# Dérivation



## I RAPPELLES

### 1 Dérivé en un point

**Activité**

Déterminer $\lim\limits_{x\to a}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}$ dans les cas suivants :

$f(x)=3x^2-x+2$ et $a=-2$ $\qquad$ $f(x)=\dfrac{2x^2+1}{x-1}$ et $a=2$ $\qquad$ $f(x)=\sqrt{x}$ et $a=0$

$f(x)=|x|$ et $a=0^+$ $\qquad$ $f(x)=|x|$ et $a=0^-$

D — Définition

Soit $f$ une fonction numérique définie sur un intervalle ouvert $I$ et $a\in I$.

On dit que la fonction $f$ est **dérivable** en $a$ si la limite $\boxed{\lim\limits_{x\to a}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}=l}$ où bien $\boxed{\lim\limits_{h\to 0}\dfrac{f(a+h)-f(a)}{h}=l}$ ; $l\in\mathbb{R}$ (limite finie) est un **nombre réel**.

Dans ce cas on appellera cette limite le **nombre dérivé** de la fonction $f$ en $a$ et se note $f'(a)$.

D — Définition

Soit $f$ une fonction numérique définie sur un intervalle ouvert $I$ et $a\in I$.

♠ On dit que la fonction $f$ est dérivable à droite en $a$ si : $\boxed{\lim\limits_{x\to a^+}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}=l}$ $l\in\mathbb{R}$ (limite finie) et se note $f'_d(a)$.

♠ On dit que la fonction $f$ est dérivable à droite en $a$ si : $\boxed{\lim\limits_{x\to a^-}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}=l}$ $l\in\mathbb{R}$ (limite finie) et se note $f'_g(a)$.

#### • Propriété

$f$ est dérivable en $a$ si est seulement si $f$ est dérivable à droite en $a$, est dérivable à gauche en $a$ et $f'_d(a)=f'_g(a)$. c'est-à-dire $\lim\limits_{x\to a^-}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}=\lim\limits_{x\to a^+}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}$

#### • Propriété

Si $f$ est une fonction dérivable en $a$ alors $f$ est continue en $a$.

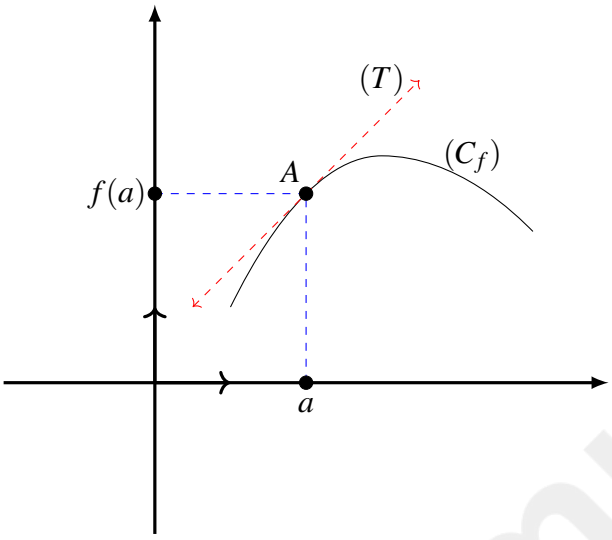


Yassine Hamri

## 2 Interprétation géométrique du nombre dérivé

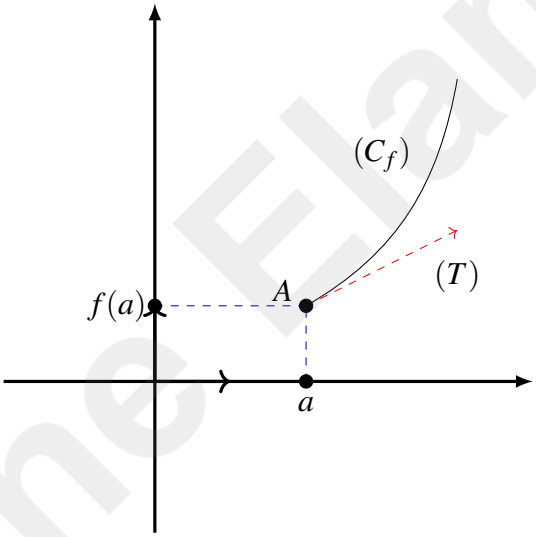
♣ Si $f$ est dérivable en $a$ alors $(C_f)$ admet une tangente en $A(a;f(a))$ d'équation :

