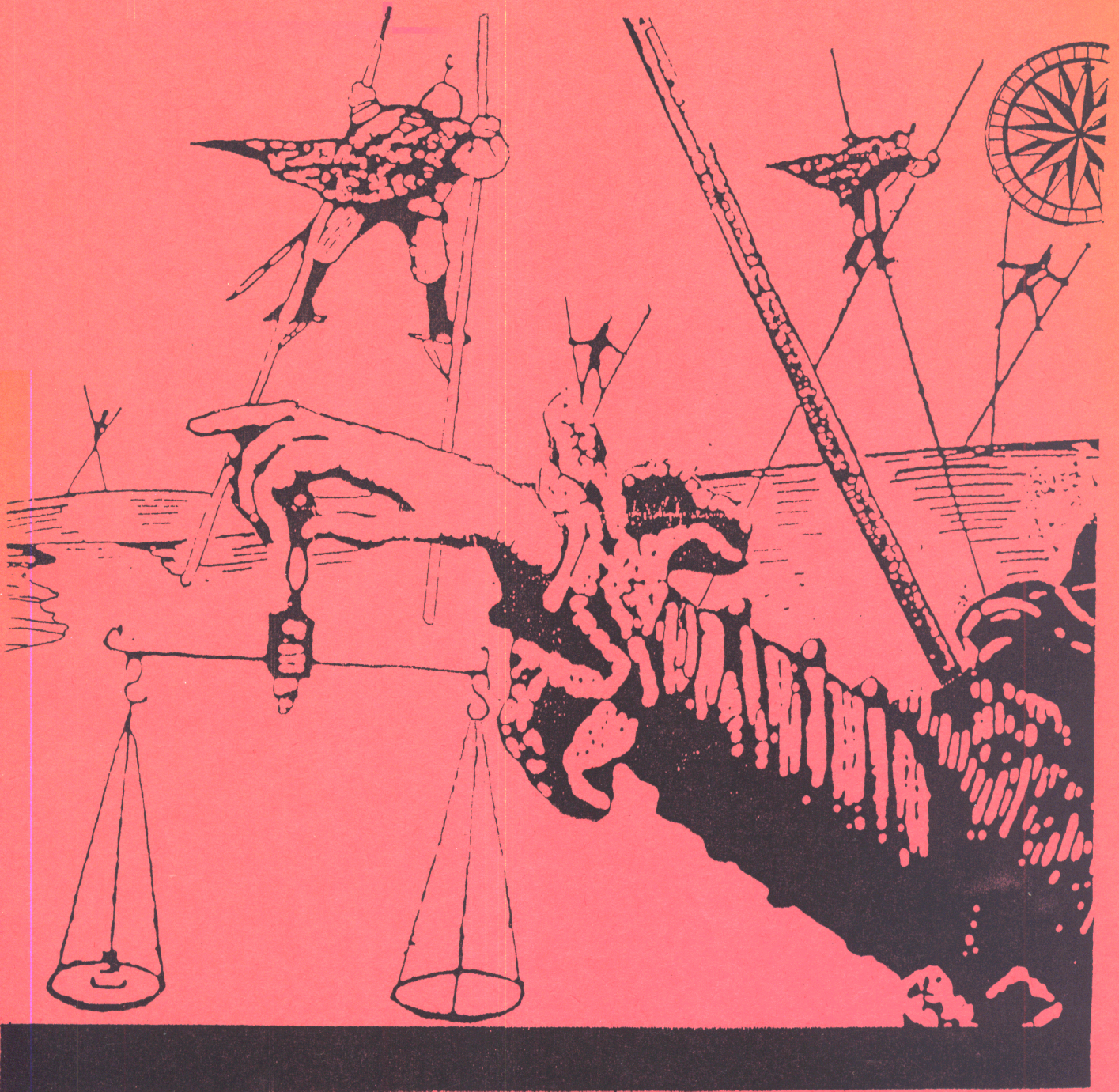


UNIVERSITE de ROUEN - S.C.U.R.I.F.F.

IREM de ROUEN

1, rue Thomas Becket 76130 Mont-Saint-Aignan tél: 35 14 61 41



EQUILIBRES

BARYCENTRES DANS L'ESPACE

T. HAMEL F. LACHAUX L. SINEGRE

SOMMAIRE

1) Les équilibres et les recherches d'intersection de figures.	1
2) Un peu de théorie.	
A L'équilibre de quatre points.	7
B L'équilibre de cinq points.	13
3) Sections de cône en coordonnées barycentriques.	21

EQUILIBRES DE L'ESPACE

Les équilibres spaciaux permettent d'abord de proposer un schéma de recherche pour tous les problèmes d'intersection de figures. Certes ce type d'exercice se traite fort bien sans avoir recours aux barycentres, mais leur emploi dans l'espace ne fait appel qu'à la généralisation de propriétés vues pour les équilibres du plan, superposition, élimination etc... et des règles d'incidence les plus évidentes, positions d'une droite et d'un plan etc...

