

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2014

## MATHÉMATIQUES

### SÉRIE S

Candidats ayant suivi l'enseignement de spécialité

Durée de l'épreuve : 4 heures - Coefficient : 9

Ce sujet comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.

L'usage des calculatrices est autorisé selon les termes de la circulaire  
n°99-186 du 16 novembre 1999.

\*\_\*\_\*\_\*\_\*

**Le candidat doit traiter les quatre exercices**

*Il est rappelé que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront  
pour une part importante dans l'appréciation des copies.*

Dans l'ensemble du sujet, et pour chaque question, toute trace de recherche même incomplète, ou d'initiative même non fructueuse, sera prise en compte dans l'évaluation.

**Exercice 1 (4 points)**  
**Commun à tous les candidats**

Cet exercice est un questionnaire à choix multiples comportant quatre questions indépendantes. Pour chaque question, une seule des quatre affirmations proposées est exacte. Le candidat indiquera sur sa copie le numéro de la question et la lettre correspondant à l'affirmation exacte. Aucune justification n'est demandée. Une réponse exacte rapporte un point ; une réponse fautive ou une absence de réponse ne rapporte ni n'enlève de point.

Dans l'espace, rapporté à un repère orthonormal, on considère les points  $A(1;-1;-1)$ ,  $B(1;1;1)$ ,  $C(0;3;1)$ , et le plan  $\mathcal{P}$  d'équation  $2x + y - z + 5 = 0$ .

**Question 1**

Soit  $\mathcal{D}_1$  la droite de vecteur directeur  $\vec{u}(2; -1; 1)$  passant par A.

Une représentation paramétrique de la droite  $\mathcal{D}_1$  est :

- |  |   |
|--|---|
| <p>a. <math>\begin{cases} x = 2 + t \\ y = -1 - t \quad (t \in \mathbf{R}); \\ z = 1 - t \end{cases}</math></p>    | <p>b. <math>\begin{cases} x = -1 + 2t \\ y = 1 - t \quad (t \in \mathbf{R}); \\ z = 1 + t \end{cases}</math></p>  |
| <p>c. <math>\begin{cases} x = 5 + 4t \\ y = -3 - 2t \quad (t \in \mathbf{R}); \\ z = 1 + 2t \end{cases}</math></p> | <p>d. <math>\begin{cases} x = 4 - 3t \\ y = -2 + t \quad (t \in \mathbf{R}). \\ z = 3 - 4t \end{cases}</math></p> |

**Question 2**

Soit  $\mathcal{D}_2$  la droite de représentation paramétrique  $\begin{cases} x = 1 + t \\ y = -3 - t \quad (t \in \mathbf{R}). \\ z = 2 - 2t \end{cases}$ .

- a. La droite  $\mathcal{D}_2$  et le plan  $\mathcal{P}$  ne sont pas sécants.
- b. La droite  $\mathcal{D}_2$  est incluse dans le plan  $\mathcal{P}$ .
- c. La droite  $\mathcal{D}_2$  et le plan  $\mathcal{P}$  se coupent au point  $E\left(\frac{1}{3}; -\frac{7}{3}; \frac{10}{3}\right)$ .
- d. La droite  $\mathcal{D}_2$  et le plan  $\mathcal{P}$  se coupent au point  $F\left(\frac{4}{3}; -\frac{1}{3}; \frac{22}{3}\right)$ .

**Question 3**

- a. L'intersection du plan  $\mathcal{P}$  et du plan (ABC) est réduite à un point.
- b. Le plan  $\mathcal{P}$  et le plan (ABC) sont confondus.
- c. Le plan  $\mathcal{P}$  coupe le plan (ABC) selon une droite.
- d. Le plan  $\mathcal{P}$  et le plan (ABC) sont strictement parallèles.

**Question 4**

Une mesure de l'angle  $\widehat{BAC}$ , arrondie au dixième de degré, est égale à :

- a.  $22,2^\circ$                       b.  $0,4^\circ$                       c.  $67,8^\circ$                       d.  $1,2^\circ$

**Exercice 2 (6 points)**  
*Commun à tous les candidats*

Le taux d'hématocrite est le pourcentage du volume de globules rouges par rapport au volume total du sang. On note  $X$  la variable aléatoire donnant le taux d'hématocrite d'un adulte choisi au hasard dans la population française. On admet que cette variable suit une loi normale de moyenne  $\mu = 45,5$  et d'écart-type  $\sigma$ .

