



Pour les candidats n'ayant pas suivi l'enseignement de spécialité maths

## Exercice 1. Étude de fonctions

6 points

Commun à tous les candidats

### Partie A

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbb{R}$  par

$$f(x) = xe^{1-x}.$$

1. Vérifier que pour tout réel  $x$ ,  $f(x) = e \times \frac{x}{e^x}$ .

Pour tout réel  $x$  on a :

$$e^{1-x} = e \times e^{-x} = e \times \frac{1}{e^x}$$

donc

$$\boxed{\forall x \in \mathbb{R}, f(x) = e \times \frac{x}{e^x}}$$

2. Déterminer la limite de la fonction  $f$  en  $-\infty$ .

$$\begin{aligned} & \bullet \left. \begin{array}{l} \lim_{x \rightarrow -\infty} 1-x = +\infty \\ \lim_{x \rightarrow +\infty} e^x = +\infty \end{array} \right\} \begin{array}{l} \implies \\ \text{par composition} \end{array} \lim_{x \rightarrow -\infty} e^{1-x} = +\infty \\ & \bullet \left. \begin{array}{l} \lim_{x \rightarrow -\infty} x = -\infty \\ \lim_{x \rightarrow -\infty} e^{1-x} = +\infty \end{array} \right\} \begin{array}{l} \implies \\ \text{par produit} \end{array} \lim_{x \rightarrow -\infty} x e^{1-x} = -\infty \end{aligned}$$

soit

$$\boxed{\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty}$$

3. Déterminer la limite de la fonction  $f$  en  $+\infty$ . Interpréter graphiquement cette limite.

**Propriété 1** (Limites liées à la fonction exponentielle)

$$\bullet (1) : \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x} = +\infty \quad \left| \quad \bullet (2) : \lim_{x \rightarrow -\infty} x e^x = 0 \quad \left| \quad \bullet (3) : \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1}{x} = 1$$

- D'après le (1) de la propriété 1 du cours on a  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x} = +\infty$  et donc en passant à l'inverse  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x}{e^x} = 0$ .
- De ce fait en multipliant par  $e > 0$  on a :

$$\boxed{\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = 0}$$

La courbe représentant la fonction  $f$  admet la droite d'équation  $y = 0$  comme asymptote horizontale en  $+\infty$ .

**4. Déterminer la dérivée de la fonction  $f$ .**

La fonction  $f$  est dérivable sur  $\mathbb{R}$  comme composée et produit de fonctions dérivables sur  $\mathbb{R}$ .

La fonction  $f$  est de la forme  $uv$  avec :

$$f(x) = u(x) \times v(x) \text{ avec } \begin{cases} u(x) = x & ; & u'(x) = 1 \\ v(x) = e^{1-x} & ; & v'(x) = -e^{1-x} \end{cases}$$

On a donc :

$$\begin{aligned} \forall x \in \mathbb{R}, f'(x) &= u'(x)v(x) + u(x)v'(x) \\ f'(x) &= 1 \times e^{1-x} + x \times (-e^{1-x}) \\ f'(x) &= e^{1-x}(1-x) \end{aligned}$$

$$\boxed{\forall x \in \mathbb{R}, f'(x) = (1-x)e^{1-x}}$$

**5. Étudier les variations de la fonction  $f$  sur  $\mathbb{R}$  puis dresser le tableau de variation.**

On a :

$$\forall x \in \mathbb{R}, e^{1-x} > 0$$

donc  $f'(x)$  est du signe de  $(1-x)$  et de ce fait on obtient aisément le tableau de variations suivant :

$x$	$-\infty$	$1$	$+\infty$
Signe de $f'(x)$	$+$	$0$	$-$
Variations de $f$	$-\infty$	$f(1) = 1$	$0$

**Partie B**

Pour tout entier naturel  $n$  non nul, on considère les fonctions  $g_n$  et  $h_n$  définies sur  $\mathbb{R}$  par :

$$g_n(x) = 1 + x + x^2 + \dots + x^n \quad \text{et} \quad h_n(x) = 1 + 2x + \dots + nx^{n-1}.$$

