

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2016

## MATHÉMATIQUES

### SÉRIE S

Candidat/e/s ayant suivi l'enseignement de spécialité

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

Ce sujet comporte 7 pages numérotées de la page 1 à la page 7.

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

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

**Le/la candidat/e 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.*

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL - SÉRIE S	SESSION 2016	
ÉPREUVE : MATHÉMATIQUES	SUJET	
	Coefficient : 9	Page 1/7
16MASC11	Durée : 4 heures	

### Exercice 1 (4 points)

Commun à tous/toutes les candidat/e/s

Pour chacune des quatre affirmations suivantes, indiquer si elle est vraie ou fausse, en justifiant la réponse. Il est attribué un point par réponse exacte correctement justifiée. Une réponse non justifiée n'est pas prise en compte. Une absence de réponse n'est pas pénalisée.

1. Dans une boulangerie industrielle, on prélève au hasard une baguette de pain dans la production. On admet que la variable aléatoire exprimant sa masse, en gramme, suit la loi normale d'espérance 200 et d'écart-type 10.

#### Affirmation 1

La probabilité que la masse de la baguette soit supérieure à 187 g est supérieure à 0,9.

#### 2. Affirmation 2

L'équation  $x - \cos x = 0$  admet une unique solution dans l'intervalle  $\left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ .

Dans les questions 3 et 4, l'espace est rapporté à un repère orthonormal, et l'on considère les droites  $\mathcal{D}_1$  et  $\mathcal{D}_2$  qui admettent pour représentations paramétriques respectives :

$$\begin{cases} x = 1 + 2t \\ y = 2 - 3t \\ z = 4t \end{cases}, t \in \mathbf{R}, \quad \text{et} \quad \begin{cases} x = -5t' + 3 \\ y = 2t' \\ z = t' + 4 \end{cases}, t' \in \mathbf{R}.$$

#### 3. Affirmation 3

Les droites  $\mathcal{D}_1$  et  $\mathcal{D}_2$  sont sécantes.

#### 4. Affirmation 4

La droite  $\mathcal{D}_1$  est parallèle au plan  $\mathcal{P}$  d'équation  $x + 2y + z - 3 = 0$ .

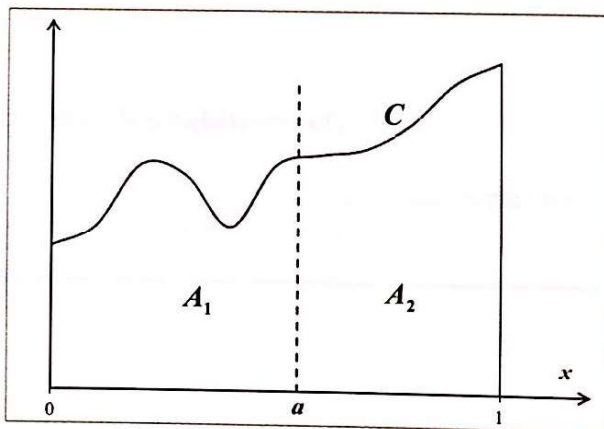
### Exercice 2 (6 points)

Commun à tous/toutes les candidat/e/s

Soit  $f$  une fonction définie sur l'intervalle  $[0, 1]$ , continue et positive sur cet intervalle, et  $a$  un réel tel que  $0 < a < 1$ .

On note :

- $C$  la représentation graphique de la fonction  $f$  dans un repère orthogonal ;
- $A_1$  l'aire du domaine plan limité par l'axe des abscisses et la courbe  $C$  d'une part, les droites d'équations  $x = 0$  et  $x = a$  d'autre part ;
- $A_2$  l'aire du domaine plan limité par l'axe des abscisses et la courbe  $C$  d'une part, les droites d'équations  $x = a$  et  $x = 1$  d'autre part.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL - SÉRIE S		SESSION 2016	
ÉPREUVE : MATHÉMATIQUES		SUJET	
		Coefficient : 9	Page 2/7
16MASCSSG11	Durée : 4 heures		

Le but de cet exercice est de déterminer, pour différentes fonctions  $f$ , une valeur du réel  $a$  vérifiant la condition (E) : « les aires  $A_1$  et  $A_2$  sont égales ».