**Partie A**

On note  $Z$  la variable aléatoire  $Z = \frac{X - \mu}{\sigma} = \frac{X - 45,5}{\sigma}$ .

1. a) Quelle est la loi de la variable aléatoire  $Z$  ?  
b) Déterminer  $P(X \leq \mu)$ .
  
2. En prenant  $\sigma = 3,8$ , déterminer  $P(37,9 \leq X \leq 53,1)$ . Arrondir la valeur au centième.

**Partie B**

Une certaine maladie  $V$  est présente dans la population française avec la fréquence 1 %. On sait d'autre part que 30 % de la population française a plus de 50 ans, et que 90 % des porteurs de la maladie  $V$  dans la population française ont plus de 50 ans.

On choisit au hasard un individu dans la population française.

On note  $\alpha$  l'unique réel tel que  $P(X \leq \alpha) = 0,995$ , où  $X$  est la variable aléatoire définie au début de l'exercice. On ne cherchera pas à calculer  $\alpha$ .

On définit les événements :

$M$  : « l'individu est porteur de la maladie  $V$  » ;

$S$  : « l'individu a plus de 50 ans » ;

$H$  : « l'individu a un taux d'hématocrite supérieur à  $\alpha$  ».

Ainsi  $P(M) = 0,01$ ,  $P_M(S) = 0,9$  et  $P(H) = P(X > \alpha)$ .

D'autre part, une étude statistique a révélé que 60 % des individus ayant un taux d'hématocrite supérieur à  $\alpha$  sont porteurs de la maladie  $V$ .

1. a) Déterminer  $P(M \cap S)$ .  
b) On choisit au hasard un individu ayant plus de 50 ans. Montrer que la probabilité qu'il soit porteur de la maladie  $V$  est égale à 0,03.
  
2. a) Calculer la probabilité  $P(H)$ .  
b) L'individu choisi au hasard a un taux d'hématocrite inférieur ou égal à  $\alpha$ . Calculer la probabilité qu'il soit porteur de la maladie  $V$ . Arrondir au millième.

**Partie C**

Le but de cette partie est d'étudier l'influence d'un gène sur la maladie  $V$ .

- Déterminer l'intervalle de fluctuation asymptotique au seuil de 95 % de la fréquence de la maladie V dans les échantillons de taille 1000, prélevés au hasard et avec remise dans l'ensemble de la population française. On arrondira les bornes de l'intervalle au millième.
- Dans un échantillon aléatoire de 1000 personnes possédant le gène, on a trouvé 14 personnes porteuses de la maladie V.  
Au regard de ce résultat, peut-on décider, au seuil de 95 %, que le gène a une influence sur la maladie ?

**Exercice 3 (5 points)**  
*Commun à tous les candidats*

Une chaîne, suspendue entre deux points d'accroche de même hauteur, peut être modélisée par la représentation graphique d'une fonction  $g$  définie sur  $[-1 ; 1]$  par  $g(x) = \frac{1}{2a}(e^{ax} + e^{-ax})$ , où  $a$  est un paramètre réel strictement positif. On ne cherchera pas à étudier la fonction  $g$ .

On montre en sciences physiques que, pour que cette chaîne ait une tension minimale aux extrémités, il faut et il suffit que le réel  $a$  soit une solution strictement positive de l'équation :

$$(x-1)e^{2x} - 1 - x = 0.$$

Dans la suite, on définit sur  $[0, +\infty[$  la fonction  $f$  par  $f(x) = (x-1)e^{2x} - 1 - x$  pour tout réel  $x \geq 0$ .