**1. Vérifier que, pour tout réel  $x$  :  $(1-x)g_n(x) = 1 - x^{n+1}$ .**

Pour tout réel  $x$ ,

$$\begin{aligned} (1-x)g_n(x) &= (1-x)(1 + x + x^2 + \dots + x^n) \\ &= 1 + x + x^2 + \dots + x^n - x - x^2 - x^3 - \dots - x^n - x^{n+1} \\ &= 1 - x^{n+1} \end{aligned}$$

et donc

$$\boxed{\forall x \in \mathbb{R}, (1-x)g_n(x) = 1 - x^{n+1}}$$

On obtient alors :

$$\boxed{\forall x \in \mathbb{R}, g_n(x) = \frac{1 - x^{n+1}}{1 - x}}$$

**2. Comparer les fonctions  $h_n$  et  $g'_n$ ,  $g'_n$  étant la dérivée de la fonction  $g_n$ .**

Pour tout réel  $x$ ,

$$g_n(x) = 1 + x + x^2 + \dots + x^n$$



donc on peut dériver les  $n + 1$  termes de cette somme de monômes dérivables

$$g'_n(x) = 0 + 1 + 2x + \dots + nx^{n-1} = h_n(x)$$

Or, pour tout réel  $x \neq 1$ ,  $g_n(x) = \frac{1 - x^{n+1}}{1 - x}$ .

La fonction  $g_n$  est dérivable sur  $\mathbb{R} \setminus \{1\}$  comme composée et quotient de fonctions dérivables.

La fonction  $g_n$  est de la forme  $\frac{u}{v}$  avec :

$$g_n(x) = \frac{u(x)}{v(x)} \text{ avec } \begin{cases} u(x) = 1 - x^{n+1} & ; & u'(x) = -(n+1)x^n \\ v(x) = 1 - x & ; & v'(x) = -1 \end{cases}$$

On a donc :

$$\begin{aligned} \forall x \in \mathbb{R} \setminus \{1\}, g'_n(x) = h_n(x) &= \frac{u'(x)v(x) - u(x)v'(x)}{v(x)^2} \\ g'_n(x) &= \frac{-(n+1)x^n(1-x) - (1-x^{n+1})(-1)}{(1-x)^2} \\ g'_n(x) &= \frac{-(n+1)x^n + (n+1)x^{n+1} + 1 - x^{n+1}}{(1-x)^2} \end{aligned}$$

Et donc

$$\boxed{\forall x \in \mathbb{R} \setminus \{1\}, g'_n(x) = h_n(x) = \frac{nx^{n+1} - (n+1)x^n + 1}{(1-x)^2}}$$

**3. Soit  $S_n = f(1) + f(2) + \dots + f(n)$ ,  $f$  étant la fonction définie dans la partie A.**

**En utilisant les résultats de la partie B, déterminer une expression de  $S_n$  puis sa limite quand  $n$  tend vers  $+\infty$ .**

$$S_n = 1 + 2e^{-1} + \dots + ne^{1-n} = 1 + 2e^{-1} + \dots + n(e^{-1})^{n-1} = h_n(e^{-1})$$

Or

$$\forall x \in \mathbb{R} \setminus \{1\}, h_n(x) = \frac{nx^{n+1} - (n+1)x^n + 1}{(1-x)^2}$$

donc

$$h_n(e^{-1}) = \frac{n(e^{-1})^{n+1} - (n+1)(e^{-1})^n + 1}{(1 - (e^{-1}))^2}$$

de ce fait

$$\boxed{S_n = \frac{\frac{n}{e^{n+1}} - \frac{n+1}{e^n} + 1}{\left(1 - \frac{1}{e}\right)^2}}$$

- D'après le (1) de la propriété 1 du cours on a  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{e^n}{n} = +\infty$  et donc en passant à l'inverse  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n}{e^n} = 0$ .

