Université de Rennes

Algèbre et Géométrie 1

Feuille d'exercices de géométrie n°3

Barycentres

Révisions

1) Soit n un entier naturel non nul et $((P_0, \alpha_0), ..., (P_n, \alpha_n))$ un système de $n+1$ points pondérés d'un espace affine euclidien $\mathscr{E}$, de poids total $\alpha = \sum_{k=0}^{n} \alpha_k \neq 0$. Montrer qu'il existe un unique point G tel que $\sum_{i=0}^{n} \alpha_i \overrightarrow{GP_i} = \overrightarrow{0}$ *(d'après Capes 2020 - Première épreuve)*. Comment s'appelle ce point G ?

2) A et B étant deux points du plan, placer les barycentres I de $\{(A, 1), (B, 3)\}$, J de $\{(A, -1), (B, 3)\}$ et K de $\{(A, -3), (B, 1)\}$. De même, A, B et C étant trois points de l'espace, placer les barycentres I de $\{(A, -2), (B, 2), (C, 1)\}$ et J de $\{(A, 2), (B, 2), (C, 1)\}$.

3) *(CAPLP 2022 - Vrai ou Faux)* Dans le plan muni d'un repère $(O, \overrightarrow{i}, \overrightarrow{j})$, on considère les points $A(0; 1)$, $B(0, 2)$ et $C(1; -1)$. On note G le barycentre du système $(A, 1); (B, 1); (C, 2)$.
PROPOSITION : *Les coordonnées du point G sont* $(2; -3)$.

4) Rappeler et démontrer les propriétés d'***homogénéité*** et d'***associativité du barycentre***.

5) Comment caractériser une droite (respectivement un segment) à l'aide des barycentres ?

Exercice n°1 *(BAC S - 2007)*

Dans l'espace rapporté au repère orthonormal $(O, \overrightarrow{i}, \overrightarrow{j}, \overrightarrow{k})$, on considère les points A de coordonnées $(3, 2, 6)$, B de coordonnées $(1, 2, 4)$ et C de coordonnées $(4, -2, 5)$.
On considère le système de points pondérés $\{(O, 3), (A, 1), (B, 1), (C, 1)\}$.

1) Vérifier que ce système admet un barycentre, qu'on notera G

2) On note I le centre de gravité du triangle ABC. Montrer que G appartient à (OI).

3) Soit Γ l'ensemble des points M vérifiant : $\left\| 3\overrightarrow{MO} + \overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB} + \overrightarrow{MC} \right\| = 5$. Déterminer Γ.

Exercice n°2

1) Montrer que les trois médianes d'un triangle sont concourantes en le centre de gravité du triangle.

2) Soient $\mathscr{E}$ un espace affine de dimension 3, et $ABCD$ un tétraèdre de $\mathscr{E}$. Montrer que les droites joignant les milieux des côtés opposés du tétraèdre sont concourantes.

3) *(BAC S - 2011)* Dans cette question, $ABCD$ est un tétraèdre régulier. A$'$ est le centre de gravité du triangle BCD. Soit G l'isobarycentre des points A, B, C et D. On souhaite démontrer la propriété
$(\mathscr{P})$: *Les médianes d'un tétraèdre régulier sont concourantes en G.*
En utilisant l'associativité du barycentre, montrer que G appartient à la droite (AA'), puis conclure.

Exercice n°3

On se place dans un espace affine euclidien $\mathscr{A}$. Soient $n \in \mathbb{N}^*$, $(\alpha_1, \cdots, \alpha_n) \in \mathbb{R}^n$ et $(A_1, \cdots, A_n) \in \mathscr{A}^n$. On considère l'application $F : \mathscr{A} \longrightarrow \mathbb{R}$ définie pour tout M de $\mathscr{A}$ par $F(M) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i {MA_i}^2$.

1) On suppose $\displaystyle\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 0$. Montrer qu'il existe un vecteur $\overrightarrow{v}$ de $\overrightarrow{\mathscr{A}}$, tel que

$$\forall (M, M') \in \mathscr{A}^2,\ F(M') = F(M) + 2 < \overrightarrow{MM'}, \overrightarrow{v} > \qquad (\overrightarrow{v} \text{ indépendant de } M \text{ et } M')$$

Pour $k \in \mathbb{R}$, en déduire la nature de l'ensemble des points M de $\mathscr{A}$ tels que $MA_1{}^2 - MA_2{}^2 = k$.

