



# ID

## NOM DE L'ETUDIANT

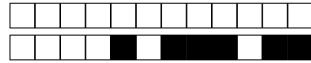
SCIPER: **SCIPER**

Signature:

Attendez le début de l'épreuve avant de tourner la page. Ce document est imprimé recto-verso, il contient XX pages, les dernières pouvant être vides. Ne pas dégrafer.

- Posez votre carte d'étudiant sur la table.
- **Aucun** document n'est autorisé.
- L'utilisation d'une **calculatrice** et de tout outil électronique est interdite pendant l'épreuve.
- Pour les questions à **choix multiple**, on comptera:
  - +3 points si la réponse est correcte,
  - 0 point si la question n'est pas répondue ou s'il y a plusieurs réponses inscrites,
  - 1 point si la réponse est incorrecte.
- Pour les questions de type **vrai-faux**, on comptera:
  - +1 point si la réponse est correcte,
  - 0 point si la question n'est pas répondue ou s'il y a plusieurs réponses inscrites,
  - 1 point si la réponse est incorrecte.
- Utilisez un **stylo** à encre **noire ou bleu foncé** et effacez proprement avec du **correcteur blanc** si nécessaire.
- Si une question est erronée, l'enseignant se réserve le droit de l'annuler.

Respectez les consignes suivantes   Observe this guidelines   Beachten Sie bitte die unten stehenden Richtlinien		
choisir une réponse   select an answer Antwort auswählen	ne PAS choisir une réponse   NOT select an answer NICHT Antwort auswählen	Corriger une réponse   Correct an answer Antwort korrigieren
ce qu'il ne faut <b>PAS</b> faire   what should <b>NOT</b> be done   was man <b>NICHT</b> tun sollte		



## Première partie, questions à choix multiple

Pour chaque question marquer la case correspondante à la réponse correcte sans faire de ratures. Il n'y a qu'**une seule** réponse correcte par question.

**Question 1** Soit le champ vectoriel  $E : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  défini par

$$E(x, y, z) = (x^2 - e^y, \sin z, y^2 + z),$$

et soit

$$S(x, y, z) = \operatorname{div} E(x, y, z),$$

Alors, pour tout  $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$ ,  $S$  vérifie

- $S(x, y, z) = 2x + 1$
- $S(x, y, z) = 2x + \cos z + 1$
- $S(x, y, z) = 2x + 2y$
- $S(x, y, z) = 2(x + 1)$

**Question 2** Soit la fonction  $u : \mathbb{R}^2 \setminus \{(0, 0)\} \rightarrow \mathbb{R}$  définie par  $u(x, y) = \ln(x^2 + y^2)$  et soit  $S(x, y) = \Delta u(x, y)$ . Alors, pour tout  $(x, y) \in \mathbb{R}^2 \setminus \{(0, 0)\}$ ,  $S$  vérifie

- $S(x, y) = 0$
- $S(x, y) = \frac{-1}{(x^2 + y^2)^{3/2}}$
- $S(x, y) = \frac{-1}{x^2 + y^2}$
- $S(x, y) = \frac{x + y}{x^2 + y^2}$

**Question 3** Soit  $\Gamma$  la frontière du triangle de sommets  $(0, 0, 0)$ ,  $(1, 1, 0)$ , et  $(0, 1, 1)$  et soit la fonction  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$  définie par  $f(x, y, z) = 1$ . Alors l'intégrale  $\int_{\Gamma} f \, ds$  vaut

- $\sqrt{2}$
- $4\sqrt{2}$
- $3\sqrt{2}$
- $2\sqrt{2}$

**Question 4** Soit  $S = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : x^2 + y^2 + z^2 \leq 1\}$  et soit  $n$  le vecteur normal à  $\partial S$ , unitaire et dirigé vers l'extérieur. On rappelle que  $\operatorname{volume}(S) = \frac{4\pi}{3}$  et  $\operatorname{aire}(\partial S) = 4\pi$ . On considère le champ vectoriel  $F : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  défini par  $F(x, y, z) = (2x, y, 1)$ . Alors

$$\int_{\partial S} F \cdot n \, ds$$

vaut

- $4\pi$
- $2\pi/3$
- $4\pi/3$
- $2\pi$

**Question 5** L'intégrale

$$S = \int_0^{2\pi} |1 + 2 \cos x - \sin(2x)|^2 dx,$$

vaut

- $S = 12\pi$
- $S = 8$
- $S = 6\pi$
- $S = 7\pi$

**Question 6** Soit  $u$  une solution de l'équation aux dérivées partielles

$$\begin{cases} \partial_t u(t, x) - 4\partial_{xx}^2 u(t, x) = \cos(2x) \text{ pour } t \geq 0, x \in [0, \pi], \\ u_x(t, 0) = u_x(t, \pi) = 0 \text{ pour } t \geq 0, \\ u(0, x) = 0 \text{ pour } x \in [0, \pi], \end{cases}.$$

et soit  $S : [0, \pi] \rightarrow \mathbb{R}$  la fonction définie par

$$S(x) = \lim_{t \rightarrow +\infty} u(t, x).$$

Alors pour tout  $x \in [0, \pi]$ ,

- $S(x) = 0$
- $S(x) = \cos(2x)/16$
- $S(x) = +\infty$
- $S(x) = 1$



## Deuxième partie, questions du type Vrai ou Faux

Pour chaque question, marquer (sans faire de ratures) la case VRAI si l'affirmation est **toujours vraie** ou dans la case FAUX si elle **n'est pas toujours vraie** (c'est-à-dire, si elle est parfois fausse).

