| Diagramme de Venn : .....                                   | 15        |
| Exemple : .....                                             | 16        |
| <b>3. Propriétés des opérations sur les fonctions .....</b> | <b>17</b> |
| <b>4. Fonctions bijectives .....</b>                        | <b>18</b> |
| <b>5. Application réciproque .....</b>                      | <b>19</b> |
| Définition : .....                                          | 19        |
| Théorème : .....                                            | 19        |
| Exemple : .....                                             | 19        |
| Comment trouver la réciproque d'une fonction ? .....        | 20        |
| Comment vérifier que l'on a la bonne réciproque ? .....     | 20        |
| Notation : .....                                            | 21        |
| <b>Injections, surjections et bijections .....</b>          | <b>26</b> |
| 1. Injections .....                                         | 27        |
| Exemple : .....                                             | 27        |
| Contre-exemple : .....                                      | 28        |
| 2. Surjections .....                                        | 29        |
| Contre-exemple : .....                                      | 29        |
| Exemple : .....                                             | 30        |
| Définition : .....                                          | 30        |
| 3. Bijections .....                                         | 31        |
| Remarque : .....                                            | 31        |
| Résumé : .....                                              | 32        |

# ANNEXE

---

## Injections, surjections et bijections

---

Dans certains cas, il est bon de décomposer la notion de bijection en deux notions. Nous pouvons les démontrer algébriquement ou les observer graphiquement.

Pour chaque notion, il y aura donc une définition, des exemples à démontrer ainsi que des contre-exemples et reformulations en français.

$$f: \begin{cases} A & \rightarrow B \\ x & \mapsto f(x) \end{cases}$$

Pour définir une application de  $A$  dans  $B$ , nous avons uniquement considéré ce qu'il advenait des éléments de la source  $A$  :

*"f est une fonction si chaque élément de A possède une et une seule image dans B."*

On ne s'est en revanche pas préoccupé des éléments du but  $B$ . Nous allons maintenant affiner notre étude des applications en considérant certaines d'entre elles selon leur comportement au but.

## 1. Injections

Définition :

Une application  $f$  de  $A$  vers  $B$  est une **injection** si et seulement si tout élément  $y$  du but  $B$  possède **au maximum une** préimage  $x$  dans  $A$ .

Remarque :

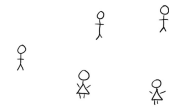
Si  $f$  est une injection, tous les éléments du but possèdent 0 ou 1 préimage.

Pour vérifier qu'une application est injective, il faut donc montrer qu'aucun élément du but ne possède plus d'une préimage.

Mais pour vérifier qu'une application n'est pas injective, il suffit de trouver un élément du but qui possède plus de 1 préimage.

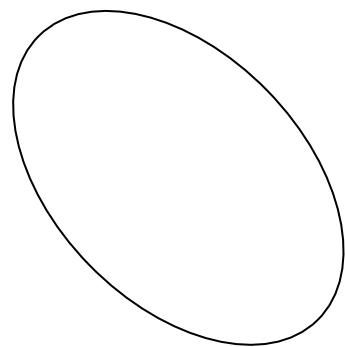
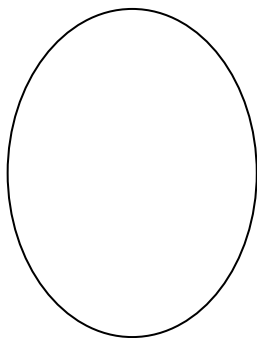
**Injectif :**

Chaque client aimerait une chambre sans la partager avec un autre client.



$f: A \rightarrow B$  est **injective** si  
 $\forall x_1, x_2 \in A, x_1 \neq x_2 \Rightarrow f(x_1) \neq f(x_2)$

Exemple d'une fonction **Injective** :



Pour vérifier si  $f$  est injective, il suffit de résoudre l'équation  $f(a) = f(b)$  pour voir si l'on peut trouver des éléments  $a$  et  $b$  du but différents mais qui ont la même image. Si oui,  $f$  n'est pas injective ; si non  $f$  est injective.

Exemple : Montrons que  $f : x \mapsto -4x + 5$  de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  est bien injective.

$$f(a) = f(b) \Leftrightarrow -4a + 5 = -4b + 5 \Leftrightarrow -4a = -4b \Leftrightarrow a = b$$

**Exercice :** Montrons que  $f : x \mapsto 3x - 9$  de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  est bien injective.