On admet l'existence d'un tel réel  $a$  pour chacune des fonctions considérées.

### Partie A – Étude de quelques exemples

1. Vérifier que dans les cas suivants, la condition (E) est remplie pour un unique réel  $a$ , et déterminer sa valeur :

- a)  $f$  est une fonction constante strictement positive ;
- b)  $f$  est définie pour tout réel  $x$  de  $[0, 1]$  par  $f(x) = x$ .

2. a) À l'aide d'intégrales, exprimer (en unité d'aire) les aires  $A_1$  et  $A_2$ .

b) On note  $F$  une primitive de la fonction  $f$  sur l'intervalle  $[0, 1]$ .

Démontrer que si le réel  $a$  satisfait la condition (E), alors  $F(a) = \frac{F(0) + F(1)}{2}$ .

La réciproque est-elle vraie ?

3. Dans cette question, on envisage deux autres fonctions particulières.

a) La fonction  $f$  est définie pour tout réel  $x$  de  $[0, 1]$  par  $f(x) = e^x$ .

Vérifier que la condition (E) est remplie pour un unique réel  $a$ , et déterminer sa valeur.

b) La fonction  $f$  définie pour tout réel  $x$  de  $[0, 1]$  par  $f(x) = \frac{1}{(x+2)^2}$ .

Vérifier que la valeur  $a = \frac{2}{5}$  convient.

### Partie B – Utilisation d'une suite pour déterminer une valeur approchée de $a$

Dans cette partie, on considère la fonction  $f$  définie pour tout réel  $x$  de  $[0, 1]$  par  $f(x) = 4 - 3x^2$ .

1. Démontrer que si  $a$  est un réel satisfaisant la condition (E), alors  $a$  est solution de l'équation :

$$x = \frac{x^3}{4} + \frac{3}{8}.$$

On admet dans la suite que cette équation a une unique solution dans l'intervalle  $[0, 1]$ .

On note  $a$  cette solution.

2. On considère la fonction  $g$  définie pour tout réel  $x$  de l'intervalle  $[0, 1]$  par  $g(x) = \frac{x^3}{4} + \frac{3}{8}$ , et la

suite  $(u_n)$  définie par :  $u_0 = 0$  et, pour tout entier naturel  $n$ ,  $u_{n+1} = g(u_n)$ .

a) Calculer  $u_1$ .

b) Démontrer que la fonction  $g$  est croissante sur l'intervalle  $[0, 1]$ .

c) Démontrer par récurrence que, pour tout entier naturel  $n$ , on a :  $0 \leq u_n \leq u_{n+1} \leq 1$ .

d) Prouver que la suite  $(u_n)$  est convergente.

• À l'aide des opérations sur les limites, prouver que sa limite est égale à  $a$ .

e) On admet que le réel  $a$  vérifie l'inégalité  $0 < a - u_{10} < 10^{-9}$ . Calculer  $u_{10}$  à  $10^{-8}$  près.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL - SÉRIE S		SESSION 2016	
ÉPREUVE : MATHÉMATIQUES		SUJET	
		Coefficient : 9	Page 3/7
16MASCSG11	Durée : 4 heures		

### Exercice 3 (5 points)

#### Commun à tous/toutes les candidat/e/s

Un institut effectue un sondage pour connaître, dans une population donnée, la proportion de personnes qui sont favorables à un projet d'aménagement du territoire. Pour cela, on interroge un échantillon aléatoire de personnes de cette population, et l'on pose une question à chaque personne.

*Les trois parties sont relatives à cette même situation, mais peuvent être traitées de manière indépendante.*

#### Partie A – Nombre de personnes qui acceptent de répondre au sondage

On admet dans cette partie que la probabilité qu'une personne interrogée accepte de répondre à la question est égale à 0,6.

- L'institut de sondage interroge 700 personnes. On note  $X$  la variable aléatoire correspondant au nombre de personnes interrogées qui acceptent de répondre à la question posée.
  - Quelle est la loi de la variable aléatoire  $X$ ? Justifier la réponse.
  - Quelle est la meilleure valeur approchée de  $P(X \geq 400)$  parmi les nombres suivants :  
0,92 ; 0,93 ; 0,94 ; 0,95 ?
- Combien de personnes l'institut doit-il interroger au minimum pour garantir, avec une probabilité supérieure à 0,9, que le nombre de personnes qui répondent au sondage soit supérieur ou égal à 400 ?