**Question 7** Soit  $u \in C^3(\mathbb{R}^3, \mathbb{R}^3)$  et soit le champ vectoriel  $F : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  défini par

$$F(x, y, z) = u(x, y, z) + (x, y, z).$$

Alors  $F$  dérive d'un potentiel sur  $\mathbb{R}^3$ .

VRAI       FAUX

**Question 8** Soit  $\Gamma$  la courbe définie par  $\Gamma = \{(\cos t, \sin t, \frac{t^2}{2}) \in \mathbb{R}^3 : t \in [0, 1]\}$ . La longueur de cette courbe est  $3/2$ .

VRAI       FAUX

**Question 9** Soient  $\Omega = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3; x^2 + y^2 + z^2 < 1\}$  et  $u, v \in C^2(\mathbb{R}^3, \mathbb{R})$ . Alors

$$\int_{\Omega} \Delta u \cdot v = \int_{\Omega} \Delta v \cdot u.$$

VRAI       FAUX

**Question 10** Soit le champ vectoriel  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  défini par  $f(x, y) = (2x - 2y, -2x + 1)$  pour  $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ . Alors  $f$  dérive d'un potentiel sur  $\mathbb{R}^2$ .

VRAI       FAUX

**Question 11** Soit  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  une fonction paire,  $2\pi$ -périodique satisfaisant  $f(x) = x + 1$  pour  $x \in [0, \pi]$ . Alors les coefficients de Fourier  $c_n(f)$  satisfont

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |c_n(f)|^2 = \pi^2/3 + \pi + 1$$

VRAI       FAUX

**Question 12** L'intégrale

$$S = \int_0^{2\pi} |\cos(2x) - \sin x|^2 dx$$

vaut  $S = 4\pi$ .

VRAI       FAUX



**Question 13** Soient  $u, v \in C^2([0, +\infty) \times [0, 1])$  telles que

$$\begin{cases} \partial_t u(t, x) - \partial_{xx}^2 u(t, x) = \partial_t v(t, x) - \partial_{xx}^2 v(t, x) \text{ pour } x \in [0, 1], t \geq 0, \\ u(t, 0) - v(t, 0) = u(t, \pi) - v(t, \pi) = 0 \text{ pour } t > 0, \\ u(0, x) = v(0, x) = 0 \text{ pour } x \in [0, 1]. \end{cases}$$

Alors  $u = v$ .

VRAI       FAUX

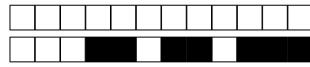
**Question 14** Soit la fonction  $u : \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  définie par

$$u(t, x) = \sum_{k=1}^3 e^{-(k^2+1)t} [\sin(kx) + \cos(kx)] + 1,$$

pour tout  $t \geq 0$  et  $x \in \mathbb{R}$ . Alors  $u$  est une solution de l'équation aux dérivées partielles

$$\begin{cases} \partial_t u(t, x) - \partial_{xx}^2 u(t, x) + u(t, x) = 0 \text{ pour } t \geq 0, x \in [0, 2\pi], \\ u(t, 0) = u(t, 2\pi) \text{ pour } t \geq 0. \end{cases}$$

VRAI       FAUX



### Troisième partie, question de type ouvert

Répondre dans l'espace dédié. Votre réponse doit être soigneusement justifiée, toutes les étapes de votre raisonnement doivent figurer dans votre réponse. Laisser libres les cases à cocher : elles sont réservées au correcteur.

**Question 15:** *Cette question est notée sur 3 points.*

The image consists of three identical horizontal rows of five empty square boxes. Each box is white with a black border. The first row is positioned at the bottom left, the second at the top center, and the third at the bottom right of the page.

Soit  $f$  la fonction paire définie sur  $(-\pi, \pi)$  qui satisfait  $f(x) = \sin x$  pour tout  $x \in [0, \pi]$ . On définit

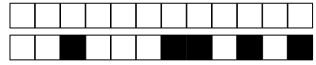
$$S = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{4k^2 - 1}.$$

En calculant les coefficients de Fourier  $a_n(f)$ ,  $b_n(f)$ , déduire la valeur de  $S$ .





PROJET



**Question 16:** Cette question est notée sur 3 points.

<input type="checkbox"/>									
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

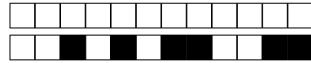
Soit  $f : [0, 2\pi] \rightarrow \mathbb{C}$ . Est-ce que les coefficients de Fourier  $a_n(f), b_n(f), c_n(f)$  satisfont

$$|c_n(f)|^2 = |a_n(f)|^2 + |b_n(f)|^2$$

pour tout  $n \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ ? Justifiez votre réponse.



PROJET



**Question 17:** Cette question est notée sur 6 points.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
--------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

On considère l'équation aux dérivées partielles suivante:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 & \text{pour } t \geq 0, x \in [0, \pi], \\ u(t, 0) = u(t, \pi) = 0 & \text{pour } t \geq 0, \\ u(0, x) = \sin(2x); \partial_t u(0, x) = 0 & \text{pour } x \in [0, \pi]. \end{cases} \quad (1)$$

- a. (2 points) On cherche des solutions de la forme  $u(t, x) = a(t) \sin(2x)$ . Écrire l'équation satisfait par  $a$ .
- b. (2 points) Trouver  $a$  puis donner une solution  $u \in C^2([0, \pi] \times [0, +\infty))$  de (1).
- c. (2 points) Montrer que (1) a au plus une solution dans  $C^2([0, \pi] \times [0, +\infty))$ .





PROJET



PROJET