

**BANQUE D'ÉPREUVES DUT-BTS  
-SESSION 2016-**

**ÉPREUVE DE  
MATHÉMATIQUES**

**CODE ÉPREUVE : 967**

**L'usage de calculatrice est interdit.**

*A v e r t i s s e m e n t :*

*Tous les candidats doivent traiter les questions de 1 à 9.*

*Les questions 10, 11 et 12 ne doivent être traitées que par les candidats de l'option génie électrique.*

*Les questions 13 et 14 et 15 ne doivent être traitées que par les candidats des options génie civil et génie mécanique.*

*Les questions qui ne correspondent pas à l'option du candidat ne seront pas corrigées.*

**DURÉE DE L'ÉPREUVE: 2H00**

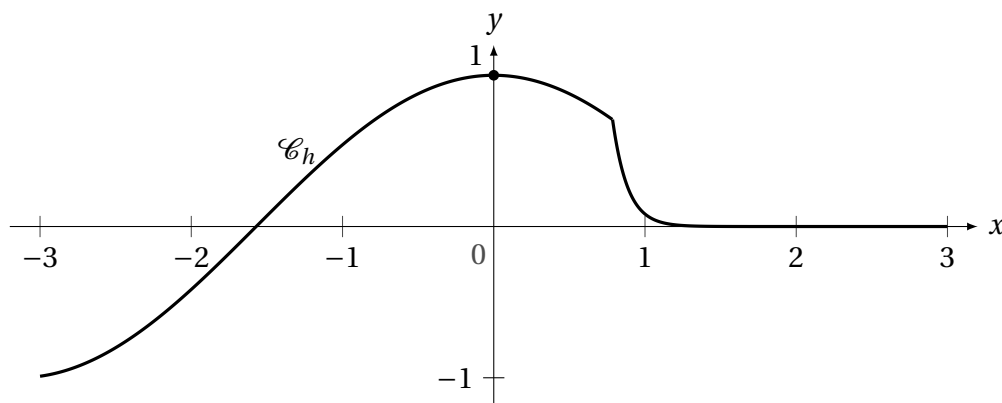
### Question 1

Soient  $f$  et  $g$  les fonctions définies sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = \cos(x)$  et  $g(x) = ke^{-\omega(x-\frac{\pi}{4})}$ , où  $k$  et  $\omega$  sont deux réels.

- (A) On a  $f'(\frac{\pi}{4}) = \frac{\sqrt{2}}{2}$ .  
 (B) On a  $g'(\frac{\pi}{4}) = -\omega(1 - \frac{\pi}{4})k$ .  
 (C) Si  $k = \frac{\sqrt{2}}{2}$ , alors  $f(\frac{\pi}{4}) = g(\frac{\pi}{4})$ .  
 (D) Si  $k = \frac{\sqrt{2}}{2}$  et  $\omega = -1$ , alors  $f'(\frac{\pi}{4}) = g'(\frac{\pi}{4})$ .  
 (E) Si  $k = \frac{\sqrt{2}}{2}$  et  $\omega = 1$ , alors la fonction  $h$  définie sur  $\mathbb{R}$  par

$$h(x) = \begin{cases} f(x) & \text{si } x \leq \pi/4 \\ g(x) & \text{si } x > \pi/4 \end{cases}$$

a pour représentation graphique sur  $[-3; 3]$  la courbe  $\mathcal{C}_h$  ci-dessous.



### Question 2

Soit  $n$  un entier naturel. On pose  $Q(x) = \sum_{k=0}^n x^k$ .

- (A) On a  $Q'(x) = \sum_{k=0}^n kx^{k+1}$ .  
 (B) On a  $(1-x)^2Q(x) = (1-x)(1-x^{n+1}) = 1-x-x^{n+1}+x^{n+2}$ .  
 (C) On a  $(1-x)^2Q'(x) = nx^{n+1} - (n+1)x^n + 1$ .  
 (D) En dérivant deux fois dans la formule  $(1-x)^2Q'(x) = nx^{n+1} - (n+1)x^n + 1$ , on obtient

$$2Q'(x) + (1-x)^2Q''(x) = n^2(n+1)x^{n-1} - n(n-1)(n+1)x^{n-2}.$$

- (E) On a  $\sum_{k=1}^n k = Q'(1) = \frac{n(n+1)}{2}$ .

