

## Généralités sur les fonctions

### 1 Limite d'une fonction à l'infini

#### 1.1 Limite finie à l'infini

**Définition :**

Dire qu'une fonction  $f$  a pour limite le nombre réel  $\ell$  en  $+\infty$  signifie que tout intervalle ouvert contenant  $\ell$  contient .....

On note  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \ell$ .

**Remarque :**

On définit de façon analogue  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \ell$ .

**Graphiquement :**

Lorsque  $f$  a pour limite  $\ell$  en  $+\infty$  (resp. en  $-\infty$ ), on dit que, dans un repère, la droite d'équation  $y = \ell$  est .....

**Exemples :**

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x} = \dots \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x^2} = \dots \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{\sqrt{x}} = \dots$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{1}{x} = \dots \quad \lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{1}{x^2} = \dots$$

#### 1.2 Limite infinie à l'infini

**Définition :**

Dire qu'une fonction  $f$  a pour limite  $+\infty$  en  $+\infty$  signifie que tout intervalle de la forme  $]A; +\infty[$ , avec  $A$  réel, contient .....

On note  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = +\infty$ .

**Remarque :**

On définit de manière analogue  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = -\infty$ ,  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = +\infty$ ,  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty$ .

**Exemples :**

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} x = \dots \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} x^2 = \dots \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} x^3 = \dots \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{x} = \dots$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} x = \dots \quad \lim_{x \rightarrow -\infty} x^2 = \dots \quad \lim_{x \rightarrow -\infty} x^3 = \dots$$

## 2 Limite infinie d'une fonction en un réel $a$

### 2.1 Limite infinie

**Définition :**

Dire qu'une fonction  $f$  a pour limite  $+\infty$  en  $a$  signifie que tout intervalle de la forme  $]A; +\infty[$ , avec  $A$  réel, contient .....

On note  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = +\infty$ .

**Remarque :**

On définit de façon analogue  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = -\infty$ .

### 2.2 Limite à droite ou à gauche

**Définition :**

Dire qu'une fonction  $f$  a pour limite  $+\infty$  en  $a$  à droite (resp. à gauche) signifie que tout intervalle de la forme  $]A; +\infty[$ , avec  $A$  réel, contient .....

$x$  restant strictement supérieur à  $a$  (resp. strictement inférieur à  $a$ ).

On note  $\lim_{\substack{x \rightarrow a \\ x > a}} f(x) = +\infty$  ou  $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x) = +\infty$ .

(resp.  $\lim_{\substack{x \rightarrow a \\ x < a}} f(x) = +\infty$  ou  $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x) = +\infty$ ).

**Remarque :**

On définit de façon analogue  $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x) = -\infty$  et  $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x) = -\infty$ .

**Graphiquement :**

**Définition :** lorsque  $f$  a pour limite  $+\infty$  (ou  $-\infty$ ) en  $a$ , (ou à droite en  $a$  ou à gauche en  $a$ ), on dit que la droite d'équation  $x = a$  est .....

**Exemples :**

$$\lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ x > 0}} \frac{1}{x} = \dots$$

$$\lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ x < 0}} \frac{1}{x} = \dots$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x^2} = \dots$$

$$\lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ x > 0}} \frac{1}{\sqrt{x}} = \dots$$

## 3 Détermination de limites

### 3.1 Limites et opérations

Les principaux résultats sur les calculs de limites ont été vus avec les suites.

On retient qu'on ne peut pas conclure directement dans les cas des formes indéterminées, du type :

.....

**Exemple de recherche de limites :**

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R} \setminus \{2\}$  par  $f(x) = 1 + \frac{1}{x-2}$

Limite en  $+\infty$  :

Limite en  $2^+$  et en  $2^-$  :

### 3.2 Limite d'une composée

Pour décrire une fonction, on peut parfois la décomposer en enchaînements de fonctions plus simples.

$$x \xrightarrow{u} u(x) \xrightarrow{v} v(u(x))$$

$$x \xrightarrow{v \circ u} v(u(x))$$

**Définition :**

Soient deux fonctions  $u$  et  $v$  définies sur deux ensembles  $I$  et  $J$  tels que l'image de  $I$  par  $u$  soit contenue dans  $J$  :  $u(I) \subset J$ .

La fonction obtenue en appliquant successivement  $u$ , puis  $v$ , s'appelle la .....

Elle est notée  $v \circ u$ , ou parfois  $v(u)$ .

Pour tout réel  $x$  de  $I$  :  $v \circ u(x) = \dots$

**Théorème :**

$a, b$  et  $c$  désignent trois réels, ou  $+\infty$  ou  $-\infty$ .

Si on a  $\lim_{x \rightarrow a} u(x) = b$  et  $\lim_{x \rightarrow b} v(x) = c$  alors  $\lim_{x \rightarrow a} v \circ u(x) = \dots$

**Exemple :**

Soit  $f(x) = (-2x + 1)^2$ .

