

Corrigé de l'exercice 1**Panorama déterminant 4x4 - Corrigé détaillé**

►1. A) Facile - M1 Triangulaire / quasi triangulaire Soit à calculer $\det(A)$.

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & -4 & -2 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 0 \\ -2 & 1 & 2 & -2 \end{pmatrix}$$

Méthode : triangulaire / quasi triangulaire.

On applique $L_2 \leftarrow L_2 + L_3$ pour retrouver une matrice triangulaire. Cette opération est du type $L_i \leftarrow L_i + \lambda L_j$, donc le déterminant est inchangé.

$$A' = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 0 \\ -2 & 1 & 2 & -2 \end{pmatrix}$$

$$\det(A) = \det(A') = 4 \times -2 \times 2 \times -2 = 32$$

$$\det(A) = \boxed{32}$$

►2. B) Moins facile - M2 Laplace favorable Soit à calculer $\det(A)$.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & -4 & 0 & 0 \\ -2 & -1 & 2 & 0 \\ -1 & 2 & 0 & -2 \end{pmatrix}$$

Méthode : Laplace sur la première ligne (deux coefficients non nuls).

$$\det(A) = (-1)^{1+1} a_{1,1} \det(M_{1,1}) + (-1)^{1+3} a_{1,3} \det(M_{1,3})$$

$$\det(A) = (1) \det(M_{1,1}) + (-3) \det(M_{1,3})$$

$$M_{1,1} = \begin{pmatrix} -4 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & -2 \end{pmatrix}$$

$$M_{1,3} = \begin{pmatrix} 0 & -4 & 0 \\ -2 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -2 \end{pmatrix}$$

$$\det(M_{1,1}) = (-4) \det \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & -2 \end{pmatrix} - (0) \det \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 2 & -2 \end{pmatrix} + (0) \det \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\det \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & -2 \end{pmatrix} = (2)(-2) - (0)(0) = -4, \quad \det \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 2 & -2 \end{pmatrix} = (-1)(-2) - (0)(2) = 2, \quad \det \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} = (-1)(0) - (2)(2) = -4$$

$$\det(M_{1,1}) = (-4)(-4) - (0)(2) + (0)(-4) = 16$$

$$\det(M_{1,3}) = (0) \det \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 2 & -2 \end{pmatrix} - (-4) \det \begin{pmatrix} -2 & 0 \\ -1 & -2 \end{pmatrix} + (0) \det \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$\det \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 2 & -2 \end{pmatrix} = (-1)(-2) - (0)(2) = 2, \quad \det \begin{pmatrix} -2 & 0 \\ -1 & -2 \end{pmatrix} = (-2)(-2) - (0)(-1) = 4, \quad \det \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} = (-2)(2) - (-1)(-1) = -5$$

$$\det(M_{1,3}) = (0)(2) - (-4)(4) + (0)(-5) = 16$$

$$\det(A) = (1) \times (16) + (-3) \times (16) = -32$$

$$\det(A) = \boxed{-32}$$

►3. C) Difficile - M3 Matrice par blocs Soit à calculer $\det(A)$.

$$A = \begin{pmatrix} -3 & -1 & 0 & 0 \\ -3 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & -2 & 2 \\ 0 & 0 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

Méthode : matrice bloc triangulaire de la forme $A = \begin{pmatrix} B & 0 \\ C & D \end{pmatrix}$.

$$B = \begin{pmatrix} -3 & -1 \\ -3 & 0 \end{pmatrix} \quad D = \begin{pmatrix} -2 & 2 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}$$

$$\det(B) = (-3)(0) - (-1)(-3) = -3$$

$$\det(D) = (-2)(3) - (2)(3) = -12$$

$$\det(A) = \det(B) \times \det(D) = (-3) \times (-12) = 36$$

$$\det(A) = \boxed{36}$$

►4. D) Plus difficile - M4 Opérations élémentaires guidées Soit à calculer $\det(A)$.

$$A = \begin{pmatrix} -4 & -2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ -4 & -2 & 2 & -2 \end{pmatrix}$$

Méthode : opérations élémentaires avec suivi de l'impact sur le déterminant.

On applique successivement $L_4 \leftarrow L_4 - L_1$, puis $L_1 \leftarrow \frac{1}{2}L_1$, puis $L_2 \leftrightarrow L_3$ pour obtenir une matrice triangulaire.

$$A_1 = \begin{pmatrix} -4 & -2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}$$

$$T = \begin{pmatrix} -2 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}$$

$$\det(A_1) = \det(A), \quad \det(A_2) = \frac{1}{2} \det(A_1) = \frac{1}{2} \det(A)$$

$$\det(T) = -\det(A_2) = -\frac{1}{2} \det(A) \implies \det(A) = -2 \det(T)$$

$$\det(T) = -2 \times -1 \times 2 \times -2 = -8$$

$$\det(A) = -2 \times (-8) = 16$$

$$\det(A) = \boxed{16}$$

►5. E) Matrice dense - simplification par opérations Soit a calculer $\det(A)$.

Etape 1. Rappel de la matrice de départ.

$$A = \begin{pmatrix} -4 & -2 & -2 & -1 \\ -4 & 3 & -3 & 1 \\ 4 & 2 & 7 & 2 \\ -4 & 3 & -3 & 0 \end{pmatrix}$$

Etape 2. Choix des opérations pour faire apparaître une structure triangulaire.