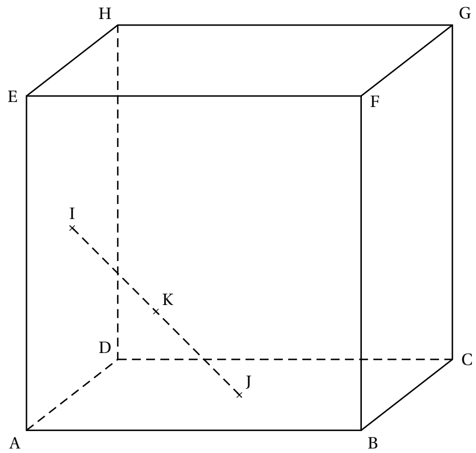
2) On suppose à présent que $\displaystyle\sum_{i=1}^{n} \alpha_i \neq 0$. Montrer que $F(M) = F(G) + \left(\displaystyle\sum_{i=1}^{n} \alpha_i\right) MG^2$ où G est le barycentre du système $\{(A_1, \alpha_1), \cdots, (A_n, \alpha_n)\}$.

En déduire, pour $k \in \mathbb{R}$, la nature de l'ensemble des points M de $\mathscr{A}$ tels que $MA_1{}^2 + MA_2{}^2 = k$.

Exercice n°4 *(Bac S 2009)*

On considère un cube $ABCDEFGH$ d'arête de longueur 1.
On note I le centre de la face $ADHE$, J celui de la face $ABCD$ et K le milieu du segment $[IJ]$.
On veut exprimer K comme barycentre des points A, D et G.
Soit L le centre du carré $DCGH$.

1. Démontrer que le point K est le milieu du segment $[AL]$.
2. Démontrer que K est le barycentre des points A, D et G affectés de coefficients que l'on précisera.



Exercice n°5 *(Capes 2006 - Épreuve sur dossier)*

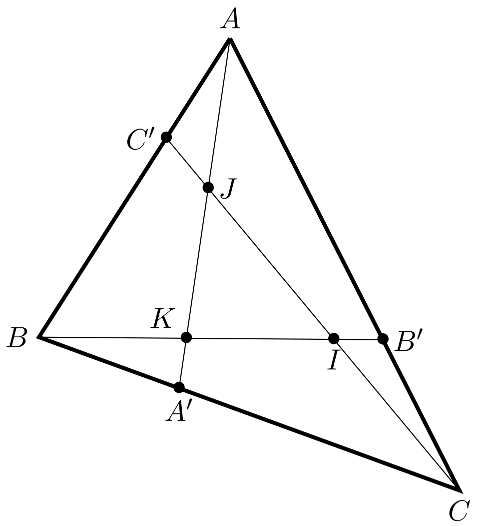
Soit ABC un triangle du plan.
Les points A', B' et C' sont respectivement définis par $\overrightarrow{AC'} = \dfrac{1}{3}\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{BA'} = \dfrac{1}{3}\overrightarrow{BC}$ et $\overrightarrow{CB'} = \dfrac{1}{3}\overrightarrow{CA}$.
Les droites (AA') et (BB') se coupent en un point K, les droites (BB') et (CC') se coupent en un point I et les droites (AA') et (CC') en un point J.

1) Écrire A', B' et C' comme barycentres des points A, B et C.

2) Montrer que le point I est barycentre de $(A, 2)$, $(B, 1)$ et $(C, 4)$.

3) Définir de même J et K comme barycentres de A, B et C.

4) Montrer que les points I, J et K sont respectivement les milieux de $[CJ]$, $[AK]$ et $[BI]$.



Exercice n°6 $(\star)$

Sur la figure ci-contre, $ABCD$ est un tétraèdre et I, J, K, L sont les milieux respectifs des segments $[BC]$, $[BD]$, $[AD]$, $[AC]$.
1) Soient $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ et M un point de l'espace. Montrer que le point M est le barycentre du système $\{(A, x), (B, 1-x), (C, 1-y), (D, y)\}$ si et seulement si on a $2\overrightarrow{IM} = x\overrightarrow{BA} + y\overrightarrow{CD}$.
2) Montrer que l'ensemble des milieux M des segments $[PQ]$ où P décrit le segment $[AB]$ et Q le segment $[CD]$ est l'ensemble des points M tels que $\overrightarrow{IM} = x\overrightarrow{IL} + y\overrightarrow{IJ}$ où x et y décrivent $[0, 1]$.
Décrire géométriquement cet ensemble de points.