#### Partie B – Proportion de personnes favorables au projet dans la population

Dans cette partie, on suppose que  $n$  personnes ont répondu à la question, et on admet que ces personnes constituent un échantillon aléatoire de taille  $n$ . ( $n$  est un entier naturel supérieur à 50.) Parmi ces personnes, 29 % sont favorables au projet d'aménagement.

- Donner un intervalle de confiance, au niveau de confiance de 95 %, de la proportion de personnes qui sont favorables au projet dans la population totale.
- Déterminer la valeur minimale de l'entier  $n$  pour que l'intervalle de confiance, au niveau de confiance de 95 %, ait une amplitude inférieure ou égale à 0,04.

#### Partie C – Correction due à l'insincérité de certaines réponses

Dans cette partie, on suppose que, parmi les personnes sondées qui ont accepté de répondre à la question posée, 29 % affirment qu'elles sont favorables au projet.

L'institut de sondage sait par ailleurs que, la question posée pouvant être gênante pour les personnes interrogées, certaines d'entre elles ne sont pas sincères et répondent le contraire de leur opinion véritable. Ainsi, une personne qui se dit favorable peut :

- soit être en réalité favorable au projet si elle est sincère ;
- soit être en réalité défavorable au projet si elle n'est pas sincère.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL - SÉRIE S	SESSION 2016	
ÉPREUVE : MATHÉMATIQUES	SUJET	
	Coefficient : 9	Page 4/7
16MASC SG11	Durée : 4 heures	

Par expérience, l'institut estime à 15 % le taux de réponses non sincères parmi les personnes ayant répondu, et admet que ce taux est le même quelle que soit l'opinion de la personne interrogée.

Le but de cette partie est, à partir de ces données, de déterminer le taux réel de personnes favorables au projet, à l'aide d'un modèle probabiliste. On prélève au hasard la fiche d'une personne ayant répondu, et on définit :

- $F$  l'événement « la personne est en réalité favorable au projet » ;
- $\bar{F}$  l'événement « la personne est en réalité défavorable au projet » ;
- $A$  l'événement « la personne affirme qu'elle est favorable au projet » ;
- $\bar{A}$  l'événement « la personne affirme qu'elle est défavorable au projet ».

Ainsi, d'après les données, on a  $P(A) = 0,29$ .

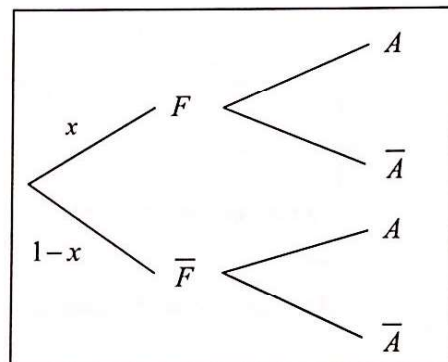
1. En interprétant les données de l'énoncé, indiquer les valeurs de  $P_F(A)$  et  $P_{\bar{F}}(A)$ .

2. On pose  $x = P(F)$ .

a) Reproduire sur la copie et compléter l'arbre de probabilité ci-contre.

b) En déduire une égalité vérifiée par le réel  $x$ .

3. Déterminer, parmi les personnes ayant répondu au sondage, la proportion de celles qui sont réellement favorables au projet.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL - SÉRIE S		SESSION 2016	
ÉPREUVE : MATHÉMATIQUES		SUJET	
16MASCSG11		Coefficient : 9	Page 5/7
		Durée : 4 heures	

**Exercice 4 (5 points)**  
**Candidat/e/s ayant choisi la spécialité mathématique**

Le but de cet exercice est d'étudier, sur un exemple, une méthode de chiffrement publiée en 1929 par le mathématicien et cryptologue américain Lester Hill. Ce chiffrement repose sur la donnée d'une matrice  $A$ , connue uniquement de l'émetteur et du destinataire.

Dans tout l'exercice, on note  $A$  la matrice définie par :  $A = \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 7 & 7 \end{pmatrix}$ .