### Question 3

On se propose d'étudier la convergence et éventuellement de calculer l'intégrale

$$I = \int_0^{+\infty} \ln\left(1 + \frac{1}{t^2}\right) dt.$$

- (A) On a  $\ln\left(1 + \frac{1}{t^2}\right) \underset{t \rightarrow \infty}{\sim} \frac{1}{t^2}$ .
- (B) On a  $\ln\left(1 + \frac{1}{t^2}\right) \underset{t \rightarrow 0^+}{\sim} -\ln(t)$ .
- (C) L'intégrale  $I$  diverge.
- (D) Soient  $a, b$  deux réels strictement positifs tels que  $a < b$ . À l'aide d'une intégration par parties, on montre que

$$\int_a^b \ln\left(1 + \frac{1}{t^2}\right) dt = \left[ t \ln\left(1 + \frac{1}{t^2}\right) \right]_a^b + 2 \int_a^b \frac{1}{t^2 + 1} dt.$$

- (E) On a  $I = \pi$ .

### Question 4

Pour un entier naturel  $n$ , on se propose d'étudier la convergence et éventuellement de calculer l'intégrale  $I_n$  définie par  $I_n = \int_0^{+\infty} \frac{1}{x^n} \exp\left(-\frac{1}{x}\right) dx$ .

- (A) On a  $\frac{1}{x^n} \exp\left(-\frac{1}{x}\right) \underset{x \rightarrow +\infty}{\sim} \frac{1}{x^n}$ .
- (B) On a  $\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{1}{x^n} \exp\left(-\frac{1}{x}\right) = 1$ .
- (C) Pour tout entier  $n \geq 2$ , l'intégrale  $I_n$  converge.
- (D) À l'aide d'une intégration par parties, on montre que pour tout  $n \geq 2$ , on a

$$I_n = \frac{1}{n-1} I_{n+1}.$$

- (E) Pour tout entier  $n \geq 2$ , on a  $I_n = n!$

### Question 5

Soit le polynôme  $P(z) = z^4 - 4z^3 + 9z^2 + 16z - 52$ . On admet que  $P$  possède deux racines réelles opposées  $a$  et  $-a$  ( $a \neq 0$ ) que l'on déterminera. On en déduira la factorisation  $P(z) = (z^2 - a^2)(z^2 + bz + c)$ , en calculant les réels  $b$  et  $c$ . On montrera enfin qu'il existe deux racines complexes conjuguées  $z_1 = re^{i\theta}$  et  $z_2 = re^{-i\theta}$ , et on calculera  $r$  et  $\cos(\theta)$ .

- (A) On a  $P(a) - P(-a) = -8a(a^2 - 4)$ .
- (B) On a  $b = 2$  et  $c = 13$ .
- (C) Le discriminant de l'équation  $z^2 + bz + c = 0$  avec les valeurs de  $b$  et  $c$  calculées est  $\Delta = -36$ .
- (D) On a  $\{z_1, z_2\} = \{2 - 3i, 2 + 3i\}$ .
- (E) On a  $r = \sqrt{13}$  et  $\cos(\theta) = \frac{3}{\sqrt{13}}$ .

### Question 6

Soit la fraction rationnelle

$$F(x) = \frac{2x-2}{x(x-2)}.$$

On se propose de chercher les solutions sur  $I = ]2, +\infty[$  de l'équation différentielle sans second membre

$$y'(x) - F(x)y(x) = 0, \quad (\text{H})$$

puis de résoudre l'équation différentielle avec second membre

$$y'(x) - F(x)y(x) = x. \quad (\text{E})$$

(A) La décomposition en éléments simples de  $F(x)$  est  $F(x) = \frac{1}{x} + \frac{1}{x-2}$ .

(B) La fonction  $u(x) = \sqrt{x(x-2)}$  est une solution de (H).

(C) Si  $y(x) = x(x-2)K(x)$  est une solution de (E), alors  $K'(x) = \frac{1}{x(x-2)}$ .