- De ce fait :

$$\boxed{\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n}{e^{n+1}} = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n}{e^n} \times \frac{1}{e} = 0}$$

- En outre

$$\left. \begin{aligned} \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n}{e^n} &= 0 \\ \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{e^n} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{par somme} \implies \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n}{e^n} + \frac{1}{e^n} = \boxed{\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n+1}{e^n} = 0}$$

- Donc on obtient facilement

$$\boxed{\lim_{n \rightarrow +\infty} S_n = \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{e}\right)^2} = \frac{e^2}{(e-1)^2}}$$

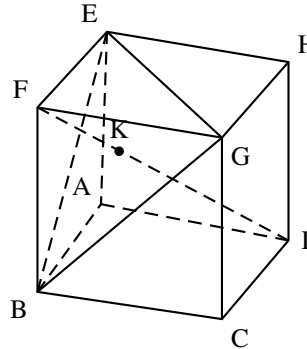


**Exercice 2. Géométrie dans l'espace**

**4 points**

Commun à tous les candidats

On considère le cube ABCDEFGH, d'arête de longueur 1, représenté ci-dessous et on munit l'espace du repère orthonormé  $(A; \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AD}, \overrightarrow{AE})$



**1. Déterminer une représentation paramétrique de la droite (FD).**

Dans le repère  $(A; \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AD}, \overrightarrow{AE})$ , le point A a pour coordonnées A (0, 0, 0), B (1, 0, 0), D (0, 1, 0) et E (0, 0, 1).

$$\overrightarrow{AF} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AE} = 1 \times \overrightarrow{AB} + 0 \times \overrightarrow{AD} + 1 \times \overrightarrow{AE}$$

donc le point F a pour coordonnées (1, 0, 1).

La droite (FD) a pour vecteur directeur  $\overrightarrow{DF}$  de coordonnées (1, -1, 1); de plus elle passe par le point D (0, 1, 0).

La droite (FD) a pour représentation paramétrique :

$$(FD) : \begin{cases} x = t \\ y = 1 - t \\ z = t \end{cases}, \text{ où } t \in \mathbb{R}$$

**2. Démontrer que le vecteur  $\vec{n} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}$  est un vecteur normal au plan (BGE) et déterminer une équation du plan (BGE).**

Soit  $\vec{n}$  le vecteur de coordonnées (1, -1, 1). Ce vecteur est un vecteur normal au plan (BGE) s'il est orthogonal aux deux vecteurs  $\overrightarrow{EB}$  et  $\overrightarrow{EG}$  directeurs du plan (BGE).

- $\overrightarrow{EB}$  a pour coordonnées (1, 0, -1);

$$\vec{n} \cdot \overrightarrow{EB} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} = 1 \times 1 + (-1) \times 0 + 1 \times (-1) = 0$$

donc

$$\vec{n} \perp \overrightarrow{EB}$$

- On a :

$$\overrightarrow{EG} = \overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AD} \text{ soit } \overrightarrow{EG} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

donc

$$\vec{n} \cdot \overrightarrow{EG} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = 1 \times 1 + (-1) \times 1 + 1 \times 0 = 0$$



donc

$$\vec{n} \perp \vec{EG}$$

Donc le vecteur

$$\vec{n} (1, -1, 1) \text{ est normal au plan (BGE).}$$

Le plan (BGE) a pour vecteur normal  $\vec{n}$  et passe par le point B ; c'est l'ensemble des points :

$$(BGE) = \left\{ M(x, y, z), \vec{n} \perp \vec{BM} \right\}$$

$\vec{BM}$  a pour coordonnées  $(x - 1, y, z)$  ;

$$(BGE) = \{M(x, y, z), 1 \times (x - 1) + (-1) \times y + 1 \times z = 0\}$$

L'équation cartésienne du plan

$$(BGE) : x - y + z - 1 = 0$$

**3. Montrer que la droite (FD) est perpendiculaire au plan (BGE) en un point K de coordonnées  $K\left(\frac{2}{3}; \frac{1}{3}; \frac{2}{3}\right)$ .**

Le vecteur  $\vec{DF}$  est égal au vecteur  $\vec{n}$  qui est normal au plan (BGE) donc la droite (FD) est perpendiculaire au plan (BGE).