1. LES ÉQUILIBRES ET LES RECHERCHES D'INTERSECTION DE FIGURES.

exercice 1:

Soit A B C D un tétraèdre.

a) Construire I : (A,1) (B,1) (D,2)

J_1 : (B,1) (C,2) (D,3)

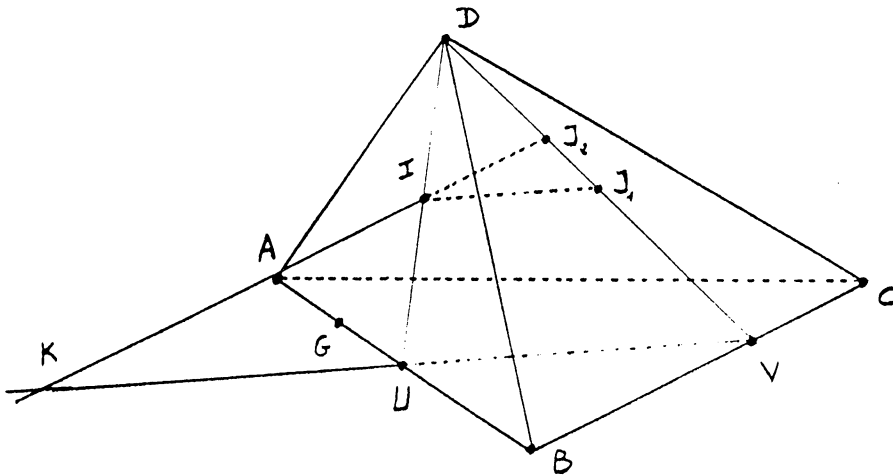
J_2 : (B,1) (C,2) (D,6)

b) Montrer que (IJ_1) est parallèle à $P(ABC)$

c) Construire K intersection de (IJ_2) avec $P(ABC)$

d) Vérifier que (BC) est parallèle à $P(AIJ_2)$

e) Les droites (AB) et (DI) (resp (BC) et (DJ_2)) sont sécantes en U et V. Montrer que K appartient à (UV). Quelle construction du point K peut on en déduire ?



b) Traduisons les hypothèses par les équilibres

$$\sigma : \begin{array}{c|c|c|c|} & I & A & B & D \\ \hline & -4 & 1 & 1 & 2 \end{array}$$

$$\sigma' : \begin{array}{c|c|c|c|} & J_1 & B & C & D \\ \hline & -6 & 1 & 2 & 3 \end{array}$$

Ecrivons la combinaison $3\sigma - 2\sigma'$

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|} & I & J_1 & A & B & C \\ \hline & -12 & 12 & 3 & 1 & -4 \end{array}$$

Soit $G : (A, 3) \quad (B, 1)$

$$\begin{array}{c|c|c|c|} & I & J_1 & G & C \\ \hline & -12 & 12 & 4 & -4 \end{array}$$

Donc pour tout point M du plan

$$-12 \overrightarrow{MI} + 12 \overrightarrow{MJ_1} + 4 \overrightarrow{MG} - 4 \overrightarrow{MC} = \vec{0}$$

$$3 \overrightarrow{IJ_1} = \overrightarrow{GC}$$

(IJ_1) est parallèle à $P(ABC)$.

Une autre démonstration consiste à remarquer que (IJ_1) est la droite des milieux dans le triangle formé par le point D et les points U et V.

c) en raisonnant de la même manière avec J_2 :

σ :	I	A	B	D
	-4	1	1	2

σ' :	J_2	B	C	D
	-9	1	2	6

Ecrivons la combinaison $3\sigma - \sigma'$

	I	J_2	A	B	C
	-12	9	3	2	-2

Soit X le barycentre de $(A,3)$ $(B,2)$ $(C,-2)$

on a l'équilibre

	I	J_2	X
	-12	9	3

donc X élément du plan $P(ABC)$ est aussi sur la droite (IJ_2) , coïncidant avec le point K.

K : $(I, -4)$ $(J_2, 3)$

d) comme en a) puisque dans l'équilibre de 5 points

	I	J_2	A	B	C
	-12	9	3	2	-2

la somme des coefficients de B et de C est nulle, (BC) est parallèle à $P(AIJ_2)$.

e) en reprenant

$$\sigma : \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline I & A & B & D \\ \hline -4 & 1 & 1 & 2 \\ \hline \end{array}$$

Le barycentre partiel de $(I, -4)$ $(D, 2)$,est aussi celui de $(A, 1)$ $(B, 1)$ donc l'intersection de (BD) avec (IA) : U.