(D) Les solutions de (E) sont de la forme

$$y(x) = (\ln(x-2) + C)x(x-2),$$

où  $C$  est une constante.

(E) Toutes les solutions  $y$  de (E) vérifient  $\lim_{x \rightarrow 2^+} y(x) = 0$ .

### Question 7

Soit la transformation  $f: \mathbb{C} \setminus \{-i\} \rightarrow \mathbb{C} \setminus \{1\}$ , définie par

$$f(z) = \frac{z-i}{z+i}.$$

On pose  $z = x + iy$  avec  $x$  et  $y$  dans  $\mathbb{R}$ . On note  $M$  le point d'affixe  $z$  dans le plan complexe  $P$  muni du repère orthonormé  $(O; \vec{i}, \vec{j})$ . On cherchera l'ensemble  $E \subset P$  des points  $M$  d'affixe  $z$  tels que  $|f(z)| = 1$ .

On cherchera ensuite l'ensemble  $F \subset P$  des points  $M$  d'affixe  $z$  tels que  $|f(z)| = 1/3$ . On vérifiera que l'équation obtenue est celle d'un cercle du plan  $P$ , dont on précisera le centre  $\Omega$  et le rayon  $R$ .

(A) On a  $|z+i|^2 = x^2 + y^2 + 1$ .

(B) L'ensemble  $E$  est l'axe réel  $(Ox)$ .

(C) L'ensemble  $F$  admet comme équation  $x^2 + y^2 + \frac{5}{8}y + 1 = 0$ .

(D) Le centre de  $F$  est  $\Omega$  de coordonnées  $(0, 5/4)$ .

(E) Le rayon de  $F$  est  $R = 3/4$ .

### Question 8

Deux composants électroniques  $A$  et  $B$  sont reliés par un réseau. Ils s'envoient des impulsions suivant le protocole suivant :

— **Étape 0.** Le composant  $A$  envoie une impulsion à  $B$ . Le composant  $B$  réagit de manière aléatoire :

1. Avec une probabilité  $p_0 = \frac{1}{2} = 2^{-1}$ , il répond à  $A$ . Dans ce cas, on passe à l'étape 1.
2. Avec une probabilité  $1 - p_0 = \frac{1}{2} = 1 - 2^{-1}$ , il ne répond pas. Dans ce cas, l'échange s'arrête.

— **Étape 1.** Le composant  $A$  envoie une impulsion à  $B$ . Le composant  $B$  réagit de manière aléatoire :

1. Avec une probabilité  $p_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} = 2^{-1/2}$ , il répond à  $A$ . Dans ce cas, on passe à l'étape 2.
2. Avec une probabilité  $1 - p_1 = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} = 1 - 2^{-1/2}$ , il ne répond pas. Dans ce cas, l'échange s'arrête.

⋮

— **Étape  $n$ .** Cette étape se déroule de manière analogue aux étapes 0 et 1, mais la probabilité  $p_n$  que  $B$  réponde à  $A$  vaut  $p_n = 2^{-\frac{1}{2^n}}$ .

⋮

- (A) La probabilité que  $A$  envoie une seule impulsion est de 50%.
- (B) La probabilité que  $B$  réponde à  $A$  diminue à chaque étape.
- (C) La probabilité que le composant  $B$  réponde à la 4<sup>e</sup> étape sachant qu'il a répondu à la 3<sup>e</sup> étape est  $2^{-\frac{1}{2^4}}$ .
- (D) La probabilité que l'échange dure au moins deux étapes est de  $2^{-(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4})} = 2^{-\frac{7}{4}}$ .
- (E) La probabilité que l'envoi d'impulsions entre  $A$  et  $B$  ne s'arrête jamais est égale à 0.

### Question 9

André joue à pile ou face avec une pièce non truquée (la probabilité de pile comme de face est 1/2). Si le tirage donne pile, alors André gagne 0,5 et si c'est face, il perd 1. Il peut jouer autant de fois qu'il le souhaite.

