

# Géométrie dans l'espace. Vecteurs et produit scalaire.

## 1 Relations entre droites et plans

Deux droites peuvent être parallèles, sécantes ou non coplanaires.  
Une droite et un plan peuvent être parallèles ou sécants.  
Deux plans peuvent être parallèles ou sécants

## 2 Parallélisme

**Théorème du toit :** Si deux droites  $d_1$  et  $d_2$  sont deux parallèles contenues respectivement dans deux plans sécants  $\mathcal{P}_1$  et  $\mathcal{P}_2$  en une droite  $\Delta$  alors la droite  $\Delta$  est parallèle aux droites  $d_1$  et  $d_2$ .

**Plans parallèles :** Un plan  $\mathcal{P}$  coupe deux plans parallèles  $\mathcal{P}_1$  et  $\mathcal{P}_2$  en deux droites  $d_1$  et  $d_2$  parallèles.

## 3 Orthogonalité

On dit que deux droites,  $d_1$  et  $d_2$  sont **perpendiculaires** si, et seulement si,  $d_1$  et  $d_2$  sont **sécantes** en angle droit.

On dit que deux droites,  $d_1$  et  $d_2$  sont orthogonales si, et seulement si, il existe une parallèle  $\Delta$  à  $d_1$  qui est perpendiculaire à la seconde.

On écrit indistinctement :  $d_1 \perp d_2$ .

**Droite et plan orthogonaux :** Une droite  $\Delta$  est orthogonale à un plan  $\mathcal{P}$  si, et seulement si, il existe deux droites sécantes,  $d_1$  et  $d_2$  de  $\mathcal{P}$  en un point I perpendiculaire à  $\Delta$ .  
 $\Delta$  est alors orthogonale à toute droite du plan  $\mathcal{P}$

## 4 Vecteurs dans l'espace

On étend la notion de vecteur du plan à l'espace. Les définitions et propriétés du plan restent valables dans l'espace :

- $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CD} \Leftrightarrow$  ABDC est un parallélogramme
- On définit l'addition de deux vecteurs à l'aide de la relation de Chasles :  $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AC}$
- On définit le produit d'un vecteur par un réel par un vecteur de même direction  $\lambda\vec{u}$

### Colinéarité

- $\vec{u}$  et  $\vec{v}$  colinéaires  $\Leftrightarrow \exists k \in \mathbb{R}, \vec{v} = k\vec{u}$
- A, B, C alignés  $\Leftrightarrow \exists k \in \mathbb{R}, \overrightarrow{AC} = k\overrightarrow{AB}$
- $(AB) // (CD) \Leftrightarrow \exists k \in \mathbb{R}, \overrightarrow{CD} = k\overrightarrow{AB}$

## 5 Coplanarité

Un plan  $\mathcal{P}$  est défini par un point A et un couple de vecteurs  $(\vec{u}, \vec{v})$  appelés vecteurs directeurs de  $\mathcal{P}$ .

Le plan (ABC) est l'ensemble des points M tels que :

$$\overrightarrow{AM} = x\overrightarrow{AB} + y\overrightarrow{AC} \quad (x, y) \in \mathbb{R}^2$$

### Vecteurs et points coplanaires

- $\vec{u}, \vec{v}$  et  $\vec{w}$  coplanaires  $\Leftrightarrow \exists (a, b) \in \mathbb{R}^2, \vec{w} = a\vec{u} + b\vec{v}$
- A, B, C, D coplanaires  $\Leftrightarrow \exists (a, b) \in \mathbb{R}^2, \overrightarrow{AD} = a\overrightarrow{AB} + b\overrightarrow{AC}$

**Remarque** : il faut alors résoudre avec les coordonnées un système de trois équations à deux inconnues.

## 6 Dans un repère

Dans un repère  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ , on détermine un point ou un vecteur par trois coordonnées : l'abscisse, l'ordonnée et la cote.