de même

$$\sigma' : \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline J_2 & B & C & D \\ \hline -9 & 1 & 2 & 6 \\ \hline \end{array}$$

permet d'écrire V comme barycentre de $(B, 1)$ $(C, 2)$, ainsi

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline I & J_2 & \overbrace{A \quad B}^U & \overbrace{\quad C}^V & \\ \hline -12 & 9 & 3 & 3+(-1) & -2 \\ \hline \end{array}$$

devient

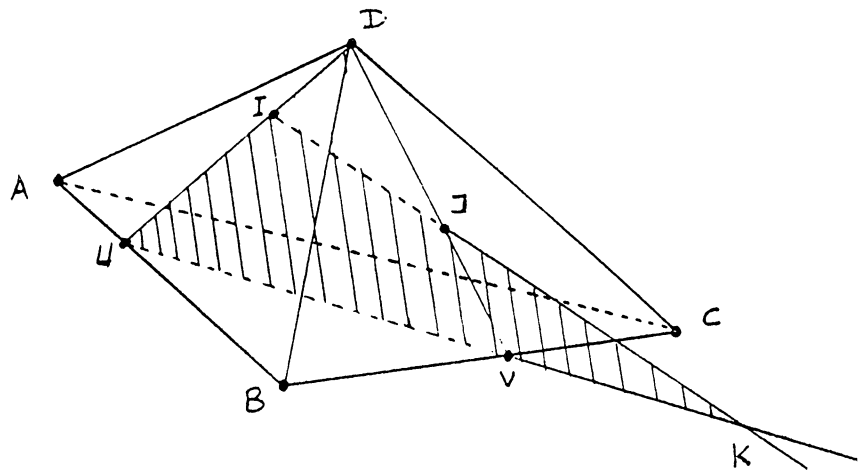
$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline I & J_2 & U & V \\ \hline -12 & 9 & 6 & -3 \\ \hline \end{array}$$

Ainsi K est l'intersection des droites (UV) et (IJ_2) .

On pense alors à remarquer que pour obtenir K il suffit de construire les barycentres partiels U et V , qui s'obtiennent facilement par intersection de deux droites sur chaque face.

exercice 2 (Généralisation)

Soit AECD un tétraèdre, I dans le plan de la face ABD, J dans celui de la face BCD. Construire quand elle existe l'intersection de la droite (IJ) avec le plan de la face ABC.



$$\sigma : \begin{array}{c|c|c|c} & I & A & B & D \\ \hline & -1-\alpha-\beta & \alpha & \beta & 1 \end{array}$$

$$\sigma' : \begin{array}{c|c|c|c} & J & C & B & D \\ \hline & -1-\gamma-\delta & \delta & \gamma & 1 \end{array}$$

En soustrayant

I	J	A	B	C
-1-α-β	1+γ+δ	α	β-γ	-δ
K		K		

En redécomposant K comme barycentre de

$$\begin{array}{ccc}
 (A, \alpha) & (B, \beta) & (B, -\gamma) \quad (C, -\delta) \\
 | \quad \quad | & & | \quad \quad | \\
 \hline
 U = (AB) \cap (IJ) & & V = (BC) \cap (IJ)
 \end{array}$$

Le professeur peut alors proposer une démonstration non barycentrique en introduisant les règles d'incidences. (A l'inverse s'il a déjà bien travaillé sur ces dernières il peut utiliser cet exercice pour entrainer ses élèves aux équilibres spaciaux).

Dans tous les cas on remarquera que (IJ) est parallèle au plan de la face ABC si et ssi $\alpha + \beta = \gamma + \delta$.

exercice 3: On peut maintenant prendre un troisième point, L, dans le plan de la face ABC et demander de construire la section du tétraèdre ABCD par le plan IJL.

2 . UN PEU DE THÉORIE.

A°) L'équilibre de quatre points.

Soit

A	B	C	D
α	β	γ	δ

un équilibre de quatre points
avec $\alpha\beta\gamma\delta \neq 0$

* Si la somme des coefficient des deux points A et B est nulle alors la somme sur C et D l'est également ; on trouve, en appliquant la définition première des équilibres, pour tout point M de E:

$$\alpha \overrightarrow{MA} - \alpha \overrightarrow{MB} + \gamma \overrightarrow{MC} - \gamma \overrightarrow{MD} = 0$$

donc
$$\alpha \overrightarrow{BA} + \gamma \overrightarrow{DC} = 0 \quad \text{avec} \quad \alpha\gamma \neq 0$$

Les droites (AB) et (CD) sont donc parallèles .

Exercice :

Caractériser la configuration ABCD parallélogramme par un équilibre sur les quatre points .

* Si la somme des coefficients des deux points A et B est non nulle (comme celle sur C et D); remplaçons le système (A, α) (B, β) par son barycentre partiel E_1 et le système (C, γ) (D, δ) par E_2 .

