

Chapitre 9. Produit Scalaire et Orthogonalité dans l'Espace. Exercices.

Boulangier Yann

29 janvier 2026

Table des matières

1	Simplification et ensemble de définition	2
2	Équation et inéquation	2
3	Propriétés de la fonction logarithme	3
4	Équations et inéquations bis	4
5	Limites	4
6	Dérivées	5
7	Étude de fonctions	5
8	Suites	6
9	Logarithme décimal	8

1 Simplification et ensemble de définition

Exercice 1

Simplifier les écritures suivantes :

1. $A = e^{\ln 3}$; $B = \frac{e^{3+\ln 8}}{e^{2+\ln 4}}$; $C = \frac{e^{\ln 8}}{e^{3 \ln 2}}$
2. $f(x) = e^{\ln(x-1)+\ln x}$; $g(x) = \ln\left(e^{\frac{1}{x}} + e^{-\ln x}\right)$

Exercice 2

Déterminer les ensembles de définition des fonctions suivantes :

1. $\ln(x^2)$
2. $\ln(1-x)$
3. $\ln(x-3)$
4. $\frac{1}{x \ln(1+x)}$
5. $\frac{1}{\ln x}$
6. $\ln(x^2 + 4x)$
7. $\ln|x^2 - 3x + 2|$
8. $\ln|x+1| - \ln|x-1|$
9. $\ln\left(\frac{x-3}{2-x}\right)$
10. $\ln(e^x - 1)$
11. $e^x + \ln|x|$
12. $\ln e^x - e^{\ln(x+1)}$
13. $e^{\ln(x^2-1)}$

2 Équation et inéquation

Exercice 3

Résoudre les équations suivantes en précisant auparavant leur ensemble de validité :

1. $\ln(2-2x) = 1$
2. $\ln(2-x) = -3$
3. $\ln(x^2 - 8) = 0$
4. $\ln\left(1 - \frac{1}{x}\right) = 2$
5. $e^{x+2} = 3$
6. $e^{\frac{x}{x+1}} = 2$
7. $(e^x + 1)(e^x - 4) = 0$
8. $\ln(3x - 4) = \ln(x^2 - 4)$
9. $\ln(-3x) = \ln(x^2 - 4)$
10. $\ln(x - 2) = \ln 2$
11. $\ln(x - 2) = \ln(x^2 - 2)$

Exercice 4

Résoudre les inéquations suivantes en précisant auparavant leur ensemble de validité :

1. $\ln x < 1$
2. $\ln x \geq 2$
3. $-1 \leq \ln x \leq 2$
4. $\ln(2x - 1) > -1$
5. $e^{x-1} < 2$
6. $e^{\frac{x+1}{x}} > 3$
7. $\frac{1}{2} \leq e^x \leq 2$
8. $(e^x + 1)(e^x - 4) \leq 0$
9. $\ln(x - 2) \leq \ln(2x - 1)$
10. $\ln(-3x) \geq \ln(x^2 - 4)$
11. $\ln(1 + 2x) \geq \ln x$
12. $\ln x \leq \ln(x^2 - 2x)$

3 Propriétés de la fonction logarithme**Exercice 5**

1. Simplifier :

$$a = \ln 3 + \ln \frac{1}{3}; \quad b = \ln \frac{1}{16}; \quad c = 2 \ln 2$$

2. Exprimer les nombres suivants en fonction de $\ln 2$ et $\ln 5$:

$$a = \ln 50; \quad b = \ln \frac{16}{25}; \quad c = \ln 250$$

3. Démontrer que : $\ln(2 + \sqrt{3}) + \ln(2 - \sqrt{3}) = 0$
4. Résoudre les inéquations suivantes d'inconnue n entier naturel :

- (a) $2^n \leq 100$

- (b) $\left(\frac{1}{3}\right)^n \leq 10^{-2}$

- (c) $0,2 \geq \left(\frac{2}{5}\right)^n$

- (d) $\left(1 + \frac{3}{100}\right)^n \geq 2$

Exercice 6

Simplifier au maximum chacun des nombres suivants :