**Contre-exemple :** Montrons que  $f : x \mapsto (x + 1)^2$  n'est pas injective.

$$(a + 1)^2 = (b + 1)^2 \Leftrightarrow a + 1 = \pm(b + 1)$$

Comme on trouve :  $a = b$  et  $a = -b - 2$ , la fonction n'est pas injective.

Un contre-exemple suffirait :  $f(1) = f(-3) = 4$

**Exercice :** Montrer que  $f(x) = x^2 - 1$  n'est pas injective

#### Méthode algébrique :

Pour vérifier si  $f$  est injective, on vérifie que chaque  $y$  de  $B$  possède 0 ou 1 préimage (mais pas plus !)

1) On prend un élément du but, on dit qu'il est l'image de  $a$  en le notant :  $f(a)$

2) On dit que c'est aussi l'image de  $b$  :  $f(b)$

3) On pose donc :  $f(a) = f(b)$

4) En résolvant l'équation, on vérifie si cet élément de  $B$  possède une seule préimage (injectif) ou plus (pas injectif)

2 possibilités :

- On obtient que  $a = b$ , on n'a trouvé qu'une préimage possible  
-> **fonction injective**
- On obtient  $a = b$  ou  $a \neq b$ , on a trouvé 2 préimages différentes  
-> **fonction non-injective**

**Méthode numérique :** (si on sait que la fonction ne sera pas injective) :

Calculer un contre-exemple où on a la même image pour deux préimages différentes

## 2. Surjections

Définition :

Une application  $f$  de  $A$  vers  $B$  est une **surjection** si et seulement si tout élément  $y$  du but  $B$  possède **au minimum une** préimage  $x$  dans  $A$ .

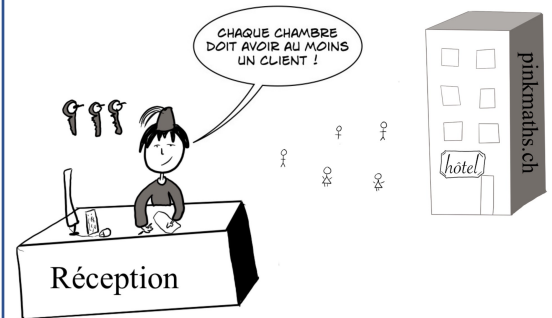
Remarque :

Si  $f$  est une surjection, chaque élément du but possède 1 préimage ou plus.

Pour vérifier qu'une application est surjective, il faut montrer qu'aucun élément du but ne possède pas de préimage par  $f$ .

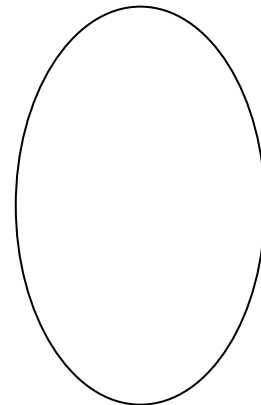
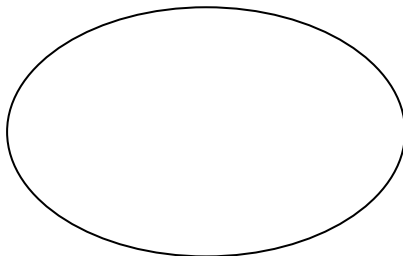
Mais pour vérifier qu'une application n'est pas surjective, il suffit de trouver un élément du but qui ne possède pas de préimage.

Surjectif:



$f: A \rightarrow B$  est **surjective** si  
 $\forall y \in B \exists x \in A \mid f(x) = y$

Exemple d'une fonction **surjective** :



Pour vérifier si  $f$  est surjective, il suffit de résoudre l'équation  $f(x) = y$  pour voir si l'on peut trouver un élément  $x$  de la source pour n'importe quel élément  $y$  du but. Si oui,  $f$  est surjective ; si non  $f$  n'est pas surjective.