- Déterminer la fonction dérivée de la fonction  $f$ .  
Vérifier que  $f'(0) = -2$  et que  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f'(x) = +\infty$ .
- On note  $f''$  la fonction dérivée de  $f'$ .  
Vérifier que, pour tout réel  $x \geq 0$ ,  $f''(x) = 4xe^{2x}$ .
- Montrer que, sur l'intervalle  $[0, +\infty[$ , la fonction  $f'$  s'annule pour une unique valeur, notée  $x_0$ .
- Déterminer le sens de variation de la fonction  $f$  sur l'intervalle  $[0, +\infty[$ , puis montrer que  $f(x)$  est négatif pour tout réel  $x$  appartenant à l'intervalle  $[0, x_0]$ .
  - Calculer  $f(2)$ .  
En déduire que, sur l'intervalle  $[0, +\infty[$ , la fonction  $f$  s'annule pour une unique valeur.  
Si l'on note  $a$  cette valeur, déterminer à l'aide de la calculatrice la valeur de  $a$  arrondie au centième.
- On admet sans démonstration que la longueur  $L$  de la chaîne est donnée par l'expression :

$$L = \int_0^1 (e^{ax} + e^{-ax}) dx.$$

Calculer la longueur de la chaîne ayant une tension minimale aux extrémités, en prenant 1,2 comme valeur approchée du nombre  $a$ .

**Exercice 4 (5 points)**  
*Candidats ayant choisi la spécialité mathématique*

**Partie A**

Le but de cette partie est de démontrer que l'ensemble des nombres premiers est infini, en raisonnant par l'absurde.

1. On suppose qu'il existe un nombre fini  $n$  de nombres premiers, notés  $p_1, p_2, \dots, p_n$ .  
On considère le nombre  $E$ , produit de tous les nombres premiers augmenté de 1 :

$$E = p_1 \times p_2 \times \dots \times p_n + 1.$$

Démontrer que  $E$  est un entier supérieur ou égal à 2, et que  $E$  est premier avec chacun des nombres  $p_1, p_2, \dots, p_n$ .

2. En utilisant le fait que  $E$  admet un diviseur premier, conclure.

**Partie B**

Pour tout entier naturel  $k \geq 2$ , on pose  $M_k = 2^k - 1$ .

On dit que  $M_k$  est le  $k$ -ième nombre de Mersenne.

1. a) Reproduire et compléter le tableau suivant, qui donne quelques valeurs de  $M_k$ .

|       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| $k$   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $M_k$ | 3 |   |   |   |   |   |   |   |    |

- b) D'après le tableau précédent, si  $k$  est un nombre premier, peut-on conjecturer que le nombre  $M_k$  est premier ?

2. Soient  $p$  et  $q$  deux entiers naturels non nuls.

a) Justifier l'égalité :  $1 + 2^p + (2^p)^2 + (2^p)^3 + \dots + (2^p)^{q-1} = \frac{(2^p)^q - 1}{2^p - 1}$ .

- b) En déduire que  $2^{pq} - 1$  est divisible par  $2^p - 1$ .

- c) En déduire que, si un entier  $k$  supérieur ou égal à 2 n'est pas premier, alors  $M_k$  ne l'est pas non plus.

3. a) Prouver que le nombre de Mersenne  $M_{11}$  n'est pas premier.

- b) Que peut-on en déduire concernant la conjecture de la question 1.b) ?

## Partie C

Le test de Lucas-Lehmer permet de déterminer si un nombre de Mersenne donné est premier. Ce test utilise la suite numérique  $(u_n)$  définie par  $u_0 = 4$  et, pour tout entier naturel  $n$  :

$$u_{n+1} = u_n^2 - 2.$$

Si  $n$  est un entier naturel supérieur ou égal à 2, le test permet d'affirmer que le nombre  $M_n$  est premier si et seulement si  $u_{n-2} \equiv 0$  modulo  $M_n$ . Cette propriété est admise dans la suite.

1. Utiliser le test de Lucas-Lehmer pour vérifier que le nombre de Mersenne  $M_5$  est premier.
2. Soit  $n$  un entier naturel supérieur ou égal à 3.  
L'algorithme suivant, qui est incomplet, doit permettre de vérifier si le nombre de Mersenne  $M_n$  est premier, en utilisant le test de Lucas-Lehmer.

Variables :  $u, M, n$  et  $i$  sont des entiers naturels

Initialisation :  $u$  prend la valeur 4

Traitement : Demander un entier  $n \geq 3$

$M$  prend la valeur .....

Pour  $i$  allant de 1 à ..... faire

$u$  prend la valeur .....

Fin Pour

Si  $M$  divise  $u$  alors afficher «  $M$  ..... »

sinon afficher «  $M$  ..... »

Recopier et compléter cet algorithme de façon à ce qu'il remplisse la condition voulue.