

**ECRI COME**

**Banque d'épreuves communes**

aux concours des Ecoles

esc bordeaux / esc marseille / icn nancy / esc reims / esc rouen / esc toulouse

CONCOURS D'ADMISSION

option économique

**MATHÉMATIQUES**

**Année 1998**

**Aucun instrument de calcul n'est autorisé.**

**Aucun document n'est autorisé.**

L'énoncé comporte 5 pages

Les candidats sont invités à soigner la présentation de leur copie, à mettre en évidence les principaux résultats, à respecter les notations de l'énoncé, et à donner des démonstrations complètes (mais brèves) de leurs affirmations.

## Exercice 1

1. Soit  $g$  l'application de  $]0, +\infty[$  dans  $\mathbb{R}$  définie par

$$g(x) = \ln\left(\frac{x}{1+x}\right) - \frac{\ln(1+x)}{x}$$

- (a) Montrer que  $g$  est dérivable sur  $]0, +\infty[$  et expliciter sa dérivée.  
(b) Dresser la tableau de variations de  $g$ , avec ses éventuelles limites aux bornes.

2. Soit  $f$  l'application de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  définie par

$$f(x) = e^{-x} \ln(1 + e^x)$$

- (a) A l'aide d'un changement de variable, montrer que pour tout réel  $x$  positif, on a :

$$\int_0^x f(t) dt = g(e^x) + 2 \ln 2$$

- (b) Montrer qu'il existe un réel  $c$ , que l'on explicitera, tel que l'application  $h_c$  définie sur  $\mathbb{R}$  par :

$$x \longrightarrow h_c(x) = \begin{cases} cf(x) & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

soit une densité d'une variable aléatoire  $X$ .

- (c) On considère la variable aléatoire  $Y = e^X$ .  
Montrer que  $Y$  a une densité que l'on explicitera.

## Exercice 2

Dans cet exercice, on étudie la diagonalisation des matrices carrées d'ordre 3 antisymétriques ( c'est à dire vérifiant  ${}^tA = -A$  ).

On étudie d'abord un cas particulier avant de passer au cas général.

### Partie A

1. On désigne par  $E$  l'espace vectoriel  $\mathbb{R}^3$  muni de sa base canonique  $\mathcal{B} = (e_1, e_2, e_3)$ . On note  $0_E$  l'élément nul de  $\mathbb{R}^3$ .

On rappelle que toute famille libre de trois vecteurs de  $E$  est une base de  $E$ .

Soit  $A = \begin{pmatrix} 0 & 2 & -1 \\ -2 & 0 & -2 \\ 1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$  et  $f$  l'endomorphisme de  $E$  représenté par  $A$  dans la base  $\mathcal{B}$ .

Soit  $\mathcal{U} = (u_1, u_2, u_3)$  où  $u_1 = -2e_1 + e_2 + 2e_3$ ,  $u_2 = e_1 + 2e_2$  et  $u_3 = f(u_2)$ .

- (a) Déterminer le noyau de  $f$  et en donner une base.  
(b) Montrer que  $\mathcal{U}$  est une base de  $E$  et déterminer la matrice  $B$  représentant  $f$  dans cette base.
2. Soit  $\lambda$  un réel non nul.  
Montrer que pour tout vecteur  $x$  de  $E$ ,  $[ f(x) = \lambda x ]$  équivaut à  $[ x = 0_E ]$ .  
On pourra utiliser la décomposition de  $x$  dans  $\mathcal{U}$ .

- (a) Quel est finalement l'ensemble des valeurs propres de  $A$  ?  
(b) La matrice  $A$  est-elle diagonalisable ?

## Partie B

Soient  $a, b$  et  $c$  trois réels donnés. On pose  $a^2 + b^2 + c^2 = s$  et on suppose  $s \neq 0$ .

On considère la matrice  $M = \begin{pmatrix} 0 & -a & -b \\ a & 0 & -c \\ b & c & 0 \end{pmatrix}$  et  $g$  l'endomorphisme de  $E$  représenté par  $M$  dans la base  $\mathcal{B}$ .