Contre-exemple : Montrons que  $f: x \mapsto (x + 1)^2$  de  $A = \mathbb{R}$  vers  $B = \mathbb{R}$  n'est pas surjective.

$$\begin{aligned} y &= (x + 1)^2 \\ \pm\sqrt{y} &= x + 1 \\ x &= -1 \pm \sqrt{y} \end{aligned}$$

Domaine :  $y \geq 0$  donc  $D = [0; \infty[$  or  $B = \mathbb{R}$

**Exercice :** Montrons que  $f: x \mapsto (x + 1)^2$  de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  n'est pas surjective.

**Exemple :** Montrons que  $f: x \mapsto -4x + 5$  de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  est bien surjective.

$$\begin{aligned} y &= -4x + 5 \\ y - 5 &= -4x \\ x &= \frac{y - 5}{-4} \end{aligned}$$

Domaine  $D = \mathbb{R} = B$  donc  $f$  est surjective.

**Exercice :** Montrons que  $f: x \mapsto 3x - 9$  de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  est bien surjective.

**Méthode algébrique :**  $f: A \rightarrow B$

- 1)  $f(x) = y$
- 2) Isoler  $x$
- 3)  $x = ***$
- 4) Déterminer le domaine de \*\*\*
  - Si le domaine  $= B$  (ensemble d'arrivée de  $f$ ) alors  $f$  est surjective
  - Si le domaine  $\neq B$  alors non.

**Définition :**

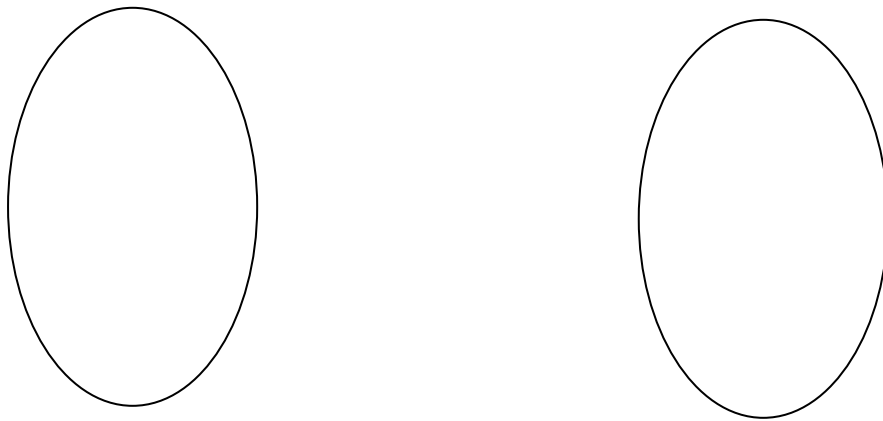
Soient  $f$  et  $g$  deux applications telles que  $f: A \rightarrow B$  et  $g: A' \rightarrow B'$  avec  $A' \subset A$ .  
On définit  $g$  est la **restriction** de  $f$  à  $A'$ , ou  $f$  est un **prolongement** de  $g$  à  $A$  si, et seulement si, pour tout  $x \in A'$ , on a que  $f(x) = g(x)$ .

### 3. Bijections

**Définition :**

Une application  $f$  de  $A$  vers  $B$  est une **bijection** si et seulement si  $f$  est à la fois une **injection** et une **surjection**.

Exemple d'une fonction **bijective** :



Remarque :

- Pour vérifier qu'une application est bijective, il faut montrer qu'elle est d'une part injective, d'autre part surjective.

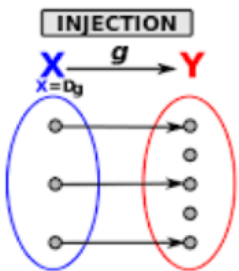
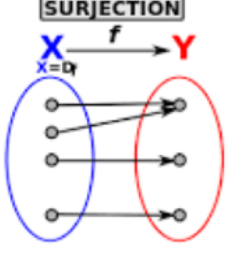
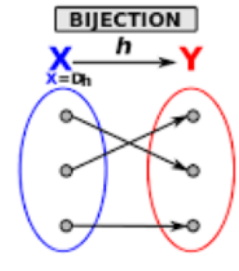
Si  $f$  est une bijection tous les éléments du but possèdent une et une seule préimage.

**Exercice :**

a) Est-ce que  $f(x) = 2x - 3$  est une bijection ?

b) Est-ce que  $x^2 - 4$  est une bijection ?

