



ESCP 1998 Option Eco Mathématiques III

EXERCICE I

Dans tout l'exercice n désignera un entier naturel supérieur ou égal à 2.

1. a) Etudier, suivant la parité de n , le tableau de variations de la fonction f_n définie sur \mathbb{R} par $x \mapsto x^{n+1} + x^n$.
- b) Montrer que dans tous les cas $f_n\left(-\frac{n}{n+1}\right) < 2$.
- c) En déduire, suivant la parité de n , le nombre de solutions de l'équation d'inconnue x :

$$x^{n+1} + x^n = 2.$$

2. On note A la matrice $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$. Montrer qu'il existe une matrice inversible $P \in \mathcal{M}_2(\mathbb{R})$ telle que

$$A = P \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix} P^{-1}.$$

3. On considère l'équation matricielle d'inconnue $X \in \mathcal{M}_2(\mathbb{R})$:

$$(E_n) \quad X^{n+1} + X^n = A.$$

- a) Montrer que la résolution de cette équation peut se ramener à la résolution de l'équation d'inconnue $Y \in \mathcal{M}_2(\mathbb{R})$:

$$(E'_n) \quad Y^{n+1} + Y^n = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}.$$

- b) Soit Y une solution de (E'_n) . On pose $Y = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ et $D = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$.

i. Montrer que $DY = YD$.

ii. En déduire que $b = c = 0$.

iii. Quelles sont les valeurs possibles de a ?

iv. Discuter, suivant les valeurs de n , le nombre de solutions de l'équation (E_n) .

- c) On note μ la solution négative de l'équation numérique $x^4 + x^3 = 2$. Déterminer les solutions de l'équation (E_3) à l'aide de μ .

EXERCICE II

On désigne par λ un paramètre réel strictement supérieur à 1. Soit H l'ensemble des points (x, y) de \mathbb{R}^2 tels que $x > 0$ et soit D l'ensemble des points de H tels que $y \neq 0$.

L'objet de l'exercice est l'étude des extremums de la fonction f définie sur H par

$$f(x, y) = x^\lambda y - y^2 - y \ln(x + 1) + 1.$$

1. Soit ϕ la fonction définie sur $]0, +\infty[$ par $\phi(x) = x^\lambda - \ln(x + 1)$ et ϕ' sa dérivée.

- a) Montrer que l'équation $\phi'(x) = 0$ admet une racine et une seule dans $]0, +\infty[$.
On note b cette racine et on pose $\phi(b) = 2c$. Montrer que $c < 0$.
- b) Montrer que l'équation $\phi(x) = 0$ admet une racine et une seule, notée a , dans $]0, +\infty[$ et que $a > b$.
2. Calculer les dérivées partielles f'_x et f'_y de la fonction f .
3. a) Déterminer l'ensemble des points $(x, y) \in H$ vérifiant $f'_x(x, y) = 0$.
b) Déterminer les points $(x, y) \in H$ vérifiant $f'_x(x, y) = 0$ et $f'_y(x, y) = 0$. On exprimera les solutions (x, y) trouvées à l'aide des nombres a , b et c définis à la question 1.
4. a) Calculer les dérivées partielles secondes de f .
b) Montrer que f admet dans D un extremum en un unique point (x_λ, y_λ) que l'on précisera.

EXERCICE III

Toutes les variables aléatoires considérées dans cet exercice sont supposées définies sur un même espace probabilisé, muni de la probabilité P .

Pour tout entier $n \geq 1$, soit X_n une variable aléatoire réelle vérifiant $P(X_n = k) = \frac{1}{n}$ pour tout entier k tel que $0 \leq k \leq n - 1$. On pose $Y_n = \frac{X_n}{n}$.

D'autre part, soit Z une variable aléatoire de loi uniforme sur l'intervalle $[0, 1]$.