On peut décomposer  $f$  en enchaînement de fonctions :

On a :

### 3.3 Limite et comparaisons

On dispose de théorèmes analogues à ceux déjà vus pour les suites.

**Théorème :**

Soient deux fonctions  $f$  et  $g$  définies sur un intervalle de la forme  $]a; +\infty[$  telles que pour tout réel  $x > a$ , on ait  $f(x) \leq g(x)$ .

Minoration : si  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = +\infty$ , alors  $\lim_{x \rightarrow +\infty} g(x) = \dots$

Majoration : si  $\lim_{x \rightarrow +\infty} g(x) = -\infty$ , alors  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \dots$

**Théorème des gendarmes :**

On considère trois fonctions  $f$ ,  $g$  et  $h$  définies sur un intervalle de la forme  $]a; +\infty[$  telles que pour tout réel  $x > a$ , on ait  $g(x) \leq f(x) \leq h(x)$ .

On suppose que  $\lim_{x \rightarrow +\infty} g(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} h(x) = \ell$ , où  $\ell$  est un nombre réel.

Alors ..... .

**Remarque :** on obtient des théorèmes analogues en  $-\infty$ .

## 4 Continuité

### 4.1 Notion intuitive de continuité

Une fonction définie sur un intervalle  $I$  est continue sur  $I$  si sa courbe représentative ne présente aucune rupture (on peut la tracer sans lever le crayon de la feuille).

**Exemples :**

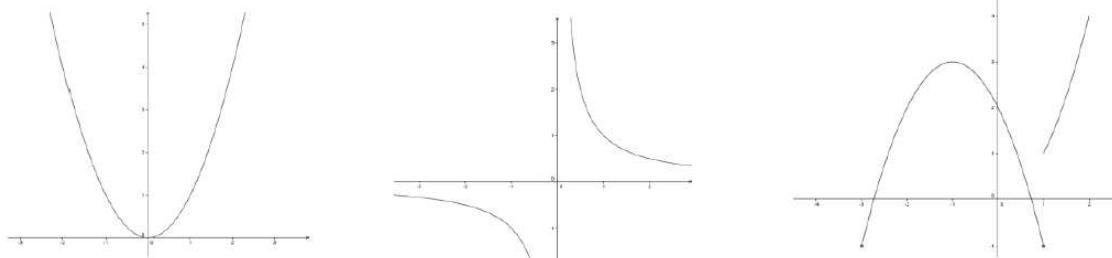


FIGURE 1 – La fonction carré, la fonction inverse et une fonction  $f$

La fonction carré est continue sur  $\mathbb{R}$ , la fonction inverse est continue sur  $]-\infty; 0[$  et sur  $]0; +\infty[$  mais n'est pas continue sur  $\mathbb{R}$ .  $f$  est définie mais pas continue sur  $[-3; 2]$ ; il y a une rupture en  $x = 1$ .

**Théorème (admis) :**

Une fonction dérivable sur un intervalle  $I$  est ..... sur  $I$ .

**Attention :** ne pas confondre " continuité " et " dérivabilité " :

- Une fonction  $f$  est continue en  $a$  si sa courbe  $C_f$  ne présente pas de ..... .
- Une fonction  $f$  est dérivable en  $a$  si sa courbe  $C_f$  admet une tangente ..... .

**Remarque :**

La réciproque de ce théorème est ..... : les fonctions valeur absolue et racine carrée, par exemple, ne sont pas dérivables en 0 mais sont continues en 0, respectivement sur  $\mathbb{R}$  et sur  $[0; +\infty[$ .

**Conséquences :**

- Les fonctions "usuelles" (affines, carré, cube, racine carrée, inverse, valeur absolue) sont continues sur .....
- Les fonctions construites à partir de ces fonctions par somme, produit ou composition sont continues sur .....

**4.2 Théorème des valeurs intermédiaires****Convention dans un tableau de variations :**

Une flèche dans le tableau de variations d'une fonction  $f$  indique :

- la stricte croissance ou stricte décroissance de  $f$  sur l'intervalle correspondant ;
- la .....

**Théorème des valeurs intermédiaires :**

Soit  $f$  une fonction continue sur un intervalle  $I$   
et  $a$  et  $b$  deux réels de  $I$ .

Pour tout  $k$  compris entre  $f(a)$  et  $f(b)$ ,  
il existe .....

Autrement dit,  $f$  prend, entre  $a$  et  $b$ ,  
toute .....