nous obtenons l'équilibre

E_1	E_2
$\alpha + \beta$	$\gamma + \delta$

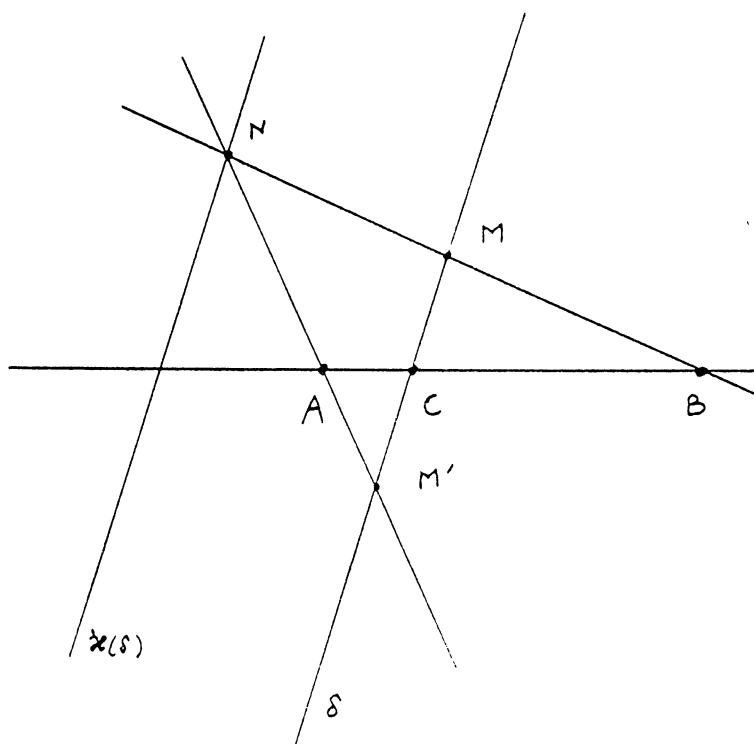
Comme $\alpha + \beta \neq 0$ les deux points E_1 et E_2 sont confondus. Si nous appelons désormais E ce point, E se trouve à l'intersection de (AB) et (CD) , et est exprimé en fonction de A et B ou de C et D .

un exercice d'application:

Soit 3 points alignés A, B, C , deux à deux distincts, et δ une droite sécante en C à (AB) . Pour tout point M de δ , on construit $M' : (C, 1) (M, u)$, u désignant un réel fixé différent de 0 et de -1.

1) Trouver une condition nécessaire et suffisante pour que les droites (BM) et (AM') soient sécantes en N .

2) Cette condition étant vérifiée, déterminer le lieu du point N .



1) Il existe un réel v non nul, unique, tel que

$$A : (B, v) \quad (C, 1)$$

ce qui ajouté à la définition de M' permet d'écrire les équilibres :

C	M	M'
1	u	- 1 - u

C	B	A
-1	-v	1 + v

Nous obtenons par élimination de C l'équilibre de 4 points :

M	B	M'	A
u	-v	1 - u	1 + v

Ainsi le point N existe si et ssi u et v sont différents.

dans ce cas $N : (M, u) \quad (B, -v)$ donc

$$B : (M, u) \quad (N, v-u)$$

$$\text{c'est à dire} \quad \overrightarrow{BN} = \frac{u}{u-v} \overrightarrow{BM}$$

N est l'image de M dans l'homothétie de centre B et de rapport $\frac{u}{u-v}$ (non nul) et décrit l'image de δ par cette homothétie.

Remarque:

La démonstration par superposition d'équilibres peut être remplacée par une démonstration n'utilisant que l'homothétie quand on a compris que superposer les équilibres revient à composer les homothéties.

$$\begin{array}{ccccc} B & \xrightarrow{\mathcal{H}(A, -v)} & C & \xrightarrow{\mathcal{H}(M', -1/u)} & M \\ B & \xrightarrow{\hspace{10em}} & & & M \end{array}$$

Si v est différent de u l'homothétie composée est de rapport v/u , son centre est à l'intersection de la droite (BM) et de (AM') la ligne des centres.

Soit
$$B \xrightarrow{\mathcal{H}(N, v/u)} M$$

c'est à dire à l'équilibre

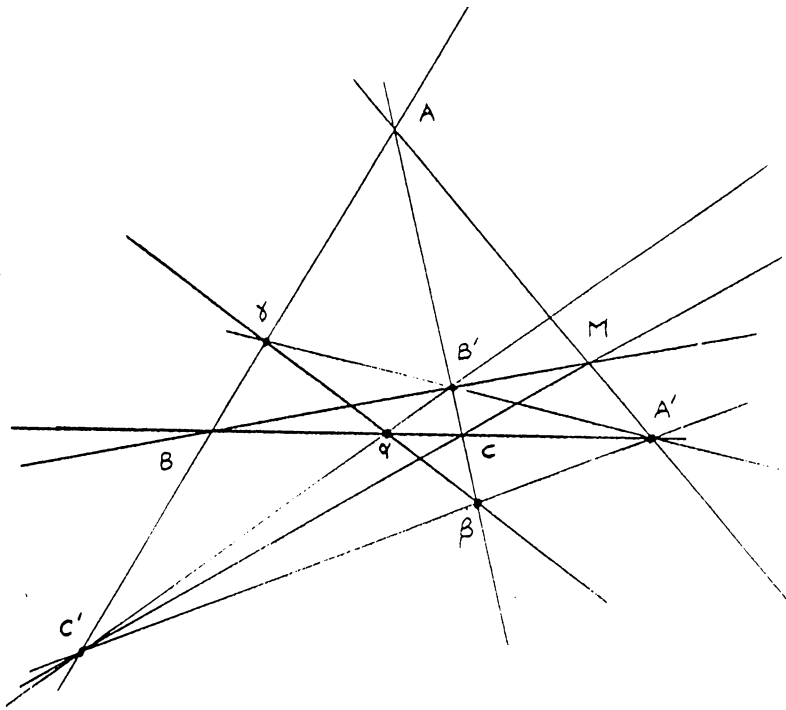
B	M	N
$\frac{v}{u}$	- 1	$1 - \frac{v}{u}$

qui conduit au même raisonnement final.

exercice d'application

Soit un triangle ABC . On prend un point M dans le plan tel que les droites (MA) , (MB) , (MC) soient sécantes aux côtés (CB) , (BA) , (AC) en A' , B' , C' .