$$y = f'(a)(x-a)+f(a).$$



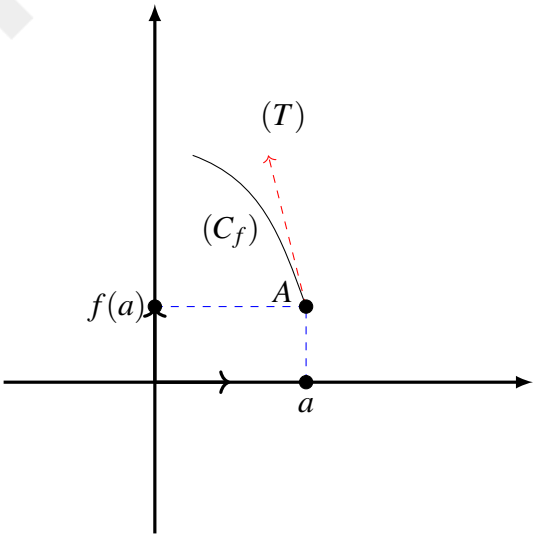

♣ Si $f$ est dérivable à droite en $a$ alors $(C_f)$ admet une demi-tangente en $A(a;f(a))$ d'équation :

$$\begin{cases} y = f'_d(a)(x-a)+f(a) \\ x \geq a \end{cases}$$




♣ Si $f$ est dérivable à gauche en $a$ alors $(C_f)$ admet une demi-tangente en $A(a;f(a))$ d'équation :

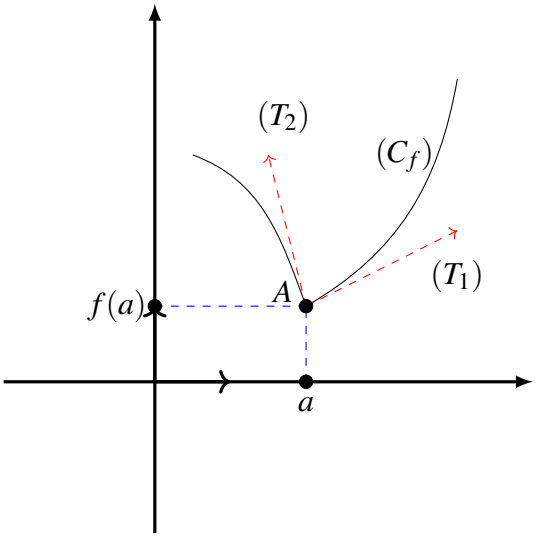
$$\begin{cases} y = f'_g(a)(x-a)+f(a) \\ x \leq a \end{cases}$$



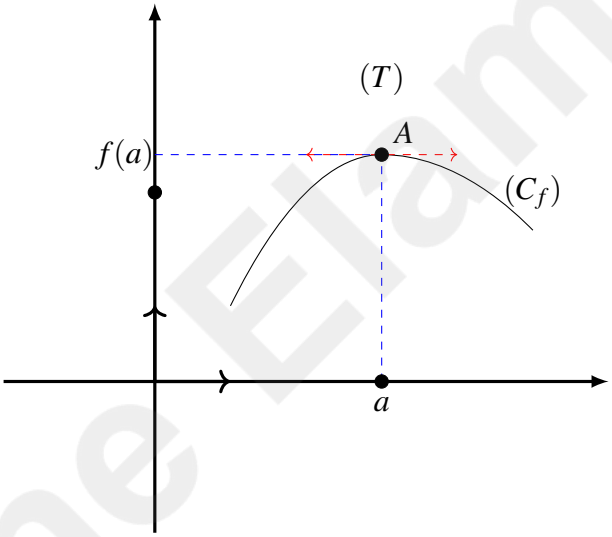

Yassine Elamri

♣ Si $f$ est dérivable à droite en $a$ et à gauche en $a$ et $f'_d(a) \neq f'_g(a)$