On obtient les relations identiques au plan :

- $\overrightarrow{AB} (x_B - x_A ; y_B - y_A ; z_B - z_A)$
- I milieu de [AB] :  $I \left( \frac{x_A + x_B}{2} ; \frac{y_A + y_B}{2} ; \frac{z_A + z_B}{2} \right)$
- $AB = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$

## 7 Représentation paramétrique d'une droite et d'un plan

Soit une droite  $d$  passant par un point  $A(x_A; y_A; z_A)$  et de vecteur directeur  $\vec{u}(a; b; c)$ , on appelle **représentation paramétrique** de la droite  $d$ , le système d'équations paramétriques suivant :

$$\begin{cases} x = x_A + at \\ y = y_A + bt \\ z = z_A + ct \end{cases} \quad t \in \mathbb{R}$$

Soit un plan  $\mathcal{P}$  passant par un point  $A(x_A; y_A; z_A)$  et de vecteurs directeurs  $\vec{u}(a; b; c)$  et  $\vec{v}(\alpha, \beta, \gamma)$ , on appelle **représentation paramétrique** du plan  $\mathcal{P}$ , le système d'équations paramétriques suivant :

$$\begin{cases} x = x_A + at + \alpha s \\ y = y_A + bt + \beta s \\ z = z_A + ct + \gamma s \end{cases} \quad (t, s) \in \mathbb{R}^2$$

## 8 Produit scalaire

On appelle produit scalaire de deux vecteurs  $\vec{u}(x; y; z)$  et  $\vec{v}(x'; y'; z')$  le réel noté  $\vec{u} \cdot \vec{v}$  défini par l'une des trois relations suivantes :

- 1)  $\vec{u} \cdot \vec{v} = \frac{1}{2} (\|\vec{u} + \vec{v}\|^2 - \|\vec{u}\|^2 - \|\vec{v}\|^2)$
- 2)  $\vec{u} \cdot \vec{v} = xx' + yy' + zz'$
- 3)  $\vec{u} \cdot \vec{v} = \|\vec{u}\| \times \|\vec{v}\| \cos(\vec{u}, \vec{v})$

### Propriétés :

Le produit scalaire est :

- commutatif :  $\vec{u} \cdot \vec{v} = \vec{v} \cdot \vec{u}$
- bilinéaire :  $\vec{u}(\vec{v} + \vec{w}) = \vec{u} \cdot \vec{v} + \vec{u} \cdot \vec{w}$  et  $(a\vec{u}) \cdot (b\vec{v}) = ab \vec{u} \cdot \vec{v}$

Si  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$  sont colinéaires alors :  $\vec{u} \cdot \vec{v} = \pm \|\vec{u}\| \times \|\vec{v}\|$ .

Le signe dépend du sens des deux vecteurs.

On appelle  $\theta = \widehat{BAC}$ , on a alors :

- Si  $0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$  alors  $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AC} > 0$
- Si  $\theta = \frac{\pi}{2}$  alors  $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AC} = 0$ , ABC est alors rectangle en A
- Si  $\theta > \frac{\pi}{2}$  alors  $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AC} < 0$ .

## 9 Équation cartésienne d'un plan

Le vecteur  $\vec{n}$  est **normal** au plan  $\mathcal{P}$  si, et seulement si, toute droite de vecteur directeur  $\vec{n}$  est orthogonale au plan  $\mathcal{P}$ .

Un plan  $\mathcal{P}$  est défini par un point A et un vecteur normal  $\vec{n}$ . Tout point M du plan  $\mathcal{P}$  vérifie :

$$\overrightarrow{AM} \cdot \vec{n} = 0$$

**Théorème :** Une droite  $\Delta$  est orthogonale à un plan  $\mathcal{P}$  si, et seulement si, deux droites sécantes de  $\mathcal{P}$  sont perpendiculaires à  $\Delta$ .

**Théorème :** Deux plans  $\mathcal{P}_1$  et  $\mathcal{P}_2$  de vecteurs normaux respectifs  $\vec{n}_1$  et  $\vec{n}_2$  sont perpendiculaires si, et seulement si,  $\vec{n}_1 \cdot \vec{n}_2 = 0$