Les coordonnées  $(x, y, z)$  du point d'intersection de la droite (FD) et du plan (BGE) sont solutions du système :

$$\begin{cases} x = t \\ y = 1 - t \\ z = t \\ x - y + z - 1 = 0 \end{cases} \implies \begin{cases} x = t \\ y = 1 - t \\ z = t \\ t - (1 - t) + t - 1 = 0 \end{cases} \implies \begin{cases} x = t \\ y = 1 - t \\ z = t \\ 3t = 2 \end{cases} \implies \begin{cases} x = \frac{2}{3} \\ y = \frac{1}{3} \\ z = \frac{2}{3} \\ t = \frac{2}{3} \end{cases}$$

Donc la droite (FD) est perpendiculaire au plan (BGE) au point K de coordonnées  $\left(\frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}\right)$ .

**4. Quelle est la nature du triangle BEG ? Déterminer son aire.**

Soit H le milieu de [EG] ; ce point est aussi le pied de la hauteur issue de B dans le triangle équilatéral BEG de côté  $a = \sqrt{2}$ .

Dans un triangle équilatéral de côté  $a$ , la hauteur est égale à  $\frac{a\sqrt{3}}{2}$  ; donc dans le triangle équilatéral BEG, la hauteur

$$BH = \frac{\sqrt{2} \times \sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{6}}{2}$$

L'aire du triangle BEG vaut

$$\mathcal{A}(BEG) = \frac{EG \times BH}{2} = \frac{\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{6}}{2}}{2} = \frac{\sqrt{12}}{4} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

**5. En déduire le volume du tétraèdre BEGD.**

Le volume d'un tétraèdre est  $\frac{\text{aire de la base} \times \text{hauteur}}{3}$ . D'après les questions précédentes, le volume du tétraèdre BEGD est

$\frac{\text{aire}(BEG) \times KD}{3}$ . Dans le repère orthonormé  $(A; \vec{AB}, \vec{AD}, \vec{AE})$  :

$$KD^2 = (x_D - x_K)^2 + (y_D - y_K)^2 + (z_D - z_K)^2 = \left(0 - \frac{2}{3}\right)^2 + \left(1 - \frac{1}{3}\right)^2 + \left(0 - \frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{9} + \frac{4}{9} + \frac{4}{9} = \frac{12}{9}$$

$$KD = \sqrt{\frac{12}{9}} = \frac{\sqrt{12}}{\sqrt{9}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

Le volume du tétraèdre est donc :

$$\mathcal{V} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{2\sqrt{3}}{3}}{3} = \frac{1}{3}$$



### Exercice 3. Non spé. maths : Complexes

5 points

Candidats n'ayant pas suivi l'enseignement de spécialité

Le plan complexe est rapporté à un repère orthonormé direct. On considère l'équation :

$$(E) : z^2 - 2z\sqrt{3} + 4 = 0.$$

1. Résoudre l'équation (E) dans l'ensemble  $\mathbb{C}$  des nombres complexes.

$$\Delta = (-2\sqrt{3})^2 - 4 \times 1 \times 4 = 12 - 16 = -4 = (2i)^2$$

L'équation admet donc deux solutions complexes conjuguées  $z'$  et  $z''$  avec :

$$z' = \frac{-(-2\sqrt{3}) + i\sqrt{4}}{2} = \frac{2\sqrt{3} + 2i}{2} \text{ soit } \boxed{z' = \sqrt{3} + i \text{ et } z'' = \sqrt{3} - i}$$

2. On considère la suite  $(M_n)$  des points d'affixes  $z_n = 2^n e^{i(-1)^n \frac{\pi}{6}}$ , définie pour  $n \geq 1$ .

2. a. Vérifier que  $z_1$  est une solution de (E).

$$z_1 = 2^1 e^{i(-1)^1 \frac{\pi}{6}} = 2 e^{i \frac{-\pi}{6}} = 2 \left( \cos \frac{-\pi}{6} + i \sin \frac{-\pi}{6} \right) = 2 \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + i \left( -\frac{1}{2} \right) \right) = \sqrt{3} - i = z''$$

Donc  $z_1$  est solution de l'équation (E).

2. b. Écrire  $z_2$  et  $z_3$  sous forme algébrique.