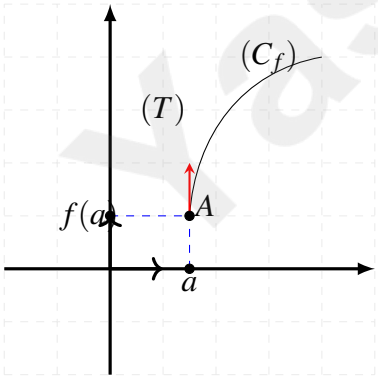
Alors $A(a;f(a))$ est un **point anguleux**



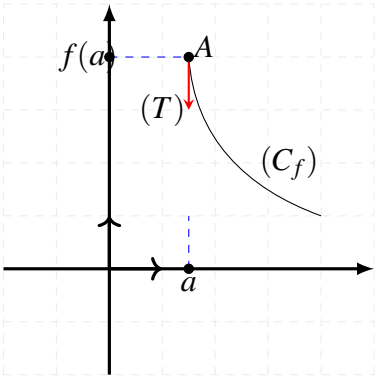

♣ Si $\lim\limits_{x\to a}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}=0$ la courbe admet au point d'abscisse $a$ une tangente horizontale d'équation : $y=f(a)$ .




♣ Si $\lim\limits_{x\to a^{\pm}}\dfrac{f(x)-f(a)}{x-a}=\pm\infty$ alors $f$ n'est pas dérivable à droite (à gauche) en $a$, Cependant, la courbe admet au point d'abscisse $a$ une demi-tangente verticale.

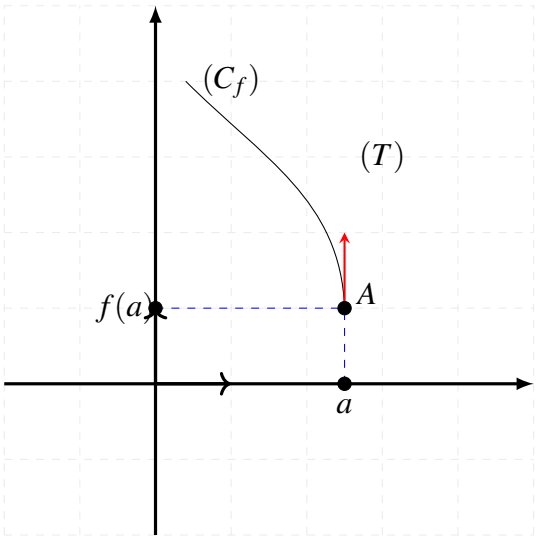



$$\lim_{x\to a^+}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}=+\infty$$

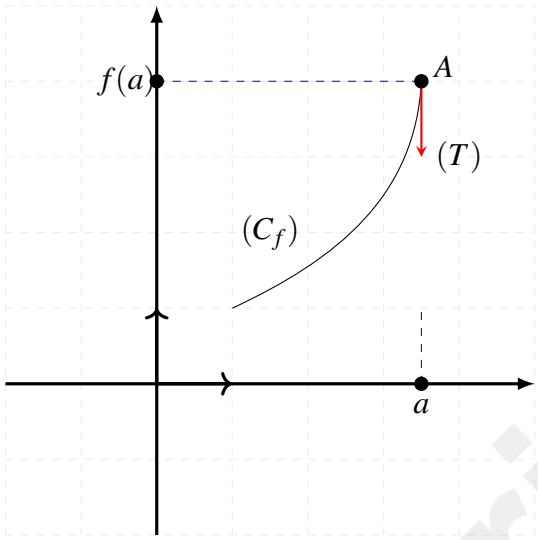



$$\lim_{x\to a^+}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}=-\infty$$