- (A) André joue une seule fois. La probabilité qu'il gagne 0,5 est 1/3.
- (B) André joue deux fois. La probabilité qu'il gagne 1 est de 1/4.
- (C) André joue quatre fois et son gain total est de 0,5. Dans ce cas, André a perdu exactement deux fois.
- (D) André joue quatre fois. La probabilité que son gain total soit de 0,5 est de 1/4.
- (E) L'espérance du gain pour un seul tirage est de -0,5.

Les questions 10, 11 et 12 ne doivent être traitées que par les candidats de l'option génie électrique.

Les questions 13, 14 et 15 ne doivent être traitées que par les candidats des options génie mécanique et génie civil.

Les questions qui ne correspondent pas à la section du candidat ne seront pas corrigées.

---

### Question 10

*Seulement pour les candidats de l'option génie électrique*

On considère les deux équations, à inconnues complexes respectivement  $z$  et  $Z$  :

$$z^2 + (-1 + i)z + i = 0, \quad (E)$$

$$Z^4 + (-1 + i)Z^2 + i = 0. \quad (E')$$

On calculera le discriminant  $\Delta \in \mathbb{C}$  de (E), et les racines carrées complexes  $\pm\delta$  de  $\Delta$ . On en déduira les racines complexes  $z_1$  et  $z_2$  de (E), sous forme algébrique puis sous forme polaire  $z_1 = r_1 e^{i\theta_1}$  et  $z_2 = r_2 e^{i\theta_2}$ , avec  $r_1 \geq 0$  et  $r_2 \geq 0$ . Enfin, on en déduira les quatre racines complexes de (E'), sous forme polaire.

- (A) Les racines carrées complexes de  $-i$  sont  $\frac{1-i}{2}$  et  $\frac{-1+i}{2}$ .
- (B) Les racines de (E) sont  $z_1 = \frac{1+\sqrt{3}}{2}(1-i)$  et  $z_2 = \frac{1-\sqrt{3}}{2}(1-i)$ .
- (C) On a  $r_1 = \frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ ,  $\theta_1 = -\pi/4$  et  $r_2 = \frac{1-\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ ,  $\theta_2 = -\pi/4$ .
- (D) Les modules des racines de (E') sont  $\sqrt{\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{2}}}$  et  $\sqrt{\frac{-1+\sqrt{3}}{\sqrt{2}}}$ .
- (E) Les arguments des racines de (E') sont  $-\frac{\pi}{8}$  et  $-\frac{\pi}{8} + \pi$ .

---

### Question 11

*Seulement pour les candidats de l'option génie électrique*

Dans les questions 11 et 12, on considère  $c$  un réel de  $[0, \pi]$  et  $f$  la fonction paire  $2\pi$ -périodique telle que

$$f(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq t \leq c, \\ 0 & \text{si } c < t \leq \pi. \end{cases}$$

On se propose d'étudier la série de Fourier de  $f$ . Cette série de Fourier sera notée

$$Sf(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{+\infty} (a_n \cos(nt) + b_n \sin(nt)).$$

- (A) Pour tout entier  $n \geq 1$ , on a  $b_n = 0$ .
- (B)  $a_0 = \frac{2c}{\pi}$ .
- (C) Si  $c = \pi$ , alors  $a_0 = 1$ .
- (D) Pour tout entier  $n \geq 1$ , on a  $a_n = \frac{2 \sin(nc)}{n\pi}$ .
- (E) La série de Fourier de  $f$  est  $Sf(t) = \frac{2c}{\pi} + \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2 \sin(nc)}{n\pi} \cos(nt)$ .

### Question 12

*Seulement pour les candidats de l'option génie électrique*

Même constante  $c$  et même fonction  $f$  qu'à la question 11.

- (A) On a  $Sf(c) = \frac{c}{\pi} + \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{\sin(2nc)}{n\pi}$ .
- (B) Pour  $0 < c < \pi$  et en posant  $\theta = 2c$  on en déduit que  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{\sin(n\theta)}{n} = \frac{\pi - \theta}{2}$ .
- (C) D'après la formule de Parseval, on a

$$\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f^2(t) dt = \frac{1}{2} \left( \sum_{n=0}^{+\infty} a_n^2 + \sum_{n=1}^{+\infty} b_n^2 \right).$$

- (D) On a  $\frac{c}{\pi} = \frac{c^2}{\pi^2} + \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2 \sin^2(nc)}{n^2 \pi^2}$ .
- (E) On a  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{\sin^2(nc)}{n^2} = \frac{c(\pi - c)}{2}$ .