Si les droites (AB) $(A'B')$, (BC) $(B'C')$, (CA) $(C'A')$ sont sécantes en γ , α , β alors les points α β γ sont alignés.



Partons de l'équilibre de 4 points

A'			
M	A	B	C
-a-b-c	a	b	c

On obtient directement

A'	B	C
-b-c	b	c
B'	C	A
-c-a	c	a
C'	A	B
-a-b	a	b

γ			
A'	B'	A	B
*	*	-a	b

Ainsi si ils existent α, β, γ vérifient :

α	B	C
*	-b	c
β	C	A
*	-c	a
γ	A	B
*	-a	b

α	β	γ
c - b	a - c	c - a

Application choisissez pour M l'un des points remarquables du triangle ABC et retrouvez des propriétés classiques ...

B°) L'équilibre de cinq points.

A	B	C	D	E
α	β	γ	δ	ε

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon = 0$$

Théorème : Si dans un équilibre de 5 points deux coefficients non nuls sont de somme nulle et si les points correspondants sont distincts, alors la droite définie par ces deux points est parallèle à la variété affine engendrée par les trois autres.

Démonstration:

Supposons par exemple A et B distincts de coefficients α et β non nuls tels que $\alpha + \beta = 0$.

Par définition de l'équilibre on a pour tout point M du plan

$$\alpha \overrightarrow{MA} + \beta \overrightarrow{MB} + \gamma \overrightarrow{MC} + \delta \overrightarrow{MD} + \varepsilon \overrightarrow{ME} = \overrightarrow{0}$$

$$\alpha \overrightarrow{AB} = \gamma \overrightarrow{MC} + \delta \overrightarrow{MD} + \varepsilon \overrightarrow{ME}$$

puisque $\gamma + \delta + \varepsilon$ est aussi nulle le vecteur $\gamma \overrightarrow{MC} + \delta \overrightarrow{MD} + \varepsilon \overrightarrow{ME}$ est un vecteur fixe de la direction de la variété engendrée par les trois points C D et E qui contient donc une droite parallèle à (AB).

On utilise souvent le théorème sous la forme suivante :

Corollaire: Dans l'équilibre de 5 points

A	B	C	D	E
α	β	γ	δ	ε

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon = 0$$

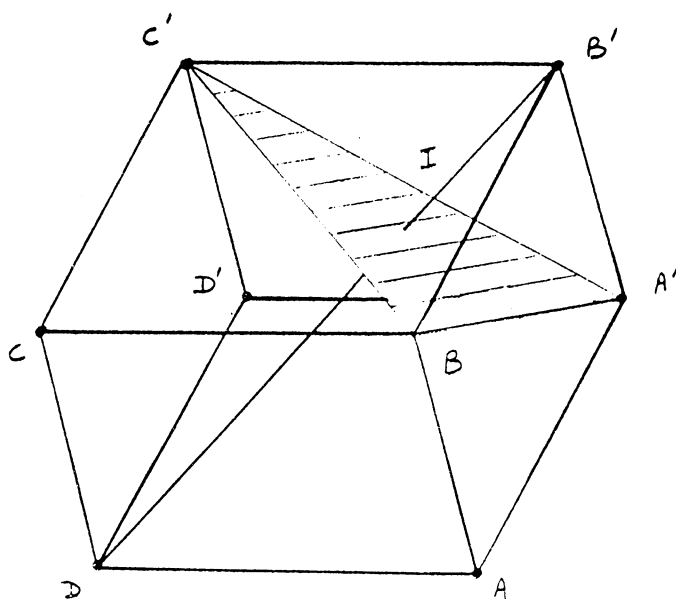
$$\alpha\beta \neq 0$$

$$A \neq B$$

Si $\alpha + \beta$ est différent de 0 alors la droite (AB) coupe la variété affine engendrée par C D E au point G qui est à la fois barycentre de (A, α) (B, β) et de (C, γ) (D, δ) (E, ε)

a) un exercice simple traité par cet équilibre.

Il est classique de se donner un parallélépipède ABCDA'B'C'D' et de chercher la position du point I intersection de la diagonale (DB') avec le plan engendré par les trois sommets A'BC'.



L'idée est de trouver deux équilibres contenant tous les points qui ont servi à définir I plus un autre que l'on essaye d'éliminer.

Du parallélogramme $ABB'A'$ on tire

A	B	B'	A'
-1	1	-1	1

Du parallélogramme $AB'C'D$ on tire

A	B'	C'	D
1	-1	1	-1

D'où en additionnant les deux équilibres :

A'	B	C'	D	B'
1	1	1	-1	-2

Donc la droite (DB') coupe le plan $A'BC'$ en I .