- (a) Calculer  $M^2$  et  $M^3$ .  
(b) Vérifier que  $M^3$  s'exprime simplement en fonction de  $M$  et  $s$ .
- Montrer que si le réel  $\lambda$  est valeur propre de  $g$  alors  $\lambda$  est nécessairement nul. On utilisera la relation trouvée ci dessus.
- Montrer que l'hypothèse " $M$  est inversible" conduit à une contradiction.  
(a) Quel est finalement l'ensemble des valeurs propres de  $M$  ?  
(b) La matrice  $M$  est-elle diagonalisable ?

## Problème

Dans tout le problème,  $X$  désigne une variable aléatoire définie sur un espace probabilisé  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$  et à valeurs dans  $\mathbb{N}$  et  $E(X)$  l'espérance de  $X$  si elle existe.

On note  $A$  l'événement " $X$  prend une valeur paire" (on écrira dorénavant pour abréger " $X$  est pair"). On rappelle que 0 est pair. On pose :  $a = P(A)$ .

- On dit que  $X$  a la propriété  $\mathcal{P}$  si et seulement si  $a > \frac{1}{2}$ .

On définit deux variables  $X_0$  et  $X_1$  :

$$X_0 = \begin{cases} X & \text{si } X \text{ est pair} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad X_1 = \begin{cases} X & \text{si } X \text{ est impair} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- On dit que  $X$  a la propriété  $\mathcal{Q}$  si et seulement si  $E(X_1) > E(X_0)$

## Préliminaires

- Déterminer  $X_0 + X_1$ .
- On note  $Y$  la variable aléatoire qui vaut  $\begin{cases} 1 & \text{si } X \text{ est pair} \\ -1 & \text{si } X \text{ est impair} \end{cases}$

Montrer les relations :

$$X_0 = \frac{1}{2}(1 + Y)X \quad \text{et} \quad X_1 = \frac{1}{2}(1 - Y)X$$

## Partie A

Dans cette partie, on suppose que  $X$  suit une loi géométrique de paramètre  $p$  ( $0 < p < 1$ ) et on pose  $q = 1 - p$ .

- Montrer que  $a = \frac{q}{q+1}$ , puis que  $X$  ne vérifie pas la propriété  $\mathcal{P}$ .
- Montrer que  $X_1$  admet une espérance donnée  $E(X_1) = \frac{q^2 + 1}{(1+q)(1-q^2)}$
- Montrer que  $X_0$  admet aussi une espérance que l'on précisera, puis que  $X$  vérifie la propriété  $\mathcal{Q}$ .

## Partie B

1. Pour tout entier naturel  $n$ , on pose  $p_n = P(X = n)$  et on suppose que la suite  $(p_n)_{n \in \mathbb{N}}$  est strictement décroissante.  
En écrivant  $P(A)$  et  $P(\bar{A})$  à l'aide des nombres  $p_n$ , montrer que  $X$  vérifie  $\mathcal{P}$ .
2. On suppose maintenant que  $X$  a une espérance.
  - (a) Montrer que  $X_0$  et  $X_1$  admettent aussi des espérances.
  - (b) Montrer à l'aide des préliminaires, que  $X$  vérifie  $\mathcal{Q}$  si et seulement si  $E(YX) < 0$ .

## Partie C

On suppose ici que la variable aléatoire  $X$  est en fait à valeurs dans l'intervalle entier  $[[0, 20]]$  et donc que, pour tout entier  $n \geq 21$ ,  $p_n = 0$ .

On définit un type:

type Table=array[0..20] of real;

et on demande d'écrire un programme en TURBO PASCAL:

- contenant une procédure **ENTRE\_LOI** (à écrire) qui permet à l'utilisateur d'entrer dans une variable  $T$  de type TABLE les nombres  $P(X = k)$  pour  $k = 0, 1, \dots, 20$ .
- calculant  $E(YX)$  et indiquant par un message si  $X$  vérifie  $\mathcal{Q}$  ou non.

## Partie D

Le but de cette partie est d'étudier le cas où  $X$  suit une loi binomiale  $\mathcal{B}(n, p)$  avec  $n \geq 2$  et  $0 < p < \frac{1}{2}$ .