**Équation d'un plan :** l'équation cartésienne d'un plan  $\mathcal{P}$  est de la forme :

$$ax + by + cz + d = 0 \quad a, b, c \text{ non tous nuls}$$

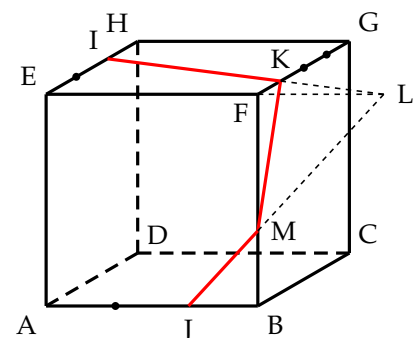
Le vecteur  $\vec{n}(a, b, c)$  est alors normal au plan  $\mathcal{P}$

## 10 Section d'un cube par un plan

- L'intersection, lorsqu'elle existe, d'une face par le plan (IJK) est un segment
- Une droite doit être tracée dans un plan contenant la face du cube
- Si deux points M et N du plan (IJK) sont sur une face, on relie M et N, cela donne l'intersection de (IJK) et de cette face
- La section du cube par le plan (IJK) est un polygone.

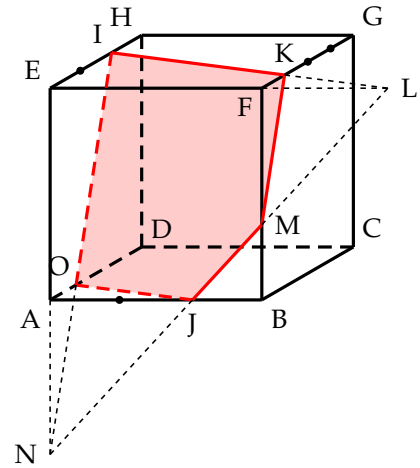
Dans notre construction :

- On trace [IK] en rouge qui est l'intersection du plan (IJK) avec la face du haut EFGH.
- On ne peut pas relier J à I ou K car ces segments ne sont pas sur une face du cube.
- On cherche l'intersection de (IJK) avec la face avant ABFE. Pour cela, on détermine l'intersection de la droite (IK) avec la droite (EF) qui contient l'arête [EF] appartenant aux faces EFGH et ABFE. On note L leur point d'intersection. Comme  $L \in (IK)$  donc  $L \in (IJK)$ .
- Comme  $L \in (EF)$ , donc L appartient au plan (EFB) contenant la face ABFE. On trace alors la droite (JL) dans le plan (EFB) qui coupe [FB] en M. Comme  $M \in (JL)$ ,  $M \in (IJK)$ .
- Ainsi [JM] et [KM] constituent les intersections du plan (IJK) avec les faces avant ABFE et de droite BCGF. On trace ces segments en rouge



On réitère cette opération pour la face gauche ADHE et la face du dessous ABCD :

- On détermine l'intersection de la droite (MJ) avec la droite (AE) qui contient l'arête [AE] appartenant aux faces ADHE et ABFE. On note N leur point d'intersection. Comme  $N \in (MJ)$  donc  $N \in (IJK)$ .
- Comme  $N \in (AE)$ , donc N appartient au plan (EAD) contenant la face ADHE. On trace alors la droite (NI) dans le plan (EAD) qui coupe [AD] en O. Comme  $O \in (NI)$ ,  $O \in (IJK)$ .
- Ainsi [OI] et [OJ] constituent les intersections du plan (IJK) avec les faces de gauche ADHE et de dessous ABCD. On trace ces segments en rouge et en pointillé car ces segments sont sur des faces cachées.
- La section du cube ABCDEFGH par le plan (IJK) est le pentagone IKMJO.

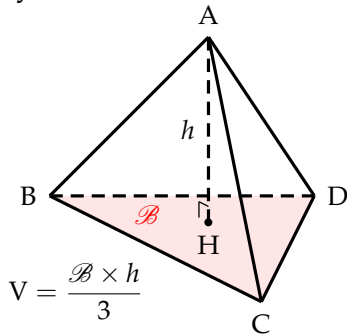


**Remarque :** Comme les faces EFGH et ABCD sont parallèles. Le plan (IJK) coupe ces faces en des segments parallèles. Il en est de même pour les faces BCGH et ADHE. On a donc :

$$(IK) \parallel (OJ) \quad \text{et} \quad (KM) \parallel (IO)$$

## 11 Volume d'une pyramide et d'une sphère

- Pyramide



- Sphère