1. $A = \ln e^3 - \ln e^2$

2. $B = \ln \frac{e}{\sqrt{e}}$

3. $C = \ln 2 + \ln(16e) - \ln(4e^2)$

4. $D = \ln(12) - \left(\ln \frac{1}{e}\right)^2$

5. $E = 3(\ln 3 + \ln 5) - \ln 27 - 2 \ln 10 - \ln 14$

4 Équations et inéquations bis

Exercice 7

Résoudre les équations suivantes en précisant auparavant leur ensemble de validité :

1. $2 \ln x = \ln(x + 4) + \ln(2x)$
2. $e^{3x} = 4e^x$
3. $e^{2x} - 5e^x + 4 = 0$
4. $e^{-2x} - 5e^{-x} + 6 = 0$
- 5.

$$\begin{cases} 2 \ln x + \ln y = 7 \\ 3 \ln x - 5 \ln y = 4 \end{cases}$$

Exercice 8

Résoudre les inéquations suivantes en précisant auparavant leur ensemble de validité :

1. $\ln(5 - x) - \ln 3 + \ln(x - 1) \geq 0$
2. $e^{2x} < 2e^x$
3. $e^{x+2} \geq \frac{3}{e^x}$
4. $\ln^2 x - 2 \ln x - 3 \geq 0$
5. $3e^{2x} - 7e^x + 2 < 0$

Exercice 9

Pour tout réel x , on pose : $P(x) = 2x^3 + 5x^2 + x - 2$

1. (a) Vérifier que $P(-1) = 0$
 (b) En déduire une factorisation de $P(x)$
 (c) Résoudre alors linéquation : $P(x) \leq 0$
2. Utiliser les résultats précédents pour résoudre linéquation :

$$2 \ln x + \ln(2x + 5) \leq \ln(2 - x)$$

Exercice 10

On considère léquation $(E_1) : e^x - x^n = 0$

1. Montrer que léquation (E_1) est équivalente à léquation $(E_2) : \ln(x) - \frac{x}{n} = 0$
2. Pour quelles valeurs de n léquation (E_1) admet-elle deux solutions ?

5 Limites

Exercice 11

Déterminer les limites au point considéré :

1. $f(x) = x - \ln x$ en $+\infty$
2. $f(x) = x + 1 + \frac{\ln x}{x}$ en $+\infty$
3. $f(x) = \frac{1}{x} + \ln x$ en 0
4. $f(x) = x + x \ln \left(1 + \frac{1}{x}\right)$ en $+\infty$
5. $f(x) = \ln(e^x + 2)$ en $-\infty$ et $+\infty$
6. $f(x) = \ln \left(\frac{e^x + 1}{2e^x + 3}\right)$ en $-\infty$ et $+\infty$

6 Dérivées

Exercice 12

Pour les fonctions suivantes, calculer la fonction dérivée en ayant donné auparavant leur ensemble de dérivation :

1. $f(x) = \ln(1 + x^2)$
2. $f(x) = \ln\left(\frac{x-1}{x+1}\right)$
3. $f(x) = \ln(\ln x)$
4. $f(x) = \frac{\ln(x+1)}{\ln x}$
5. $f(x) = e^{-x} \ln x$
6. $f(x) = e^x \ln x$
7. $f(x) = \ln(1 + e^x)$
8. $f(x) = \ln(e^{2x} - e^x + 1)$

7 Étude de fonctions

Exercice 13

f est définie sur \mathbb{R}^{+*} par : $f(x) = \frac{\ln x}{x^2}$ et \mathcal{C}_f est sa courbe représentative dans un repère orthonormal.

1. (a) Déterminer les limites de f en 0 et en $+\infty$
(b) Étudier les variations de f et dresser son tableau de variations.
2. (a) On note A le point de \mathcal{C}_f d'abscisse 1. Trouver une équation de la tangente T à \mathcal{C}_f en A .
(b) Construire T , puis \mathcal{C}_f . On prendra comme unité 2cm sur les abscisses et 5 cm sur les ordonnées.
3. M est un point de \mathcal{C}_f . Démontrer que la tangente T_u à la courbe \mathcal{C}_f en M est parallèle à la droite d'équation $y = x$ si, et seulement si :

$$u^3 - 1 + 2 \ln u = 0 \quad (E)$$

4. À partir de l'équation (E), démontrer que A est le seul point de \mathcal{C}_f en lequel la tangente est parallèle à la droite d'équation $y = x$.