Yassine Elamri




$$\lim_{x\to a^-}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}=-\infty$$




$$\lim_{x\to a^-}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}=\infty$$

**Application**

Étudier la dérivabilité de $f$ en $a$ et donner une interprétation géométrique du résultat dans les cas suivantes :

1 $(a=1)$ et $\begin{cases} f(x)=\sqrt{x};;x\geq 1 \\ f(x)=\dfrac{1}{4}x^2+\dfrac{3}{4};;x<1 \end{cases}$

2 $(a=1)$ et $\begin{cases} f(x)=(1+x)\sqrt{1-x^2};;0\leq x\leq 1 \\ f(x)=\sqrt{x^3-x};;x>1 \end{cases}$

3 $(a=0)$ et $\begin{cases} f(x)=3x^2+x;;x<0 \\ f(x)=-2x^2+3x;;x\geq 0 \end{cases}$

## II Les opérations sur les fonction dérivées.

D Définition

Soit $f$ une fonction définie sur un intervalle $I$.

► On dit que $f$ est dérivable sur $I$ si elle est dérivable en tout réel $x$ de $I$. Dans ce cas, la fonction qui à tout réel $x$ de $I$ associe le nombre dérivé de $f$ en $x$ est appelée fonction dérivée de $f$ et se note $f'$.

► On dit que $f$ est dérivable sur $[a;b]$ si elle est dérivable sur $]a;b[$ , dérivable à droite en $a$ et dérivable à gauche en $b$.

### • Propriété

► Toute fonction **polynôme** est dérivable sur $\mathbb{R}$.

► Toute fonction **rationnelle** est dérivable sur tout intervalle inclus dans son ensemble de définition.

Yassine Elamri

► Les deux fonctions $x \mapsto \sin x$ et $x \mapsto \cos x$ sont dérivables sur $\mathbb{R}$.
► La fonction $x \mapsto \sqrt{x}$ est dérivable sur $]0;+\infty[$ .

## • Propriété

| La fonction $f$ | La fonction $f'$ | $f$ est dérivable sur $I$ |
|---|---|---|
| $x \mapsto k;;(k \in \mathbb{R})$ | $0$ | $\mathbb{R}$ |
| $x \mapsto x^n;;(n \in \mathbb{N}^*)$ | $x \mapsto nx^{n-1};;(n \in \mathbb{N}^*)$ | $\mathbb{R}^*$ |
| $x \mapsto \dfrac{1}{x}$ | $x \mapsto -\dfrac{1}{x^2}$ | $\mathbb{R}^*$ |
| $x \mapsto \sqrt{x}$ | $x \mapsto \dfrac{1}{2\sqrt{x}}$ | $\mathbb{R}_+^*$ |
| $x \mapsto \cos x$ | $x \mapsto -\sin x$ | $\mathbb{R}$ |
| $x \mapsto \sin x$ | $x \mapsto \cos x$ | $\mathbb{R}$ |
| $x \mapsto \tan(x)$ | $x \mapsto 1+\tan^2(x)$ | $\mathbb{R} \setminus \{\frac{\pi}{2}+k\pi / k \in \mathbb{Z}\}$ |

### a Opération sur les fonctions dérivées

## • Propriété

Soit $f$ une fonction dérivable sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ .
★ Si $(\forall x \in I)\,;\, f'(x) \geqslant 0$ $(f'(x) > 0)$, alors la fonction $f$ est croissante (strictement croissante) sur $I$.
★ Si $(\forall x \in I)\,;\, f'(x) \leq 0$ $(f'(x) < 0)$, alors la fonction $f$ est décroissante (strictement décroissante) sur $I$.
★ Si $(\forall x \in I)\,;\, f'(x) = 0$, alors la fonction $f$ est constante sur $I$.