- $z_2 = 2^2 e^{i(-1)^2 \frac{\pi}{6}} = 4 e^{i \frac{\pi}{6}} = 4 \left( \cos \frac{\pi}{6} + i \sin \frac{\pi}{6} \right) = 4 \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + i \frac{1}{2} \right)$  donc  $\boxed{z_2 = 2\sqrt{3} + 2i}$

- $z_3 = 2^3 e^{i(-1)^3 \frac{\pi}{6}} = 8 e^{i \frac{-\pi}{6}} = 8 \left( \cos \frac{-\pi}{6} + i \sin \frac{-\pi}{6} \right) = 8 \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + i \left( -\frac{1}{2} \right) \right)$  donc  $\boxed{z_3 = 4\sqrt{3} - 4i}$

2. c. Placer les points  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  et  $M_4$  sur la figure donnée en annexe et tracer, sur la figure donnée en annexe, les segments  $[M_1, M_2]$ ,  $[M_2, M_3]$  et  $[M_3, M_4]$ .

- Pour  $M_1$  :
  - $|z_1| = 2$  donc le point  $M_1$  d'affixe  $z_1$  est situé sur le cercle de centre O et de rayon 2 ;
  - En outre la partie imaginaire de  $z_1$  est  $-1$  donc le point  $M_1$  est situé sur la droite d'équation  $y = -1$ .
- Pour  $M_2$ , de même on a :
  - $|z_2| = 4$  et  $\text{Im}(z_2) = 2$ .
- Pour  $M_3$ , de même on a :
  - $|z_3| = 8$  et que  $\text{Im}(z_3) = -4$ .
- Pour  $M_4$  on a :
  - $z_4 = 2^4 e^{i(-1)^4 \frac{\pi}{6}} = 16 e^{i \frac{\pi}{6}}$  donc  $|z_4| = 16$  ; de plus  $\arg(z_4) = \frac{\pi}{6} = \arg(z_2)$
  - donc les points O,  $M_2$  et  $M_4$  sont alignés et  $M_4 \in (OM_2)$ .

3. Montrer que, pour tout entier  $n \geq 1$ ,  $z_n = 2^n \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{(-1)^n i}{2} \right)$ .

- Si  $n \geq 1$  et  $n$  pair :

$$(-1)^n = +1, \text{ donc } e^{i(-1)^n \frac{\pi}{6}} = e^{i \frac{\pi}{6}} = \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{i}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{(-1)^n i}{2}.$$

$$\text{Donc si } n \geq 1 \text{ pair, } z_n = 2^n e^{i(-1)^n \frac{\pi}{6}} = 2^n \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{(-1)^n i}{2} \right).$$

- Si  $n$  impair,  $(-1)^n = -1$  :

$$\text{donc } e^{i(-1)^n \frac{\pi}{6}} = e^{i \frac{-\pi}{6}} = \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{i}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{(-1)^n i}{2}.$$

$$\text{Donc si } n \text{ impair, } z_n = 2^n e^{i(-1)^n \frac{\pi}{6}} = 2^n \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{(-1)^n i}{2} \right).$$



$$\forall n \in \mathbb{N}; n \geq 1; z_n = 2^n \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{(-1)^n i}{2} \right)$$

**4. Calculer les longueurs  $M_1M_2$  et  $M_2M_3$ .**

- $M_1M_2 = |z_2 - z_1| = |2\sqrt{3} + 2i - (\sqrt{3} - i)| = |2\sqrt{3} + 2i - \sqrt{3} + i| = |\sqrt{3} + 3i|$   
 $= \sqrt{(\sqrt{3})^2 + 3^2} = \sqrt{3+9} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}$ , soit  $M_1M_2 = 2\sqrt{3}$
- $M_2M_3 = |z_3 - z_2| = |4\sqrt{3} - 4i - (2\sqrt{3} + 2i)| = |4\sqrt{3} - 4i - 2\sqrt{3} - 2i| = |2\sqrt{3} - 6i|$   
 $= \sqrt{(2\sqrt{3})^2 + (-6)^2} = \sqrt{12+36} = \sqrt{48} = 4\sqrt{3} = 2^2\sqrt{3}$ , soit  $M_2M_3 = 2^2\sqrt{3}$