**Partie A – Chiffrement de Hill**

Voici les différentes étapes de chiffrement pour un mot comportant un nombre pair de lettres :

Étape 1	On divise le mot en blocs de deux lettres consécutives puis, pour chaque bloc, on effectue chacune des étapes suivantes.																																																				
Étape 2	On associe aux deux lettres du bloc les deux entiers $x_1$ et $x_2$ , tous deux compris entre 0 et 25, qui correspondent aux deux lettres dans le même ordre, dans le tableau suivant : <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>N</td><td>O</td><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> </table>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M																																									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																									
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																									
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																																									
Étape 3	On transforme la matrice $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$ en la matrice $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix}$ , vérifiant $Y = AX$ .																																																				
Étape 4	On transforme la matrice $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix}$ en la matrice $R = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix}$ , où $r_1$ est le reste de la division euclidienne de $y_1$ par 26 et $r_2$ celui de la division euclidienne de $y_2$ par 26.																																																				
Étape 5	On associe aux entiers $r_1$ et $r_2$ les deux lettres correspondantes du tableau de l'étape 2. Le bloc chiffré est le bloc obtenu en juxtaposant ces deux lettres.																																																				

**Question** : utiliser la méthode de chiffrement exposée pour chiffrer le mot « HILL ».

**Partie B – Quelques outils mathématiques nécessaires au déchiffrement**

- Soit  $a$  un entier relatif premier avec 26.  
Démontrer qu'il existe un entier relatif  $u$  tel que  $u \times a \equiv 1$  modulo 26.
- On considère l'algorithme suivant :

VARIABLES :	$a, u$ , et $r$ sont des nombres ( $a$ est naturel et premier avec 26)
TRAITEMENT :	Lire $a$ $u$ prend la valeur 0, et $r$ prend la valeur 0 Tant que $r \neq 1$ $u$ prend la valeur $u + 1$ $r$ prend la valeur du reste de la division euclidienne de $u \times a$ par 26 Fin du Tant que
SORTIE :	Afficher $u$

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL - SÉRIE S	SESSION 2016	
ÉPREUVE : MATHÉMATIQUES	SUJET	
	Coefficient : 9	Page 6/7
16MASC SG11	Durée : 4 heures	

On entre la valeur  $a = 21$  dans cet algorithme.

a) Reproduire sur la copie et compléter le tableau suivant, jusqu'à l'arrêt de l'algorithme.

$u$	0	1	2	...
$r$	0	21	...	...

b) En déduire que  $5 \times 21 \equiv 1 \pmod{26}$ .

3. On rappelle que  $A$  est la matrice  $A = \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 7 & 7 \end{pmatrix}$  et on note  $I$  la matrice :  $I = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ .

a) Calculer la matrice  $12A - A^2$ .

b) En déduire la matrice  $B$  telle que  $BA = 21I$ .

c) Démontrer que si  $AX = Y$ , alors  $21X = BY$ .

### Partie C – Déchiffrement

On veut déchiffrer le mot VLUP.

On note  $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$  la matrice associée, selon le tableau de correspondance, à un bloc de deux lettres

avant chiffrement, et  $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix}$  la matrice définie par l'égalité :  $Y = AX = \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 7 & 7 \end{pmatrix} X$ .

Si  $r_1$  et  $r_2$  sont les restes respectifs de  $y_1$  et  $y_2$  dans la division euclidienne par 26, le bloc de deux lettres après chiffrement est associé à la matrice  $R = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix}$ .

1. Démontrer que :  $\begin{cases} 21x_1 = 7y_1 - 2y_2 \\ 21x_2 = -7y_1 + 5y_2 \end{cases}$

2. En utilisant la question B2., établir que :  $\begin{cases} x_1 \equiv 9r_1 + 16r_2 \pmod{26} \\ x_2 \equiv 17r_1 + 25r_2 \pmod{26} \end{cases}$

3. Déchiffrer le mot VLUP, associé aux matrices  $\begin{pmatrix} 21 \\ 11 \end{pmatrix}$  et  $\begin{pmatrix} 20 \\ 15 \end{pmatrix}$ .

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL - SÉRIE S		SESSION 2016	
ÉPREUVE : MATHÉMATIQUES		SUJET	
		Coefficient : 9	Page 7/7
16MASC11	Durée : 4 heures		