



PRÉPASIMPLE

prepasimple.fr

EM Lyon

Mathématiques 1 — Option économique

2005

Mathématiques appliquées

Mathématiques appliquées — Prépa ECG

Annales de concours · Sujet

Exercice 1

On considère les éléments suivants de $\mathcal{M}_3(\mathbb{R})$:

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, J = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, K = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

On note E le sous-espace vectoriel de $\mathcal{M}_3(\mathbb{R})$ engendré par I, J et K .

Pour toute matrice M de E , on note $M^0 = I$, et si M est inversible, on note, pour tout entier naturel k , $M^{-k} = (M^{-1})^k$, et on rappelle qu'alors M^k est inversible et que $(M^k)^{-1} = M^{-k}$.

1. Déterminer la dimension de E .

2. Calculer J^2, JK, KJ et K^2 .

3. Soit la matrice $L = I + J$.

3.a. Montrer, pour tout entier naturel n :

$$L^n = I + nJ + \frac{n(n-1)}{2}K.$$

3.b. Vérifier que L est inversible et montrer, pour tout entier relatif n :

$$L^n = I + nJ + \frac{n(n-1)}{2}K.$$

3.c. Exprimer, pour tout entier relatif n , L^n à l'aide de I, L, L^2 et n .

On considère la matrice $A = \begin{pmatrix} 0 & 2 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & -3 & 3 \end{pmatrix}$ de $\mathcal{M}_3(\mathbb{R})$ et on note f l'endomorphisme de

$\mathbb{R}^3$ représenté par la matrice A dans la base canonique de $\mathbb{R}^3$ et e l'application identique de $\mathbb{R}^3$ dans lui-même.

4. Montrer que f admet une valeur propre et une seule que l'on déterminera. Est-ce que f est diagonalisable ?
- 5.a. Soit $w = (1, 0, 0)$. Calculer $v = (f - e)(w)$ et $u = (f - e)(v)$. Montrer que (u, v, w) est une base de $\mathbb{R}^3$.
- 5.b. Déterminer la matrice associée à f relativement à la base (u, v, w) .
- 5.c. Montrer que f est un automorphisme de $\mathbb{R}^3$ et, pour tout entier relatif n , exprimer f^n à l'aide de e, f, f^2 et n .

Exercice 2

On considère l'application $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ définie, pour tout réel t , par :

$$f(t) = \begin{cases} 0 & \text{si } t \leq 0, \\ \frac{1}{(t+1)^2} & \text{si } t > 0. \end{cases}$$

1. Tracer l'allure de la courbe représentative de f .
2. Montrer que f est une densité de probabilité.
3. Montrer, pour tout réel x , que l'intégrale $\int_{-\infty}^x f(t) dt$ converge et calculer cette intégrale. On distinguera les cas $x \leq 0$ et $x > 0$.
4. Déterminer un réel positif α tel que $\int_0^\alpha f(t) dt = \frac{1}{2}$.
5. Soit $x \in [0, +\infty[$ fixé. On considère la fonction φ_x définie sur $[0, +\infty[$ par :

$$\forall u \in [0, +\infty[, \quad \varphi_x(u) = \int_{x-u}^{x+u} f(t) dt.$$

- 5.a. Calculer $\varphi_x(0)$ et $\lim_{u \rightarrow +\infty} \varphi_x(u)$.

5.b. Montrer :

$$\forall (u, v) \in [0, +\infty[^2, \quad u < v \implies \varphi_x(v) - \varphi_x(u) \geq \int_{x+u}^{x+v} f(t) dt.$$

En déduire que φ_x est strictement croissante sur $[0, +\infty[$.

5.c. On admet que φ_x est continue sur $[0, +\infty[$. Montrer que l'équation $\varphi_x(u) = \frac{1}{2}$, d'inconnue u , admet une solution et une seule dans $[0, +\infty[$.

On note $U : [0, +\infty[\rightarrow \mathbb{R}$ l'application qui, à tout réel $x \in [0, +\infty[$, associe $U(x)$ l'unique solution de l'équation $\varphi_x(u) = \frac{1}{2}$.

Ainsi, pour tout $x \in [0, +\infty[$, on a :

$$\int_{x-U(x)}^{x+U(x)} f(t) dt = \frac{1}{2}.$$

6.a. Vérifier, pour tout $x \in [0, \frac{1}{2}[$: $U(x) = 1 - x$.

