

Algebre Lineaire | CM: 1

Par Lorenzo

17 janvier 2025

1 Matrices

Définition 1.1. Soit \mathbb{K} un corps. Soit $n, p \in \mathbb{N}^*$. Une matrice de taille $n \times p$ à coefficients dans \mathbb{K} est une famille d'éléments de \mathbb{K} indexée par $I = \{1, \dots, n\} \times \{1, \dots, p\}$. On la représente par un tableau rectangulaire :

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & \cdots & a_{n,p} \end{pmatrix}$$

Définition 1.2. On note $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ l'ensemble des matrices de taille $n \times p$ à coefficients dans \mathbb{K} . ou encore $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ si $n = p$.

Définition 1.3. Une matrice A de $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ est dite carrée d'ordre n .

1. les termes $a_{i,i}$ sont les éléments diagonaux de A .
2. A est dite diagonale si $a_{i,j} = 0$ pour $i \neq j$.
3. A est dite triangulaire supérieure si $a_{i,j} = 0$ pour $i > j$.
4. A est dite triangulaire inférieure si $a_{i,j} = 0$ pour $i < j$.

Définition 1.4. La matrice nulle de taille $n \times p$ est la matrice dont tous les coefficients sont nuls.

Définition 1.5. La matrice identité de taille $n \times n$ est la matrice diagonale dont les éléments diagonaux sont tous égaux à 1.

$$Id_n = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Définition 1.6. La matrice transposée de A est la matrice obtenue en échangeant les lignes et les colonnes de A .

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & \cdots & a_{n,p} \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad {}^t A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{n,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1,p} & \cdots & a_{n,p} \end{pmatrix}$$

Notée aussi A^t ou ${}^t A$.

Définition 1.7. Une matrice $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ est dite symétrique si $A = {}^t A$.

Remarques 1.1. Soit $A \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$.

1. ${}^t({}^t A) = A$.
2. ${}^t(A + B) = {}^t A + {}^t B$.
3. ${}^t(\lambda A) = \lambda {}^t A$.
4. ${}^t(AB) = {}^t B \cdot {}^t A$.

Définition 1.8. On a les opérations

1. Deux matrices $A, B \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ sont égales si elles ont les mêmes coefficients. $A = B \iff \forall i \in \{1, \dots, n\}, \forall j \in \{1, \dots, p\}, a_{i,j} = b_{i,j}$
2. Si $\lambda \in \mathbb{K}$, on note λA la matrice obtenue en multipliant chaque coefficient de A par λ .
3. Si $A, B \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, on note $A + B$ la matrice obtenue en additionnant les coefficients correspondants. $A + B = (a_{i,j} + b_{i,j})$

Propriétés 1.1.

Soit $\lambda, \mu \in \mathbb{K}$ et $A, B, C \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$.

1. $A + (B + C) = (A + B) + C$
2. $A + B = B + A$
3. $A + 0 = A$
4. $A + (-A) = 0$
5. $\lambda(A + B) = \lambda A + \lambda B$ et $(\lambda + \mu)A = \lambda A + \mu A$
6. $\lambda(\mu A) = (\lambda\mu)A$

Définition 1.9. Soit m matrices $A_1, \dots, A_m \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, soit $\lambda_1, \dots, \lambda_m \in \mathbb{K}$. On appelle combinaison linéaire de A_1, \dots, A_m pondérée par $\lambda_1, \dots, \lambda_m$ la matrice $\lambda_1 A_1 + \dots + \lambda_m A_m$.

Définition 1.10. Soit $A, B \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$. Le produit de A par B est la matrice $C \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ définie par

$$c_{i,j} = \sum_{k=1}^p a_{i,k} b_{k,j}$$

Remarques 1.2. On peut utiliser l'aide mémoire suivante pour se rappeler de la formule du produit de deux matrices.

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & b_{1,1} & \cdots & b_{1,p} \\
 & & & \vdots & \ddots & \vdots \\
 & & & b_{p,1} & \cdots & b_{p,p} \\
 a_{1,1} & \cdots & a_{1,p} & c_{1,1} & \cdots & c_{1,p} \\
 \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 a_{n,1} & \cdots & a_{n,p} & c_{n,1} & \cdots & c_{n,p}
 \end{array}$$

Définition 1.11. On appelle sous-matrice de A la matrice obtenue en supprimant une ou plusieurs lignes et/ou colonnes de A . Ainsi on peut décomposer A en blocs. Soit en lignes :

$$A = \begin{pmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_p \end{pmatrix}$$

Soit en colonnes :

$$A = (A_1 \quad \cdots \quad A_p)$$

Propriétés 1.2.

Pour toute matrice $A \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, on a $A \times Id_p = A$ et $Id_n \times A = A$.

Remarques 1.3. On voit que l'identité n'est pas unique si $n \neq p$ (la matrice n'est pas carrée).

Propriétés 1.3.

Soit $\lambda \in \mathbb{K}$ et $A, B \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$.

1. $\lambda(AB) = (\lambda A)B = A(\lambda B)$
2. $A(B + C) = AB + AC$ et $(A + B)C = AC + BC$
3. $AB \neq BA$ en général
4. $A(BC) = (AB)C$

Remarques 1.4. .

- Le produit de deux matrices n'est pas commutatif.
- On peut multiplier deux matrices non nuls et obtenir une matrice nulle. Ainsi on dit que l'ensemble $\mathcal{M}(\mathbb{K})$ possède des diviseurs de zéro.