Exercice 14

A : Étude d'une fonction auxiliaire

$$g(x) = \frac{2x^2}{x^2 + 1} - \ln(1 + x^2)$$

1. Démontrer que sur l'intervalle $[1; +\infty[$, l'équation $g(x) = 0$ admet une solution unique α et donner pour α un encadrement d'amplitude 10^{-1} .
2. Préciser le signe de $g(x)$ sur l'intervalle $[0; +\infty[$.

B : Étude d'une fonction

$$f(x) = \begin{cases} \ln(1 + x^2) & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \end{cases}$$

1. (a) Quelle est la limite de $\frac{f(x) - f(0)}{x}$ quand x tend vers 0 ?
(b) En déduire que f est dérivable en $x = 0$ et trouver une équation de la tangente T en $x = 0$ à la courbe f .

2. (a) Vérifier que pour tout réel $x > 0$, $f(x) = 2 \ln x + \frac{1}{x} \ln(1 + x^2)$
(b) En déduire la limite en $+\infty$.
3. (a) Démontrer que pour tout réel $x > 0$, $f'(x) = \frac{g(x)}{x^2}$
(b) En déduire les variations de f .
(c) Construire T , puis f . On prendra comme unités : 1 cm sur les abscisses et 4 cm sur les ordonnées.

8 Suites

Exercice 15

(u_n) est la suite définie par :

$$\begin{cases} u_0 = e^3 \\ u_{n+1} = e^{\sqrt{u_n}} \end{cases}$$

On note (v_n) la suite définie pour tout n par : $v_n = \ln u_n - 2$

1. Démontrer que la suite (v_n) est géométrique et préciser v_0 et sa raison r .
2. En déduire v_n , puis $\ln u_n$, en fonction de n .
3. (a) Quelle est la limite de la suite (v_n) ?
(b) En déduire que la suite (u_n) converge vers e^2 .

Exercice 16

Une image numérique en noir et blanc est composée de petits carrés (pixels) dont la couleur va du blanc au noir en passant par toutes les nuances de gris. Chaque nuance est codée par un réel x de la façon suivante :

- $x = 0$ pour le blanc ;
- $x = 1$ pour le noir ;
- $x = 0,01; x = 0,02$ et ainsi de suite jusqu'à $x = 0,99$ par pas de 0,01 pour toutes les nuances intermédiaires.

L'image A, ci-après, est composée de quatre pixels et donne un échantillon de ces nuances avec leurs codes. Un logiciel de retouche dimage utilise des fonctions numériques dites " fonctions de retouche ". Une fonction f définie sur $[0; 1]$ est dite " fonction de retouche " si elle possède les quatre propriétés suivantes :

- $f(0) = 0$;
- $f(1) = 1$;
- f est continue sur $[0; 1]$;
- f est croissante sur $[0; 1]$.

Une nuance codée x est dite assombrie par la fonction f si $f(x) > x$, et éclaircie si $f(x) < x$.

Partie A

1. On considère la fonction f_1 définie sur $[0; 1]$ par : $f_1(x) = 4x^3 - 6x^2 + 3x$
(a) Démontrer que f_1 est une fonction de retouche.
(b) Résoudre graphiquement l'équation $f_1(x) \leq x$, à l'aide du graphique donné ci-après, en faisant apparaître les pointillés utiles. Interpréter ce résultat en termes d'éclaircissement ou d'assombrissement.
2. On considère la fonction f_2 définie sur $[0; 1]$ par : $f_2(x) = \ln[1 + (e - 1)x]$. On admet que f_2 est une fonction de retouche. On définit sur $[0; 1]$ la fonction g par : $g(x) = f_2(x) - x$.