I est aux deux tiers de $[BD]$ et le centre de gravité du triangle $A'BC'$.

b) exercice 2.

Soit P un plan, Δ et Δ' deux droites sécantes à P en A et C respectivement. Un plan parallèle à P coupe Δ en B et Δ' en D .

Le point M est défini par $\overrightarrow{AM} = \overrightarrow{BD}$.

Quel est le lieu des points M lorsque ce plan varie.

Appelons G le barycentre partiel de A et B , on a alors K barycentre de (O, α) et $(G, \beta+1)$ or G est fixe car c'est l'intersection de Δ et (OK) donc $\alpha/(\beta+1)$ est constant.

3) $\alpha+\beta$ parcourt $\mathbb{R}$ privé de 1 car D barycentre de $(K, 1+\alpha+\beta)$ et $(C, -\alpha-\beta)$ décrit Δ' .

	M	C	O	A
$\sigma+\sigma'$:	-1	$-\alpha-\beta$	α	$1+\beta$

Le point I : $(A, 1+\beta)$ (O, α) est fixe donc comme M est barycentre de $(I, 1+\alpha+\beta)$ et $(C, -\alpha-\beta)$ M décrit (IC) . ($\alpha+\beta$ parcourt $\mathbb{R}$ privé de 1)

Remarque :

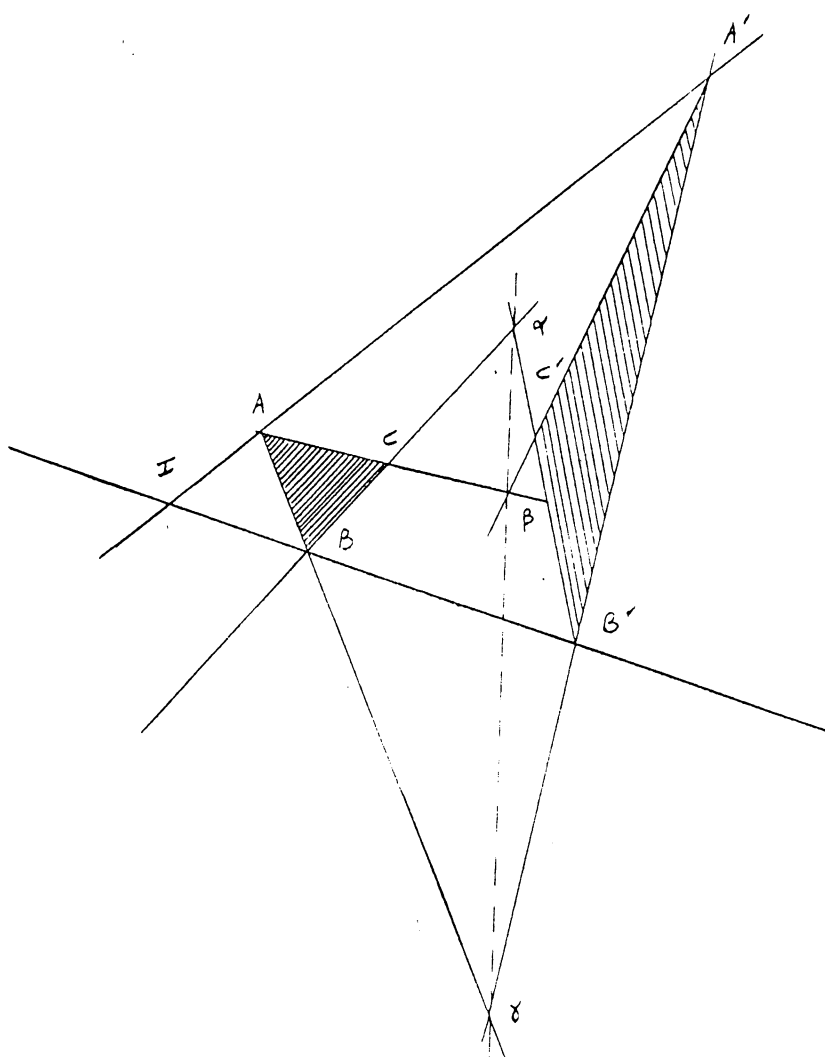
En fait (DM) est parallèle à Δ , donc M est la projection de D sur P parallèlement à Δ et parcourt l'image de la droite Δ' par cette projection.

c) exercice 3 (DESARGUES SPATIAL)

Théorème : Soit ABC et $A'B'C'$ deux triangles non coplanaires et de sommets distincts.

Les trois couples de droites $(AB) (A'B')$, $(AC) (A'C')$, $(BC) (B'C')$ sont chacun dans un plan si et ssi les trois droites $(AA') (BB') (CC')$ sont concourantes ou parallèles. (c'est à dire si les triangles ABC et $A'B'C'$ sont en perspective).

Dans ce cas, et quand elles existent, les intersections α de (AB) avec $(A'B')$, β de (AC) avec $(A'C')$, γ de (BC) avec $(B'C')$ sont alignées.