Pour la suite de l'exercice, on admet que, pour tout entier  $n \geq 1$ ,  $M_nM_{n+1} = 2^n\sqrt{3}$

**5. On note  $\ell_n = M_1M_2 + M_2M_3 + \dots + M_nM_{n+1}$ .**

**5. a. Montrer que, pour tout entier  $n \geq 1$ ,  $\ell^n = 2\sqrt{3}(2^n - 1)$ .**

$$\ell_n = 2\sqrt{3} + 2^2\sqrt{3} + \dots + 2^n\sqrt{3} = (2 + 2^2 + \dots + 2^n) \sqrt{3} \quad : \text{ D'après la question 4.}$$

La suite  $(2^n)_{n \geq 1}$  est géométrique de raison  $q = 2$  et de premier terme  $2^1 = 2$ ; la somme  $S$  de ses premiers termes consécutifs est :

$$S = \text{premier terme} \times \frac{1 - \text{raison}^{\text{nombre de termes}}}{1 - \text{raison}}$$

donc

$$2 + 2^2 + \dots + 2^n = 2 \times \frac{1 - 2^n}{1 - 2} = 2 \times \frac{2^n - 1}{2 - 1} = 2(2^n - 1)$$

$$\ell_n = (2 + 2^2 + \dots + 2^n) \sqrt{3} = 2\sqrt{3}(2^n - 1)$$

**5. b. Déterminer le plus petit entier  $n$  tel que  $\ell^n \geq 1\,000$ .**

$$\begin{aligned} \ell_n \geq 1\,000 &\iff 2\sqrt{3}(2^n - 1) \geq 1\,000 \\ &\iff 2^n - 1 \geq \frac{1\,000}{2\sqrt{3}} \\ &\iff 2^n \geq \frac{1\,000}{2\sqrt{3}} + 1 \end{aligned}$$

La fonction  $\ln$  est strictement croissante sur  $]0, +\infty[$ , donc

$$\begin{aligned} \ell_n \geq 1\,000 &\iff \ln(2^n) \geq \ln\left(\frac{1\,000}{2\sqrt{3}} + 1\right) \\ &\iff n \ln 2 \geq \ln\left(\frac{1\,000}{2\sqrt{3}} + 1\right) \end{aligned}$$

Or  $\ln 2 > 0$  donc

$$\begin{aligned} \ell_n \geq 1\,000 &\iff n \geq \frac{\ln\left(\frac{1\,000}{2\sqrt{3}} + 1\right)}{\ln 2} \\ &\iff n \geq 8,18 \end{aligned}$$

**Le plus petit entier  $n$  tel que  $\ell^n \geq 1\,000$  est 9.**

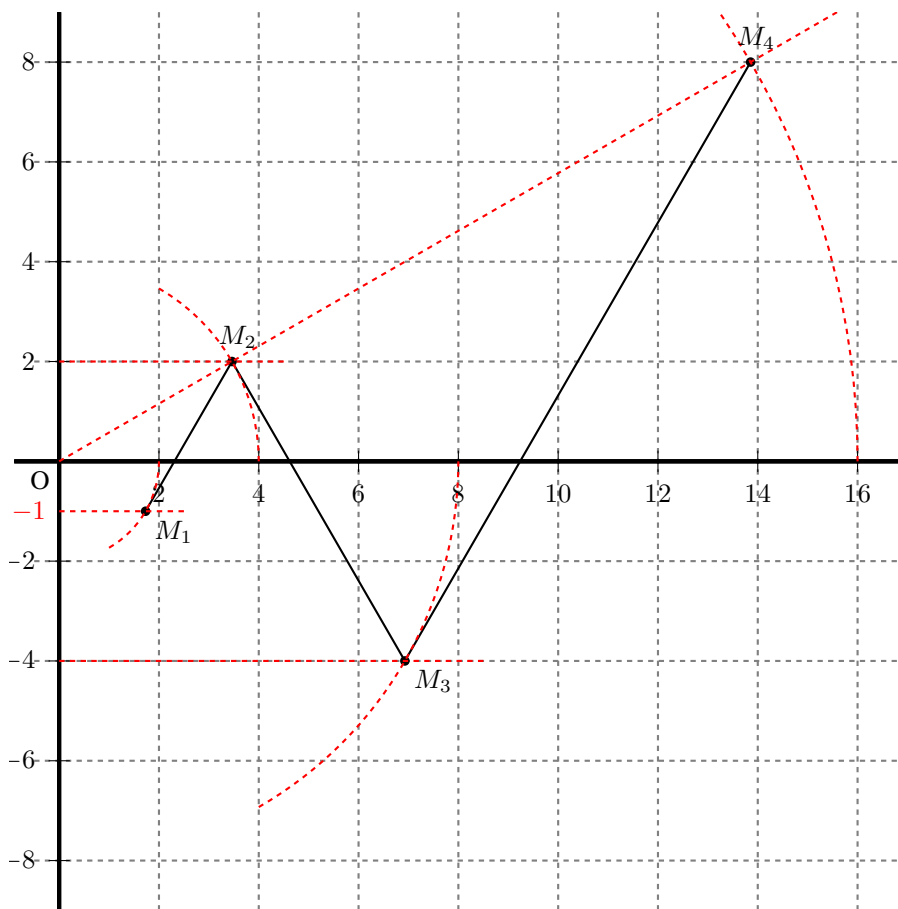
On peut vérifier que :