**Application**

Étudier le domaine de dérivation de $f$ et déterminer sa fonction dérivée dans les cas suivants :

1) $f(x) = x^2 + 3x - 1$ 2) $f(x) = 4\sin(x)$ 3) $f(x) = x^4\cos(x)$
4) $f(x) = \sqrt{x} + x^3$ 5) $f(x) = \dfrac{1}{\sqrt{x}}$ 6) $f(x) = \dfrac{6}{4x^2+3x-1}$
7) $f(x) = (x^2+1)^5$ 8) $f(x) = \sqrt{x^2+1}$ 9) $f(x) = \dfrac{2x}{1+x^2}$

## 1 Dérivé et variations d'une fonction- extremums d'une fonction

## • Propriété

Soit $f$ une fonction dérivable sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ .
★ Si $(\forall x \in I)\,;\, f'(x) \geqslant 0$ $(f'(x) > 0)$, alors la fonction $f$ est croissante (strictement croissante) sur $I$.
★ Si $(\forall x \in I)\,;\, f'(x) \leq 0$ $(f'(x) < 0)$, alors la fonction $f$ est décroissante (strictement décroissante) sur $I$.
★ Si $(\forall x \in I)\,;\, f'(x) = 0$, alors la fonction $f$ est constante sur $I$.

Yassine Elamri

## • Propriété

$f$ est dérivable sur un intervalle ouvert $I$ et $a \in I$.
Si $f'$ s'annule en $a$ en changeant de signe, alors $f(a)$ est un extremum local de la fonction $f$ sur $I$.

# III DÉRIVATION DE LA COMPOSITION DE DEUX FONCTIONS

**Activité**

Soient $f$ et $g$ deux fonctions définies sur $\mathbb{R}$ par :
$f(x) = \cos(x)$ $\quad$ $g(x) = x^2 - 2x$

1. Déterminer $f'(x)$ et $g'(x)$ pour tout $x$ de $\mathbb{R}$.
2. Déterminer $f'(x) \times g'(f(x))$ pour tout $x$ de $\mathbb{R}$.
3. On pose $h(x) = g \circ f(x)$.
   a. Déterminer $h(x)$ puis $h'(x)$ pour tout $x$ de $\mathbb{R}$.
   b. Que remarquez-vous ?

**T Théorème**

Soient $f$ est une fonction définie sur $I$ et $g$ une fonction définie sur $J$ tel que $f(I) \subset J$ ; et $a \in I$

- Si $f$ est dérivable en $a$ et $g$ est dérivable en $f(a)$, alors $g \circ f$ est dérivable sur en $a$
- Si $f$ est dérivable sur $I$ et $g$ est dérivable sur $J$, alors $g \circ f$ est dérivable sur $I$ et on a :
  $\boxed{(\forall x \in I);;(g \circ f)'(x) = f'(x) \times g'(f(x))}$

**Application**

Déterminer les fonctions dérivées des fonctions suivantes :

1. $f : x \mapsto \cos\left(\dfrac{4}{x^2+4}\right)$
2. $g : x \mapsto \sin\left(x^2 - \dfrac{2}{3}x + 4\right)$
3. $h : x \mapsto \tan(\cos(x))$

# IV Dérivation de la fonction réciproque

## • Propriété

Soit $f$ une fonction **continue** et **strictement monotone** sur un intervalle $I$ et $J = f(I)$ et $a \in I$ .

- Si $f$ est dérivable en $a$ et $f'(a) \neq 0$ alors $f^{-1}$ est dérivable en $f(a)$.
  Et on a : $\boxed{(f^{-1})'(f(a)) = \dfrac{1}{f'(a)}}$

Yassine Flamri

▶ Si $f$ est dérivable en $y_0$ et $f'(y_0) \neq 0$ alors $f^{-1}$ est dérivable en $x_0 = f(y_0)$.