Démonstration:

Supposer (AB) et $(A'B')$ coplanaires c'est écrire l'équilibre de 4 points :

$\sigma :$	A	B	A'	B'
	a	b	a'	b'

$a+b+a'+b'=0$

On peut supposer que $a \neq 0$. Car sinon $BA'B'$ sont alignés et il y a au moins un des sommets de ABC non situé sur les côtés de $A'B'C'$.

De même (AC) et $(A'C')$ sont coplanaires donc

$$\sigma' : \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline A & C & A' & C' \\ \hline a & c & a'_1 & c' \\ \hline \end{array}$$

Par homogénéité on peut mettre le même coefficient sur A que dans l'équilibre précédent sauf si CA'C' sont alignés.

$$\sigma - \sigma' : \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline A' & B & B' & C & C' \\ \hline a' - a'_1 & b & b' & -c & -c' \\ \hline \end{array}$$

Si $a' \neq a'_1$ le point A' appartiendrait au plan contenant BB'CC' ce qui est exclu. Donc σ et σ' s'écrivent finalement :

$$\sigma : \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline A & B & A' & B' \\ \hline a & b & a' & b' \\ \hline \end{array}$$

$$\sigma' : \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline A & C & A' & C' \\ \hline a & c & a' & c' \\ \hline \end{array}$$

1) si $a+a'=0$ alors $b+b'=c+c'=0$ donc les trois droites (AA') (BB') et (CC') sont parallèles.

2) Si $a+a' \neq 0$ alors (AA') (BB') et (CC') sont concourantes en I :
 $(A,a) (A',a') \quad (\text{ resp } (B,b) (B',b'))$
 $(\text{ resp } (C,c) (C',c'))$

REMARQUE: Si $a \neq 0$ et A'CC' sont alignés alors

ou bien $b=0$ AA'B' sont alignés

(AA') (BB') et (CC') concourent en B'

ou bien $b \neq 0$ et on peut reproduire la même démonstration en utilisant B sauf si B'CC' sont alignés cas qui est impossible car alors C et C' sont confondus.

La réciproque est évidente car si (AA') (BB') et (CC') sont concourantes (ou parallèles) alors $AA'BB'$ $BB'CC'$ $CC'AA'$ sont dans 3 plans.

Dans ce cas et si α β et γ existent on a les équilibres

$$\phi : \begin{array}{|c|c|c|} \hline \gamma & A & B \\ \hline -a-b & a & b \\ \hline \end{array}$$

$$\eta : \begin{array}{|c|c|c|} \hline \alpha & B & C \\ \hline -b+c & b & -c \\ \hline \end{array}$$

$$\psi : \begin{array}{|c|c|c|} \hline \beta & C & A \\ \hline -c-a & c & a \\ \hline \end{array}$$

$$-\phi+\eta+\psi \begin{array}{|c|c|c|} \hline \alpha & \beta & \gamma \\ \hline a+b & -b+c & -c-a \\ \hline \end{array}$$

Donc les points α , β , γ sont alignés.

Remarque: si par exemple α n'existe pas ($(BC) \parallel (B'C')$)

$b = c$ et la combinaison $\phi - \psi$ donne

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \gamma & B & \beta & C \\ \hline -a-b & b & b+a & -b \\ \hline \end{array}$$

Donc (BC) est alors parallèle à $(\alpha\beta)$.

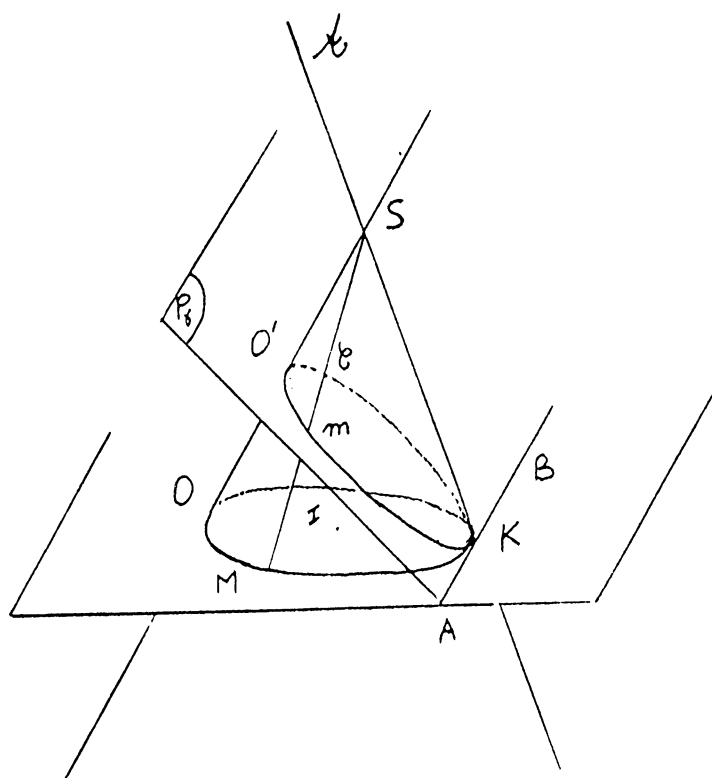
3. SECTIONS DE CÔNE EN COORDONNÉES BARYCENTRIQUES.

