

Feuille d'exercices n° 9
CONTINUITÉ ET DÉRIVABILITÉ

Exercice 1. Soient $(a, b) \in \mathbf{R}^2$ tel que $a < b$, $x_0 \in]a, b[$ et $f :]a, b[\rightarrow \mathbf{R}$. On suppose que f est continue en x_0 et que $f(x_0) > 0$. Montrer qu'il existe un intervalle ouvert I inclus dans $]a, b[$ et contenant x_0 , tel que $\forall x \in I, f(x) > 0$.

Exercice 2. Étudier la continuité des fonctions suivantes sur leur domaine de définition :

1. $f : [0, 2] \rightarrow \mathbf{R}$ définie par $f(x) = \begin{cases} x^2 & \text{si } 0 \leq x \leq 1 \\ 2x - 1 & \text{si } 1 < x \leq 2. \end{cases}$
2. $f : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ définie par $f(x) = x + \frac{\sqrt{x^2}}{x}$ si $x \neq 0$, et $f(0) = 1$.
3. $f : \mathbf{R}_+ \rightarrow \mathbf{R}$ définie par $f(x) = x E\left(\frac{1}{x}\right)$ si $x \neq 0$, et $f(0) = 1$, où E est la fonction «partie entière».
4. $f : [-2, 2] \rightarrow \mathbf{R}$ définie par $f(x) = x^2 \sin\left(\frac{\pi}{x}\right)$ si $x \neq 0$ et $f(0) = 0$.

Exercice 3.

1. Montrer que si $f : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ est une fonction continue telle que

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = +\infty \quad \text{et} \quad \lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty,$$

alors f est surjective.

2. Soit $P \in \mathbf{R}[X]$ un polynôme de degré impair. Montrer que P admet une racine réelle.
3. Donner un exemple de polynôme à coefficients réels, de degré pair, n'admettant pas de racine réelle.

Exercice 4. Montrer qu'il existe $x \in \left[\frac{3\pi}{4}, \pi\right]$ tel que

$$\tan(x) + \frac{x}{3} = 0.$$

Exercice 5.

1. Soit $f : [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}$ une application continue, telle que $f[[0, 1]] \subseteq [0, 1]$. Montrer que f possède un point fixe.
2. Soit $g : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ une application. On suppose que pour tout $(x, y) \in [0, 1]^2$ tels que $x \neq y$, on a $|g(x) - g(y)| < |x - y|$. Montrer que g admet un unique point fixe.

Exercice 6.

1. Soit $f : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ une fonction continue et périodique. Montrer que f possède un maximum et un minimum.
2. Calculer

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\ln(x)}{x (\sin^8(x) + \cos^{14}(x))}.$$

Exercice 7. Montrer que la fonction $f : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$, $x \mapsto x^2$ n'est pas uniformément continue.

Exercice 8. Le but de cet exercice est de déterminer l'ensemble des applications $f : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ continues qui vérifient la condition

$$(*) : \quad \forall (x, y) \in \mathbf{R}^2, f(x + y) = f(x) f(y).$$

Soit f vérifiant $(*)$.

1. Montrer que : $\forall n \geq 2, \forall (x_1, \dots, x_n) \in \mathbf{R}^n, f(x_1 + \dots + x_n) = f(x_1) \cdots f(x_n)$.
2. Quelles sont les valeurs possibles pour $f(0)$?
3. On suppose qu'il existe $x_0 \in \mathbf{R}$ tel que $f(x_0) = 0$. Que peut-on dire de f ?
On suppose désormais que f ne s'annule pas.
4. Montrer qu'il existe $\alpha \in \mathbf{R}_+^*$ tel que pour tout $n \in \mathbf{N}$, $f(n) = \alpha^n$.
5. Montrer que : $\forall k \in \mathbf{Z}, f(k) = \alpha^k$.
6. Montrer que : $\forall r \in \mathbf{Q}, f(r) = \alpha^r$.
7. Conclure.

Exercice 9. Soit $f : [0, \infty[\rightarrow [0, \infty[$ une fonction continue telle que $f(x)/x$ a une limite réelle $\ell \in [0, 1[$ quand x tend vers ∞ . Montrer que f a un point fixe.

Exercice 10. Soit f continue sur $\mathbf{R}_+$ telle que, pour tout réel positif x , on ait $f(x^2) = f(x)$. Montrer que f est constante.

Exercice 11. Soit $f : \mathbf{R}_+ \rightarrow \mathbf{R}$ continue et admettant une limite réelle quand x tend vers ∞ . Montrer que f est uniformément continue sur $\mathbf{R}_+$.

Exercice 12. Soit $f : [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}$ continue et vérifiant $f(0) = f(1)$.

1. Soit n un entier naturel non nul et soit $a = 1/n$. Montrer que l'équation $f(x + a) = f(x)$ admet au moins une solution.
2. Montrer (en fournissant une fonction précise) que, si a est un réel de $]0, 1[$ qui n'est pas de la forme précédente, il est possible que l'équation $f(x + a) = f(x)$ n'ait pas de solution.