

# Feuille d'exercices 17

## Espaces vectoriels : dimension finie

### — Exercice 1 ●○○ — Compléter ou extraire

1. La famille de  $\mathbb{R}^4$  formée de  $e_1 = (1, 0, 1, 1)$ ,  $e_2 = (1, 1, 1, 1)$  et  $e_3 = (0, 1, 1, 0)$  est-elle libre ? Si oui, la compléter en une base de  $\mathbb{R}^4$ .
2. La famille de polynômes  $(X, 1 - X, X^2 + X^3)$  est-elle libre ? Si oui, la compléter en une base de  $\mathbb{R}_3[X]$ .
3. La famille de  $\mathbb{R}^4$  formée des vecteurs  $e_1, e_2$  et  $e_3$  de la question 1, ainsi que des vecteurs  $e_4 = (2, 1, 2, 2)$ ,  $e_5 = (0, 0, 1, 1)$  et  $e_6 = (2, 0, 0, 1)$  est-elle génératrice dans  $\mathbb{R}^4$  ? Si oui, en extraire une base.
4. La famille de  $M_2(\mathbb{R})$  formée des matrices

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}, A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, A_3 = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$

$$A_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, A_5 = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}, A_6 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{pmatrix}$$

est-elle génératrice dans  $M_2(\mathbb{R})$  ? Si oui, en extraire une base.

### — Exercice 2 ●○○ — Dimension et base

Déterminer une base et la dimension des sous-espaces vectoriels suivants (on pourra vérifier que c'est un sous-espace vectoriel en cas de doute) :

1.  $\{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x = z\}$ .
2.  $\{(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \in \mathbb{R}^5 \mid x_1 - 2x_3 + x_4 = 0 \text{ et } x_1 + x_2 + x_5 = 0 \text{ et } x_3 + x_4 + 2x_5 = 0\}$ .
3. Le sous-ensemble de  $\mathbb{R}^4$  donné par  $\{(\alpha + 2\beta, -\beta + \gamma, -\gamma + 3\alpha, \beta) \mid (\alpha, \beta, \gamma) \in \mathbb{R}^3\}$ .
4.  $\{P \in \mathbb{R}[X] \mid P(X^3) = X^2P(X^2)\}$ .
5.  $\{P \in \mathbb{R}_3[X] \mid P(1) = P'(1) = 0\}$ .
6. L'ensemble des suites arithmétiques (réelles ou complexes). A-t-on un résultat similaire pour les suites géométriques ?

### — Exercice 3 ●○○ — Dimension et base, bis

1. Déterminer une base et la dimension du sous-espace  $F$  de  $\mathbb{R}^5$  suivant :

$$F = \text{Vect}(e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7),$$

avec :

$$e_1 = (1, 1, 2, 1, 1), \quad e_2 = (1, -1, 1, 3, -1), \quad e_3 = (2, 3, 3, 7, 6), \quad e_4 = (1, 2, 2, 1, 4),$$

$$e_5 = (0, 1, 0, 1, 2), \quad e_6 = (1, 3, 2, 4, 4), \quad e_7 = (1, 1, 1, -1, 3).$$

2. Comment traiter la question 4 de l'exercice 1 avec un procédé visuellement plus efficace, similaire à la question précédente.

### — Exercice 4 ●○○ — Famille des puissances d'une matrice

Soit  $n \in \mathbb{N}$ , et  $M \in M_n(\mathbb{R})$ .

1. Donner la dimension de  $M_n(\mathbb{R})$  et en rappeler une base.
2. Justifier qu'il existe un entier  $p \in \mathbb{N}^*$  tel que la famille  $(I_n, M, \dots, M^p)$  est liée. Donner une majoration de  $p$ .
3. Montrer qu'il existe  $P \in \mathbb{R}[X]$  tel que  $P(M) = 0_{M_n(\mathbb{R})}$ .

### — Exercice 5 ●○○ — Trouver un supplémentaire

Trouver un supplémentaire des sous-espaces vectoriels suivants (par « trouver » on entend : décrire, par des équations, ou par une base, et si possible donner la dimension) :

1. Tous les sous-espaces vectoriels des questions 2.1–2.5.
2. Soient  $(n, p) \in \mathbb{N}^* \times \mathbb{N}^*$  avec  $p < n$ . Dans  $E = \mathbb{R}_n[X]$ , le sous-espace vectoriel

$$F = \{P \in \mathbb{R}_n[X] \mid \forall k \in \llbracket 0, p \rrbracket, P^{(k)}(1) = 0\}$$

3. Dans  $E = M_2(\mathbb{R})$ , le sous-espace vectoriel

$$F = \left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \mid a + d = 0 \right\}$$

4. Dans  $E = C^0([0, 1], \mathbb{R})$ , le sous-espace vectoriel

$$F = \{f \in E, \int_0^1 f(t) dt = 0\}.$$

— **Exercice 6** ●●○ — **Trouver un supplémentaire** Soit  $E = M_3(\mathbb{R})$ , et  $F$  le sous-ensemble de  $E$  suivant :

$$F = \left\{ \begin{pmatrix} a-b & 0 & a+b-c \\ 0 & 2a-b+c & 0 \\ a+b-c & 0 & a-b \end{pmatrix} \mid (a, b, c) \in \mathbb{R}^3 \right\}.$$

1. Justifier que  $F$  est un sous-espace vectoriel de  $E$ .
2. Donner une base et la dimension de  $F$ .
3. Déterminer un supplémentaire de  $F$  dans  $E$ .
4. Reprendre l'exercice avec

$$G = \left\{ \begin{pmatrix} a-b & 0 & a-c \\ 0 & 2a-b-c & 0 \\ a-c & 0 & a-b \end{pmatrix} \mid (a, b, c) \in \mathbb{R}^3 \right\}$$

— **Exercice 7** ●●○ — **Un sous-espace de fonctions** On note

$$F = \{x \mapsto a \sin(x + \varphi) \mid (a, \varphi) \in \mathbb{R}^2\}.$$

Montrer que  $F = \text{Vect}(\sin, \cos)$ , et en déduire sa dimension.

— **Exercice 8** ●●○ — **Une autre vision des suites récurrentes linéaires** Soit  $a$  et  $b$  dans  $\mathbb{C}$  avec  $a \neq 1$ . On note  $E$  l'ensemble des suites à valeurs complexes qui vérifient

$$u_{n+1} = au_n + b.$$

1. Trouver une suite  $(v_n)$  simple dans  $E$ .
2. On note  $F$  l'ensemble des suites de la forme  $(u_n - v_n)$ , où  $(u_n)$  est dans  $E$ . Montrer que  $F$  est une droite vectorielle que l'on précisera.
3. En déduire une description des suites dans  $E$ .
4. Adapter la méthode pour décrire les suites qui vérifient

$$u_{n+2} = 2u_{n+1} + u_n - 8.$$