1. Soit  $f$  la fonction de deux variables définie sur l'ouvert  $U = ]1, +\infty[ \times ]0, \frac{1}{2}[$  de  $\mathbb{R}^2$  par :

$$(x, y) \longrightarrow f(x, y) = xy(1 - 2y)^{x-1} = xy \exp[(x - 1) \ln(1 - 2y)]$$

- (a) Montrer que  $f$  admet en tout point  $(x, y)$  de  $U$  des dérivées partielles premières  $\frac{\partial f}{\partial x}(x, y)$  et  $\frac{\partial f}{\partial y}(x, y)$ .  
Les calculer et les mettre sous forme de produits.  
Montrer que  $f$  est de classe  $C^1$  sur  $U$ .
  - (b) Montrer que, pour tout élément  $u$  de  $]0, 1[$ :  $\ln(1 - u) < -u$   
En déduire que  $f$  n'a pas d'extremum sur  $U$ .
2. Dans cette question,  $p$  est un réel vérifiant:  $0 < p < 1$ .  
On réalise une suite d'épreuves de Bernoulli indépendantes, de probabilité de "succès"  $p$  et de probabilité d'"échec"  $q = 1 - p$ .  
Pour tout élément  $n$  de  $\mathbb{N}^*$ , on définit l'événement :  
 $F_n$  = "au cours des  $n$  premières épreuves, on obtient un nombre pair de succès" et on pose  $u_n = P(F_n)$ .
    - (a) Montrer que pour tout élément  $n$  de  $\mathbb{N}^*$ ,  $u_{n+1} = (1 - p)u_n + p(1 - u_n)$   
On pose par convention  $u_0 = 1$ . Vérifier que la relation précédent est encore vraie pour  $n = 0$ .
    - (b) Donner l'expression générale de  $u_n$  en fonction de  $n$  pour tout entier naturel  $n$ .
  3. On se place maintenant dans le cas annoncé au début de la partie D:  $X$  suit une loi binomiale  $\mathcal{B}(n, p)$  avec  $n \geq 2$  et  $0 < p < \frac{1}{2}$ .
    - (a) En reprenant la définition du réel  $a$  associé à la variable  $X$ , montrer que  $a = u_n$ .  
Montrer que  $X$  vérifie la propriété  $\mathcal{P}$ .

(b) Calculer  $E(YX)$

En déduire que  $E(X_1) - E(X_0) = f(n, p)$  (où  $f$  est la fonction introduite en D-1) puis que  $X$  a la propriété  $\mathcal{Q}$ .

(c) On considère l'application partielle:

$$g : y \longrightarrow g(y) = f(n, y) \quad \text{définie sur } ]0, \frac{1}{2}[ \quad (n \geq 2)$$

Montrer que  $g$  admet un maximum  $M_n = \frac{1}{2} \left( \frac{n-1}{n} \right)^{n-1}$

(d) Montrer que la fonction  $\phi : x \longrightarrow (x-1) \ln(1 - \frac{1}{x})$  est de classe  $C^2$  sur  $[2, +\infty[$ , que sa dérivée seconde est strictement positive sur  $[2, +\infty[$  et que  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \phi'(x) = 0$ .

En déduire que la suite  $(M_k)_{k \geq 2}$  est strictement décroissante.

(e) Montrer que la suite  $(M_k)_{k \geq 2}$  converge, préciser sa limite et montrer que pour tout entier  $k$  supérieur ou égal à 2,  $\frac{1}{2e} \leq M_k \leq \frac{1}{4}$

4. On suppose que deux joueurs Alain et Béatrice jouent à pile ou face avec une pièce déséquilibrée, la probabilité d'obtenir "face" étant égale à  $p$  ( $0 < p < \frac{1}{2}$ ).

Une pièce est lancée  $n$  fois ( $n \geq 2$ ), les lancers successifs sont supposés indépendants.

Alain empoche un gain égal au nombre de faces apparues si ce nombre de faces est pair et Béatrice, un gain égal au nombre de faces apparues si ce nombre est impair.

(a) Quel est celui des joueurs qui a le plus de chances de gagner?

(b) Quel est celui des joueurs qui a la plus forte espérance de gain?

(c) Comment interpréter l'encadrement obtenu à la question 3-e) de cette partie?