On applique successivement $L_4 \leftarrow L_4 - L_2$, $L_3 \leftarrow L_3 + L_1$, $L_2 \leftarrow L_2 - L_1$.

Rappel des effets sur le déterminant : $L_i \leftrightarrow L_j$ change le signe; $L_i \leftarrow L_i + kL_j$ ne change pas le déterminant; $L_i \leftarrow kL_i$ multiplie le déterminant par k .

Etape 3. Application des opérations (matrices intermédiaires).

$$A_1 = \begin{pmatrix} -4 & -2 & -2 & -1 \\ -4 & 3 & -3 & 1 \\ 4 & 2 & 7 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} -4 & -2 & -2 & -1 \\ -4 & 3 & -3 & 1 \\ 0 & 0 & 5 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} -4 & -2 & -2 & -1 \\ 0 & 5 & -1 & 2 \\ 0 & 0 & 5 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\det(A_1) = \det(A), \quad \det(A_2) = \det(A_1), \quad \det(A_3) = \det(A_2)$$

Etape 4. La matrice obtenue est triangulaire.

$$T = A_3 = \begin{pmatrix} -4 & -2 & -2 & -1 \\ 0 & 5 & -1 & 2 \\ 0 & 0 & 5 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Etape 5. Calcul du déterminant sur la triangulaire.

$$\det(T) = -4 \times 5 \times 5 \times -1 = 100$$

$$\det(A) = \det(A_3) = \det(T) = 100$$

Etape 6. Conclusion.

$$\det(A) = \boxed{100}$$

►6. F) Matrice dense complexe - lignes, colonnes et facteur Soit a calculer $\det(A)$.

Etape 1. Rappel de la matrice initiale.

$$A_0 = \begin{pmatrix} -8 & -4 & -6 & -2 \\ -6 & -2 & -15 & -6 \\ -11 & -3 & -26 & -12 \\ -7 & 1 & -26 & -12 \end{pmatrix}$$

Etape 2. Stratégie : créer des zéros en combinant opérations de lignes et de colonnes.

Etape 3. Application des opérations et suivi de l'effet sur le déterminant.

Operation 1 : $L_1 \leftarrow \frac{1}{2}L_1 \Rightarrow$ Le déterminant est multiplié par 1/2. ($F = \frac{1}{2}$)

$$A_1 = \begin{pmatrix} -4 & -2 & -3 & -1 \\ -6 & -2 & -15 & -6 \\ -11 & -3 & -26 & -12 \\ -7 & 1 & -26 & -12 \end{pmatrix}$$

Operation 2 : $C_2 \leftrightarrow C_4 \Rightarrow$ Le déterminant change de signe. ($F = \frac{-1}{2}$)

$$A_2 = \begin{pmatrix} -4 & -1 & -3 & -2 \\ -6 & -6 & -15 & -2 \\ -11 & -12 & -26 & -3 \\ -7 & -12 & -26 & 1 \end{pmatrix}$$

Operation 3 : $C_3 \leftarrow C_3 - 2C_2 \Rightarrow$ Le déterminant est inchangé. ($F = \frac{-1}{2}$)

$$A_3 = \begin{pmatrix} -4 & -1 & -1 & -2 \\ -6 & -6 & -3 & -2 \\ -11 & -12 & -2 & -3 \\ -7 & -12 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

Operation 4 : $C_1 \leftarrow C_1 - C_4 \Rightarrow$ Le déterminant est inchangé. ($F = \frac{-1}{2}$)

$$A_4 = \begin{pmatrix} -2 & -1 & -1 & -2 \\ -4 & -6 & -3 & -2 \\ -8 & -12 & -2 & -3 \\ -8 & -12 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

Operation 5 : $L_4 \leftarrow L_4 - L_3 \Rightarrow$ Le déterminant est inchangé. ($F = \frac{-1}{2}$)

$$A_5 = \begin{pmatrix} -2 & -1 & -1 & -2 \\ -4 & -6 & -3 & -2 \\ -8 & -12 & -2 & -3 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

Operation 6 : $L_3 \leftarrow L_3 - 2L_2 \Rightarrow$ Le déterminant est inchangé. ($F = \frac{-1}{2}$)

$$A_6 = \begin{pmatrix} -2 & -1 & -1 & -2 \\ -4 & -6 & -3 & -2 \\ 0 & 0 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

Operation 7 : $L_2 \leftarrow L_2 - 2L_1 \Rightarrow$ Le déterminant est inchangé. ($F = \frac{-1}{2}$)

$$A_7 = \begin{pmatrix} -2 & -1 & -1 & -2 \\ 0 & -4 & -1 & 2 \\ 0 & 0 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

Etape 4. La matrice obtenue est triangulaire (ou quasi triangulaire exploitable).

$$T = A_7 = \begin{pmatrix} -2 & -1 & -1 & -2 \\ 0 & -4 & -1 & 2 \\ 0 & 0 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

Etape 5. Calcul du déterminant de la matrice finale.

$$\det(T) = -2 \times -4 \times 4 \times 4 = 128$$

Etape 6. Ajustement avec le facteur accumulé et conclusion.

$$\det(T) = F \det(A_0), \quad F = \frac{-1}{2} \implies \det(A_0) = \frac{\det(T)}{F}$$

$$\det(A) = \frac{128}{\frac{-1}{2}} = -256$$

$$\det(A) = \boxed{-256}$$