### Question 13

*Seulement pour les candidats des options génie civil et génie mécanique*

Dans un espace vectoriel  $E$  sur  $\mathbb{R}$  de dimension 3 ayant une base  $\mathcal{B} = (\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$ , on considère l'endomorphisme  $f$  dont la matrice associée dans la base  $\mathcal{B}$  est

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- (A) 1 est une valeur propre de la matrice  $A$ .
- (B) La matrice  $A$  est inversible.
- (C)  $f(\vec{e}_1 + \vec{e}_2) = 3(\vec{e}_1 + \vec{e}_2)$ .
- (D) La matrice  $A$  est diagonalisable.
- (E) Il existe une matrice diagonale  $D$  telle que  $A = PDP^{-1}$ , où  $P$  est la matrice inversible

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

### Question 14

*Seulement pour les candidats des options génie civil et génie mécanique*

Dans l'espace affine euclidien  $\mathbb{R}^3$  de dimension 3, on considère le plan  $P_1$  d'équation cartésienne  $2x - y + z = 2$  et le plan  $P_2$  d'équation cartésienne  $y = z$ . On note  $D = P_1 \cap P_2$ , et on admet que  $D$  est une droite.

- (A) Les vecteurs  $\vec{n}_1 = (2, -1, 1)$  et  $\vec{n}_2 = (0, 1, -1)$  sont respectivement des vecteurs normaux aux plans  $P_1$  et  $P_2$ .
- (B) Les plans  $P_1$  et  $P_2$  sont perpendiculaires.
- (C) Le vecteur  $\vec{n} = (0, 2, 2)$  est un vecteur directeur de  $D$ .
- (D) Une représentation paramétrique de la droite  $D$  est :

$$\begin{cases} x = 1 \\ y = 1 + 2t \\ z = 1 + 2t \end{cases}, \text{ où } t \in \mathbb{R}.$$

- (E) La distance de tout point  $M(x, y, z)$  de  $\mathbb{R}^3$  au plan  $P_1$  est  $d(M, P_1) = \frac{|2x - y + z - 2|}{\sqrt{2}}$ .

### Question 15

*Seulement pour les candidats des options génie civil et génie mécanique*

Le plan est rapporté à un repère orthonormé  $(O; \vec{i}, \vec{j})$ . On considère la courbe  $\Gamma$  de représentation paramétrique

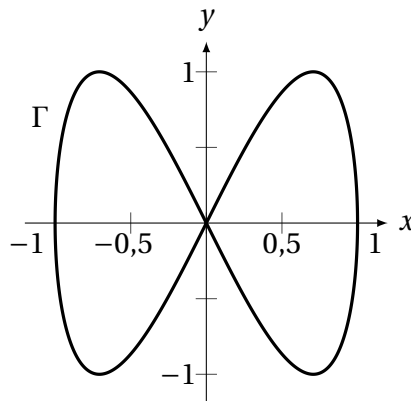
$$\begin{cases} x = \sin(2t) \\ y = \cos(t) \end{cases}, \text{ avec } t \in [0, 2\pi]$$

- (A) La courbe  $\Gamma$  est symétrique par rapport à l'axe des ordonnées.
- (B) Le vecteur

$$\begin{pmatrix} \sin(2t) \\ -\cos(t) \end{pmatrix}$$

est un vecteur directeur de la tangente à la courbe  $\Gamma$  au point de paramètre  $t$ .

- (C) La tangente à la courbe  $\Gamma$  au point  $M$  de paramètre  $t = \frac{\pi}{4}$  est horizontale.
- (D) La représentation graphique suivante est celle de  $\Gamma$  :



- (E) Une équation cartésienne de la courbe  $\Gamma$  est  $x^2 = 4y^2(1 - y^2)$ .