Et on a : $\boxed{(f^{-1})'(x_0) = \dfrac{1}{f'(f^{-1}(x_0))}}$

**Preuve**

Soit $f$ une fonction continue et strictement monotone sur un intervalle $I$. tel que $(\forall x \in I\,;; f'(x) \neq 0$
Sachant que : $(\forall x \in J)\,;; (f \circ f^{-1})(x) = x)$
Donc : $(\forall x \in J)\,;; (f \circ f^{-1})'(x) = (f^{-1})'(x) \times f'(f^{-1}(x)) = 1$
D'où : $(\forall x \in J)\,;; (f^{-1})'(x) = \dfrac{1}{f'(f^{-1}(x))}$

**Application**

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

1. Vérifier que $(\forall x \in \mathbb{R}^+)\ f(x) = (\sqrt{x} - 1)^2$
2. Calculer : $\lim\limits_{x \to +\infty} f(x)$
3. Étudier la continuité de $f$ sur $\mathbb{R}^+$
4. Étudier la dérivabilité de $f$ à droite de 0 , puis interpréter le résultat obtenu
   a. Montrer que : $(\forall x \in ]0, +\infty[)\ f'(x) = \frac{\sqrt{x}-1}{\sqrt{x}}$
   b. Étudier les variations de $f$ sur $D_f$, puis donner le tableau de variations de $f$
   c. Déterminer une équation cartésienne de la droite tangente de la courbe représentative de $f$ au point d'abscisse 4
5. Soit $g$ la restriction de fonction $g$ sur l'intervalle $[1, +\infty[$
   a. Montrer que la fonction $g$ admet une fonction réciproque $g^{-1}$ définie sur un intervalle $J$ à déterminer.
   b. Dresser le tableau de variations de la fonction $g^{-1}$
   c. Montrer que la fonction $g^{-1}$est dérivable en 1, puis déterminer $\left(g^{-1}\right)'(1)$
   d. Calculer $\lim\limits_{x \to 4} \frac{\sqrt[3]{x} + g^{-1}(x) - \sqrt[3]{4} - 1}{x - 4}$
   e. Calculer $g^{-1}(x)$ $(\forall x \in J)$

**Application**

soit $f$ une fonction définie par : $f(x) = x^3 + x$

1. Dresser le tableau de variation de $f$.
2. Montrer que $f$ est une bijection de $\mathbb{R}$ vers $\mathbb{R}$ et calculer $f(1)$.
3. Déterminer $(f^{-1})'(2)$.

**Application**

soit $f$ une fonction définie par : $f(x) = x^3 + x^2$

1. Dresser le tableau de variation de $f$.
2. Montrer que $f$ est une bijection de $\mathbb{R}^+$ vers $\mathbb{R}^+$ et calculer $f(1)$.
3. Déterminer $(f^{-1})'(2)$.

Yassine Elamri

## 1 La dérivée de la racine n-ème

### • Propriété

Soit $n$ un entier naturel non nul

► La fonction $x \mapsto \sqrt[n]{x}$ est dérivable sur $]0;+\infty[$ et on a $\boxed{(\forall x \in ]0;+\infty[);;(\sqrt[n]{x})' = \frac{1}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}}$

► Si $f$ une fonction dérivable sur $I$ et strictement positif sur $I$ $(\forall x \in I;;f(x) > 0)$ alors la fonction $x \mapsto \sqrt[n]{f(x)}$ est dérivable sur $I$ et $\boxed{(\forall x \in I);;(\sqrt[n]{f(x)})' = \frac{f'(x)}{n\sqrt[n]{(f(x))^{n-1}}}}$

**Application**

Déterminer les domaines de dérivabilité les fonctions dérivées des fonctions suivantes :

1 $f(x) = \sqrt[3]{3x^2+x-4}$

2 $g(x) = \sqrt[4]{\frac{2x-1}{x^2-x}}$

Yassine Elamri