1. a) Déterminer l'espérance $E(Z)$ et la variance $V(Z)$ de la variable aléatoire Z .
b) Calculer, pour tout $n \geq 1$, l'espérance et la variance de Y_n .
Déterminer les limites des suites $(E(Y_n))_{n \geq 1}$ et $(V(Y_n))_{n \geq 1}$.
c) Montrer que, pour toute fonction f de classe C^1 sur $[0, 1]$, à valeurs réelles, strictement monotone, on a $\lim_{n \rightarrow +\infty} E(f(Y_n)) = E(f(Z))$.
2. Pour tout réel x on note $\text{Ent}(x)$ la partie entière de x , c'est-à-dire le plus grand nombre entier relatif inférieur ou égal à x .
- a) Montrer que, pour tout réel x , $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{\text{Ent}(nx)}{n} = x$.
b) Soit a et b deux réels vérifiant $0 \leq a \leq b \leq 1$ et soit $I_n(a, b)$ le nombre d'entiers k vérifiant $a < \frac{k}{n} \leq b$. Montrer que $I_n(a, b) = \text{Ent}(nb) - \text{Ent}(na)$.
c) Montrer que, si $0 \leq a \leq b \leq 1$, $\lim_{n \rightarrow +\infty} P(a < Y_n \leq b) = P(a < Z \leq b)$.
3. Pour tout entier $n \geq 1$ on note Z_n la variable aléatoire $\frac{1}{n}\text{Ent}(nZ)$ et on pose $D_n = Z - Z_n$.
- a) Montrer Z_n et Y_n ont même loi de probabilité.
b) Trouver la fonction de répartition et une densité de D_n .

- c) Pour un entier k tel que $0 \leq k \leq n - 1$ et un réel y tel que $0 \leq y \leq \frac{1}{n}$, exprimer à l'aide de la variable aléatoire Z l'événement $\{Z_n = \frac{k}{n} \text{ et } D_n \leq y\}$. En déduire la valeur de $P(Z_n = \frac{k}{n} \text{ et } D_n \leq y)$.
- d) Montrer que les variables aléatoires Z_n et D_n sont indépendantes.



ANNALES DE MATHEMATIQUES 1998

ESCP-EAP : MATH III

CORRIGE

EXERCICE-I

QUESTION-1

1-a)

$$f'_n(x) = (n + 1)x^n + nx^{n-1} = x^{n-1}((n + 1)x + n).$$

- Si n est pair, alors n - 1 est impair : $f'_n(x)$ est du signe de $x((n + 1)x + n)$.
C'est un trinôme de racines 0 et $-\frac{n}{n+1}$; il est positif (du signe du coefficient de x^2) à l'extérieur de l'intervalle défini par les racines.
- Si n est impair, alors n - 1 est pair : $f'_n(x)$ est du signe de $(n + 1)x + n$.
 $f'_n(x)$ sera positive pour $x > -\frac{n}{n+1}$.

En posant $\alpha_n = -\frac{n}{n+1}$, on obtient les tableaux de variations suivants :

n pair

x	$-\infty$	-1	α_n	0	$+\infty$
$f'_n(x)$	+	+	0	-	+
f_n	$-\infty$ ↗	0	↗ $f_n(\alpha_n)$	↘	0 ↗ $+\infty$

n impair

x	$-\infty$	-1	α_n	0	$+\infty$
$f'_n(x)$	-	-	0	+	+
f_n	$-\infty$ ↘	0	↘ $f_n(\alpha_n)$	↗	0 ↗ $+\infty$

1-b)

D'après les tableaux de variations :

Si n est impair, par croissance de f_n sur $[-\frac{n}{n+1}; +\infty[$, on déduit que $f(-\frac{n}{n+1}) < 0 < 2$.

Si n est pair,

$$\begin{aligned} f(-\frac{n}{n+1}) &= \left(-\frac{n}{n+1}\right)^n \left(-\frac{n}{n+1} + 1\right) \\ &= \left(-\frac{n}{n+1}\right)^n \left(\frac{1}{n+1}\right) \quad (\text{or } n \text{ est pair}) \\ &= \left(\frac{n}{n+1}\right)^n \left(\frac{1}{n+1}\right) < 1 < 2. \end{aligned}$$