## Résumé :

|                   | Injectif                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Surjectif                                                                                                                                                                                                                                                    | Bijectif                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Français          | Une application de $A$ vers $B$ est <b>injection</b> si et seulement si tout élément $y$ du but $B$ possède <b>au maximum une</b> préimage $x$ dans $A$                                                                                                                                                                                         | Une application $f$ de $A$ vers $B$ est <b>surjection</b> si et seulement si tout élément $y$ du but $B$ possède <b>au minimum une</b> préimage $x$ dans $A$ .                                                                                               | Une application $f$ de $A$ vers $B$ est une <b>bijection</b> si et seulement si $f$ est à la fois une <b>injection</b> et une <b>surjection</b> .                                                                 |
| Maths             | $f(x_1) = f(x_2) \Rightarrow x_1 = x_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $\forall y \in B \exists x \in A \text{ tel que } f(x) = y$                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |
| Diagramme de Venn |                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                |
| Graphique         | Pour vérifier qu'une application est injective, il faut montrer qu'aucun élément du but ne possède plus d'une préimage. Mais pour vérifier qu'une application n'est pas injective, il suffit de trouver un élément du but qui ne possède pas que 0 ou 1 préimage. Si $f$ est une injection, tous les éléments du but possèdent 0 ou 1 préimage. | Pour vérifier qu'une application est surjective, il faut montrer qu'aucun élément du but ne possède moins d'une préimage. Mais pour vérifier qu'une application n'est pas surjective, il suffit de trouver un élément du but qui ne possède pas de préimage. | Pour vérifier qu'une application est bijective, il faut montrer qu'elle est d'une part injective, d'autre part surjective. Si $f$ est une bijection tous les éléments du but possèdent une et une seule préimage. |

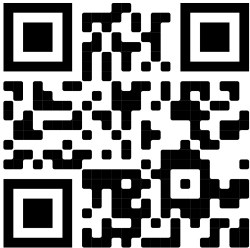
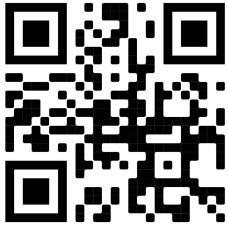
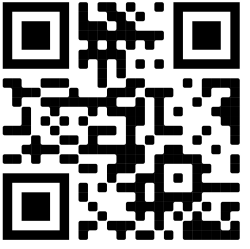
➤ **Analyse Série 1 exercice 9 + Série 2 exercices 1 à 3**

➤ **Notions élémentaires p.16 ex 25**

|                                                                                           |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Théorie p. 6 à 8<br/>(Domaine)</p>                                                     |    |
| <p>(valeur absolue)<br/>Théorie p. 9<br/><b>&amp; Notions élémentaires p.39 ex 32</b></p> |     |
| <p>Théorie p. 9 à 11</p>                                                                  |   |
| <p>Théorie p. 16- 18<br/>(Bijectif, Réciproque)</p>                                       |  |

Ce cours peut  
être revu en  
vidéo.



| Savoir faire                                                                                                                   | Série          | Livre<br>Notions<br>élémentaires    | Vidéo pour réviser                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Déterminer le domaine, les zéros, l'ordonnée à l'origine d'une fonction : par calcul ou lecture graphique                      | AS1 ex 1, 2, 3 | p.10-13<br>ex 11 à 13<br>ex 16, 17, |    |
| Représenter graphiquement une fonction par morceau (exemple : la fonction valeur absolue)                                      | AS1 ex 4       | p.39 ex 31-32<br>p.56 ex 9-11       |    |
| Effectuer des opérations sur les fonctions                                                                                     | AS1 ex 5 à 7   |                                     |   |
| Effectuer la composition de fonctions et la décomposition                                                                      | AS3            | Ex 24<br>p.16                       |  |
| Déterminer si une fonction est bijective et restreindre son ensemble de départ et d'arrivée pour rendre une fonction bijective | AS2            | p.17<br>p. 36 ex 19                 |  |
| Déterminer la fonction réciproque d'une fonction bijective (algébriquement et graphiquement)                                   |                |                                     |                                                                                       |
| Vérifier qu'une fonction est bien la fonction réciproque d'une fonction donnée (composition de fonctions)                      |                |                                     |                                                                                       |