- $\ell_8 = 510\sqrt{3} \approx 883 < 1\,000$
- et  $\ell_9 = 1\,022\sqrt{3} \approx 1\,770 > 1\,000$ .



**ANNEXE**  
A rendre avec la copie

**Exercice 3 : Candidats n'ayant pas suivi l'enseignement de spécialité**







## Exercice 4. Probabilités

5 points

Commun à tous les candidats

Dans cet exercice, les résultats seront arrondis à  $10^{-4}$  près.

### Partie A

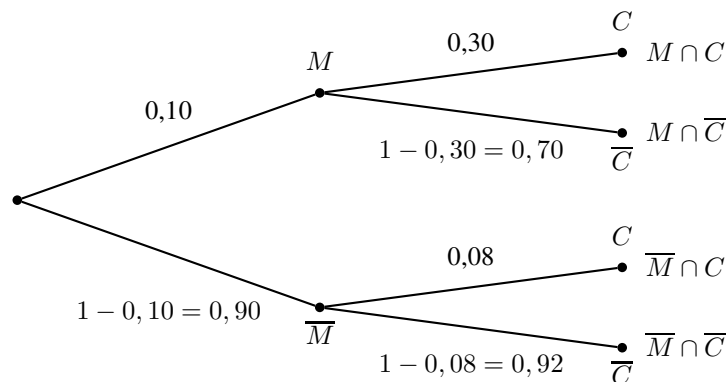
En utilisant sa base de données, la sécurité sociale estime que la proportion de Français présentant, à la naissance, une malformation cardiaque de type anévrisme est de 10 %. L'étude a également permis de prouver que 30 % des Français présentant, à la naissance, une malformation cardiaque de type anévrisme, seront victimes d'un accident cardiaque au cours de leur vie alors que cette proportion n'atteint plus que 8 % pour ceux qui ne souffrent pas de cette malformation congénitale.

On choisit au hasard une personne dans la population française et on considère les événements :

$M$  : « La personne présente, à la naissance, une malformation cardiaque de type anévrisme »

$C$  : « La personne est victime d'un accident cardiaque au cours de sa vie ».

En utilisant les données du texte, on peut construire l'arbre pondéré suivant :



1. 1. a.  $P(M \cap C) = P(M) \times P_M(C) = 0,1 \times 0,3 = 0,03$  soit  $P(M \cap C) = 3\%$ .