(a) Établir que, pour tout x de $[0; 1]$:

$$g'(x) = \frac{(e-2) - (e-1)x}{1 + (e-1)x}$$

- (b) Déterminer les variations de g sur $[0; 1]$. Démontrer que g admet un maximum en $\frac{e-2}{e-1}$, maximum dont une valeur arrondie au centième est 0,12.
- (c) Établir que l'équation $g(x) = 0,05$ admet sur $[0; 1]$ deux solutions α et β , avec $\alpha < \beta$. On admettra que : $0,08 < \alpha < 0,09$ et que : $0,85 < \beta < 0,86$.

Exercice 17 (Métropole juin 2016)

Partie A

Soit f la fonction définie sur \mathbb{R} par : $f(x) = x - \ln(x^2 + 1)$.

- Résoudre dans \mathbb{R} l'équation : $f(x) = x$.
- Justifier tous les éléments du tableau de variations ci-dessous à l'exception de la limite de la fonction f en $+\infty$ que l'on admet.

x	$-\infty$	1	$+\infty$
$f'(x)$	+	0	+
$f(x)$	$+\infty$	$-\infty$	$+\infty$

- Montrer que, pour tout réel x appartenant à $[0; 1]$, $f(x)$ appartient à $[0; 1]$.
- On considère l'algorithme suivant :

Variables : N, A : entiers

Entrées et initialisation

Lire A

N prend la valeur 0

Traitement

tant que $N - \ln(N^2 + 1) < A$ faire

N prend la valeur $N + 1$

fin

Sorties : Afficher N

- Que fait cet algorithme ?
- Déterminer la valeur N fournie par l'algorithme lorsque la valeur saisie pour A est 100.

Partie B

Soit (u_n) la suite définie par $u_0 = 1$ et, pour tout entier naturel n , $u_{n+1} = u_n - \ln(u_n^2 + 1)$.

- Montrer par récurrence que, pour tout entier naturel n , u_n appartient à $[0; 1]$.
- Étudier les variations de la suite (u_n) .
- Montrer que la suite (u_n) est convergente vers ℓ .
- Déterminer la valeur ℓ de la limite de la suite (u_n) .

9 Logarithme décimal

Exercice 19 (Réaction acide/base)

Lors d'une réaction acide/base, le pH de la solution est donné par :

$$\text{pH} = \text{p}K_A + \log \frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]}$$

où $\text{p}K_A = -\log K_A$, avec $K_A = \frac{[\text{Base}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{Acide}]}$, appelé constante d'équilibre.

On considère une solution contenant divers couples acide/base, dont le couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ avec : $K_A = 6,3 \times 10^{-10}$.

On suppose que, dans cette solution, l'ammoniac est l'espèce prédominante du couple : il y a vingt fois plus de molécules d'ammoniac que d'ions hydronium (NH_4^+).

Déterminer le pH de la solution considérée.

Exercice 20 (Magnitude des étoiles)

Partie A

La loi des magnitudes permet de classer les étoiles selon leur éclat.

La sensibilité de l'œil à la lumière étant logarithmique, on a :

$$m - m' = 2,5 \log \frac{E'}{E}$$

où E et E' sont les éclats respectifs d'une étoile de magnitude apparente m et m' .

1. Soit A et B deux étoiles d'éclats respectifs E_A et E_B .

Comparer leurs magnitudes apparentes sachant que $E_A > E_B$.

2. L'étoile polaire a une magnitude de 2,15, le Soleil de $-26,84$. Évaluer le rapport $\frac{E_S}{E_P}$, où E_S est l'éclat du Soleil et E_P celui de l'étoile polaire.

Partie B

La magnitude absolue M d'une étoile est la magnitude qu'elle aurait si elle était située à 10 parsecs du Soleil (1 parsec = 3,26 années-lumière = $3,08 \times 10^{16}$ m). On démontre que l'on a $m = M - 5 + 5 \log d$, où d est la distance Terre-étoile en parsecs.

1. Calculer la magnitude absolue du Soleil, sachant que la distance Terre-Soleil est de 149 millions de kilomètres.
2. L'étoile Sirius a une magnitude apparente $-1,45$ et une magnitude absolue de 1,42. Déterminer la distance qui sépare cette étoile de la Terre.

Fin de chapitre