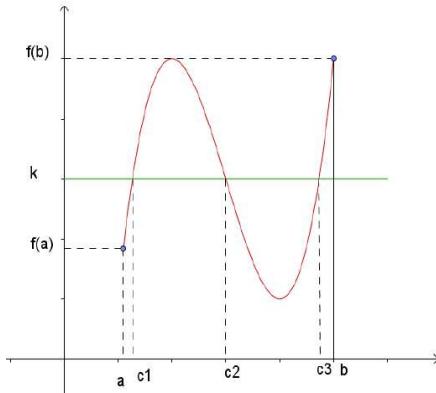


Illustration graphique

**Corollaire :**

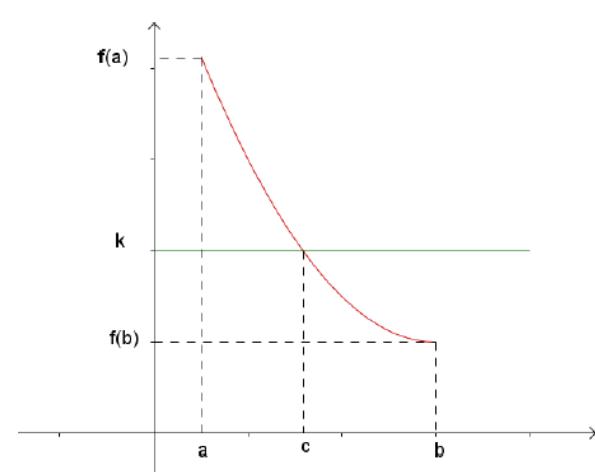
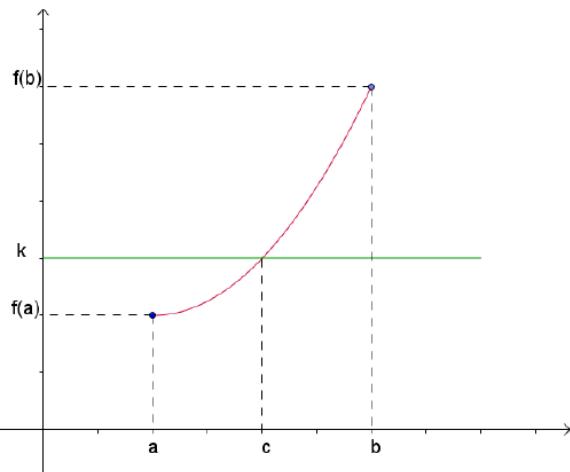
Soit  $f$  une fonction continue et strictement monotone sur un intervalle  $[a; b]$ . Pour tout réel  $k$  compris entre  $f(a)$  et  $f(b)$ , l'équation  $f(x) = k$  admet .....

**Remarque :**

Ce corollaire s'étend au cas d'intervalles ouverts ou semi-ouverts, bornés ou non bornés en remplaçant si besoin  $f(a)$  et  $f(b)$  par les limites de  $f$  en  $a$  et en  $b$ .

**Illustration graphique :**

- Cas où  $f$  est strictement croissante
- Cas où  $f$  est strictement décroissante



## 5 Calcul de dérivées

### 5.1 Dérivée de $x \mapsto f(ax + b)$

**Théorème :**

On considère une fonction  $f$  dérivable sur un intervalle  $I$  et deux réels  $a$  et  $b$  fixés. On note  $J$  l'intervalle formé des réels  $x$  tels que  $(ax + b) \in I$ , et la fonction  $g : x \mapsto f(ax + b)$ .

Alors la fonction  $g$  est dérivable sur  $J$  et, pour tout  $x$  de  $J$  :

$$g'(x) = \dots$$

### 5.2 Dérivée de $x \mapsto \sqrt{u(x)}$ et $x \mapsto (u(x))^n$

**Propriété 1 :**

On considère une fonction  $u$  strictement positive et dérivable sur un intervalle  $I$ . La fonction  $g : x \mapsto \sqrt{u(x)}$  est dérivable sur  $I$  et, pour tout réel  $x$  de  $I$  :

$$g'(x) = \dots$$

On retient :  $(\sqrt{u})' = \dots$

**Propriété 2 :**

Soit  $u$  une fonction définie et dérivable sur un intervalle  $I$ , et soit  $n$  un entier naturel.

- Si  $n \geq 1$ , alors la fonction  $u^n$  est dérivable sur  $I$  et  $(u^n)' = \dots$
- Si  $n \geq 1$ , alors la fonction  $\frac{1}{u^n}$  est dérivable pour tout réel  $x$  tel que  $u(x) \neq 0$  et :  
$$\left(\frac{1}{u^n}\right)' = \dots \text{ que l'on note aussi : } (u^{-n})' = \dots$$

**Remarque :** ces deux propriétés sont des cas particuliers de la dérivée d'une fonction composée  $x \mapsto v(u(x))$ . On admettra le résultat général :  $(v \circ u)' = (v(u(x)))' = \dots$

**Preuve de la propriété 2 :**