1. b. D'après la formule des probabilités totales :

$$\begin{aligned}
 P(C) &= P(M \cap C) + P(\overline{M} \cap C) \\
 &= P(M) \times P_M(C) + P(\overline{M}) \times P_{\overline{M}}(C) \\
 &= 0,1 \times 0,3 + 0,9 \times 0,08 \\
 &= 0,03 + 0,072 = 0,102
 \end{aligned}$$

$$P(C) = 10,2\%$$

2. On choisit au hasard une victime d'un accident cardiaque.

La probabilité qu'elle présente une malformation cardiaque de type anévrisme est  $P_C(M)$  :

$$P_C(M) = \frac{P(M \cap C)}{P(C)} = \frac{0,03}{0,102} \approx 0,2941 \text{ soit } P_C(M) = 29,41\%$$

### Partie B

On note  $X$  la variable aléatoire comptabilisant le nombre de personnes de l'échantillon présentant une malformation cardiaque de type anévrisme.

1. Définir la loi de la variable aléatoire  $X$ .

On peut considérer que, choisir au hasard un échantillon de 400 personnes, peut être assimilé à un tirage avec remise de 400 personnes dans la population totale.

Or la probabilité qu'une personne souffre d'une malformation cardiaque de type anévrisme est  $P(M) = 0,1$  d'après le texte.

Donc on peut dire que la variable aléatoire  $X$  qui donne le nombre de personnes souffrant de cette malformation cardiaque suit une loi binomiale de paramètres  $n = 400$  et  $p = 0,1$ .



2. Déterminer  $P(X = 35)$ .

Comme  $X$  suit la loi binomiale  $\mathcal{B}(400; 0,1)$ , 
$$P(X = 35) = \binom{400}{35} 0,1^{35} (1 - 0,1)^{400-35} \approx 0,0491$$

3. Déterminer la probabilité que 30 personnes de ce groupe, au moins, présentent une malformation cardiaque de type anévrisme.

La probabilité que 30 personnes, au moins, présentent une malformation cardiaque de type anévrisme est  $P(X \geq 30)$  or :

$$\begin{aligned} P(X \geq 30) &= 1 - P(X < 30) \\ &= 1 - P(X \leq 29) \\ &\approx 1 - 0,0357 \end{aligned}$$

$$P(X \geq 30) \approx 96,43\%$$

## Partie C

1. On considère la variable aléatoire  $F$ , définie par  $F = \frac{X}{400}$ ,  $X$  étant la variable aléatoire de la partie B. Déterminer l'intervalle de fluctuation asymptotique de la variable aléatoire  $F$  au seuil de 95 %.

**Théorème 1** (Intervalle de fluctuation asymptotique)

Si les conditions suivantes sont remplies :

$$\begin{cases} \checkmark & n \geq 30 \\ \checkmark & np \geq 5 \\ \checkmark & n(1-p) \geq 5 \end{cases}$$

Alors un intervalle de fluctuation asymptotique au seuil de confiance de 95% de la fréquence  $F_n$  d'un caractère dans un échantillon de taille  $n$  est :

$$I_n = \left[ p - 1,96 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}} ; p + 1,96 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}} \right]$$

où  $p$  désigne la proportion de ce caractère dans la population.

On a  $n = 400$ ,  $p = 10\%$  alors :

$$\text{Conditions : } \begin{cases} \checkmark & n = 400 \geq 30 \\ \checkmark & np = 400 \times 10\% = 40 \geq 5 \\ \checkmark & n(1-p) = 400 \times 90\% = 360 \geq 5 \end{cases}$$

On sait que si  $X$  suit la loi binomiale  $\mathcal{B}(n, p)$ , alors puisque les conditions rappelées ci-avant sont vérifiées, l'intervalle de fluctuation asymptotique de la variable aléatoire  $F = \frac{X}{400}$  au seuil de 95 % est donné par :

$$I = \left[ p - 1,96 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}} ; p + 1,96 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}} \right] = \left[ 0,1 - 1,96 \frac{\sqrt{0,1(1-0,1)}}{\sqrt{400}} ; 0,1 + 1,96 \frac{\sqrt{0,1(1-0,1)}}{\sqrt{400}} \right]$$

et donc

$$I \approx [0,0706 ; 0,1294] = [7,06\% ; 12,94\%]$$

2. Dans l'échantillon considéré, 60 personnes présentent une malformation cardiaque de type anévrisme ;

$$\frac{60}{400} = 15\% \notin I$$

Le taux de malades dans cet échantillon est anormalement élevé.