6.b. Pour tout $x \in [\frac{1}{2}, +\infty[$, montrer : $\varphi_x(x) \geq \frac{1}{2}$, puis $x - U(x) \geq 0$, et en déduire :

$$U(x) = \sqrt{4 + (x + 1)^2} - 2.$$

7.a. Montrer que l'application U est continue sur $[0, +\infty[$.

7.b. Étudier la dérivabilité de U sur $[0, +\infty[$.

7.c. Montrer que la droite d'équation $y = x - 1$ est asymptote à la courbe représentative de U .

7.d. Tracer l'allure de la courbe représentative de U .

8. On considère la suite réelle $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$ définie par $a_0 = 1$ et, pour tout $n \in \mathbb{N}$,

$$a_{n+1} = U(a_n).$$

8.a. Montrer : $\forall n \in \mathbb{N}, a_n \geq \frac{1}{2}$.

8.b. Montrer que la suite $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$ est décroissante.

8.c. En déduire que la suite $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$ converge et montrer que sa limite est égale à $\frac{1}{2}$.

8.d. Écrire un programme en Python qui calcule et affiche le plus petit entier $n \in \mathbb{N}$ tel que $\left|a_n - \frac{1}{2}\right| \leq 10^{-6}$. On pourra utiliser `from math import sqrt`; `sqrt(x)` renvoie la racine carrée du réel positif ou nul x .

Exercice 3

1. Préliminaire

Soit $x \in]0, 1[$. Dans une succession d'épreuves de Bernoulli indépendantes, de même probabilité d'échec x , on définit deux suites de variables aléatoires $(S_n)_{n \geq 1}$ et $(T_n)_{n \geq 1}$ de la façon suivante : pour tout entier naturel n non nul, S_n est la variable aléatoire égale au nombre d'épreuves nécessaires pour obtenir le n -ième succès ; T_1 est la variable aléatoire égale à S_1 et, pour tout entier naturel $n \geq 2$, T_n est la variable aléatoire égale au nombre d'épreuves supplémentaires nécessaires pour obtenir le n -ième succès après le $(n-1)$ -ième succès.

Ainsi, pour tout $n \geq 2$, $T_n = S_n - S_{n-1}$ et, pour tout $n \geq 1$, $S_n = T_1 + T_2 + \dots + T_n$.

1.a. Pour tout entier naturel n non nul, déterminer la loi de T_n et, sans calcul, donner l'espérance et la variance de T_n .

1.b. Pour tout entier naturel $n \geq 2$, justifier l'indépendance des variables aléatoires $T_1, T_2, \dots, T_n$.

1.c. Pour tout entier naturel n non nul, montrer que l'espérance et la variance de S_n sont définies et montrer :

$$E(S_n) = \frac{n}{1-x} \quad \text{et} \quad V(S_n) = \frac{nx}{(1-x)^2}.$$

1.d. Soit n un entier naturel non nul. Déterminer la loi de S_n . Que peut-on dire, sans calcul, de la valeur de

$$\sum_{k=n}^{+\infty} P(S_n = k)$$

?

1.e. En déduire, pour tout $x \in]0, 1[$ et pour tout entier naturel n non nul :

$$\sum_{k=n}^{+\infty} \binom{k-1}{n-1} x^k = \frac{x^n}{(1-x)^n}.$$

2. Deux joueurs A et B procèdent chacun à une succession de lancers d'une même pièce. Les lancers sont indépendants, y compris ceux des deux joueurs. À chaque lancer, la probabilité d'obtenir pile est p (p fixé, $p \in]0, 1[$) et la probabilité d'obtenir face est $q = 1 - p$.

Le joueur A commence et il s'arrête quand il obtient le premier pile. On note X la variable aléatoire égale au nombre de lancers effectués par le joueur A .

Le joueur B effectue alors autant de lancers que le joueur A et on note Y la variable aléatoire égale au nombre de piles obtenu par le joueur B .

2.a. Rappeler la loi de X et, pour tout $k \geq 1$, donner la loi conditionnelle de Y sachant $X = k$.

2.b. Quelles sont les valeurs prises par Y ?

2.c. Montrer :

$$P(Y = 0) = \sum_{k=1}^{+\infty} pq^{2k-1} = \frac{q}{1+q}.$$

2.d. Soit n un entier naturel non nul. Montrer :

$$P(Y = n) = \sum_{k=n}^{+\infty} \binom{k}{n} p^{n+1} q^{2k-n-1},$$

puis, en utilisant 1.e :

$$P(Y = n) = \frac{1}{(1+q)^2} \left(\frac{q}{1+q} \right)^{n-1}.$$