Le cône $\mathcal{A}$ de sommet S est défini par un cercle $\mathcal{C}$ de centre I .
 Fixons un point O de $\mathcal{C}$ et Δ la tangente à $\mathcal{C}$ au point
 diamétralement opposé à O . $\Delta = (AB)$.

On prendra O sur la médiatrice de $[AB]$.

Faire "tourner" un plan P_γ autour de (AB) revient à se donner
 un point O' de (SO) . (On éliminera le cas O' en S)

Appelons $\mathcal{C}'$ l'intersection de $\mathcal{A}$ avec le plan P_γ .



$$\sigma: \begin{array}{c|c|c} S & O & O' \\ \hline 1-\gamma & -1 & \gamma \end{array} \quad \gamma \in \mathbb{R} - \{1\}$$

A tout point M du cercle $\mathcal{C}$ on associe m intersection de la
 droite (SM) avec le plan P_γ . M est barycentre des trois points
 A, B, O :

$\tau:$	M	A	B	O
	$-x-y-z$	x	y	z

$z \neq 0$ sinon peu d'intérêt

$z\sigma + \tau:$	S	O'	A	B	M
	$z(1-\gamma)$	$z\gamma$	x	y	$-x-y-z$

m est le barycentre de $(S, z(1-\gamma))$ et $(M, -x-y-z)$.

m est aussi le barycentre de (A, x) (B, y) $(O', \gamma z)$.

CONCLUSION :

m est le barycentre de (A, x) (B, y) $(O', \gamma z)$.

Pour étudier la nature de $\mathcal{C}$ on a l'idée de "rabattre" le plan P_γ sur le plan P_0 . Le point O vient en O'' de la droite (KO) , K désignant le milieu de $[AB]$, m en M' .

Le problème revient à étudier l'application

$$\mathcal{H}: M: (A, x) (B, y) (O, z) \longrightarrow M': (A, x) (B, y) (O'', \gamma z).$$

Ceci étant établi le professeur de Terminale peut adopter s'il le désire plusieurs stratégies :

On peut admettre la génération des coniques comme section de cône et déduire leurs équations barycentriques à partir de celles du cercle.

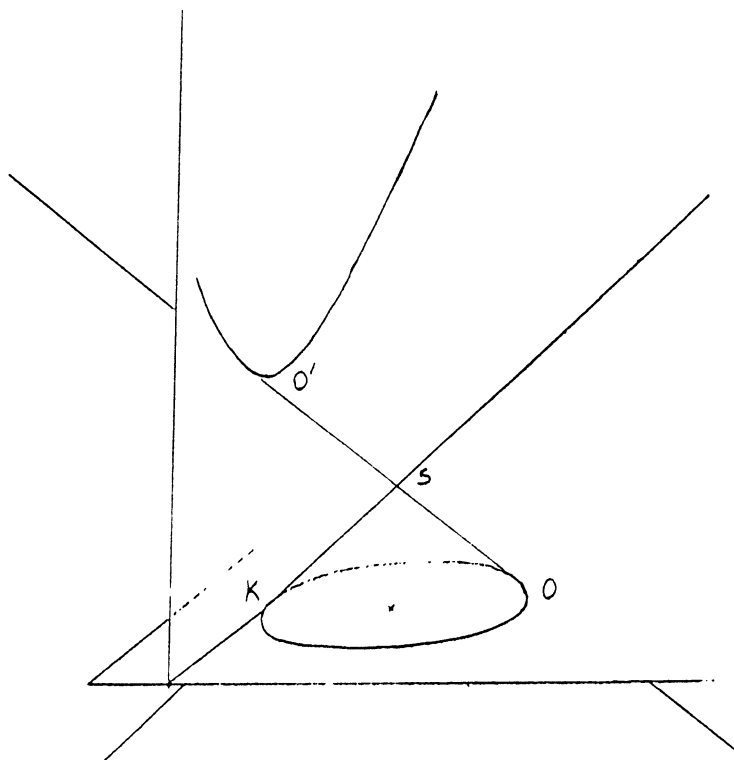
On peut étudier les propriétés géométriques de l'application $\mathcal{H}$ pour arriver aux coniques. (dans les classes plus élémentaires on peut aussi se contenter de faire construire les courbes).

On peut aussi passer en analytique etc....

Pour finir, en attendant un ouvrage plus complet sur les coniques, traitons un cas particulier intéressant.

On prend le cône droit et d'angle au sommet droit.

On le coupe par un plan perpendiculaire au plan de base.



Le triangle OKO' est alors rectangle isocèle donc on a deux résultats très simples:

d'abord S est le milieu de $[OO']$, donc $\gamma = -1$

ensuite $KO = KO'$ donc O et O'' sont confondus.

Ainsi $\mathcal{H}$ devient:

$$M: (A, x) (B, y) (O, z) \longrightarrow M': (A, x) (B, y) (O, -z)$$

Là encore il est possible d'étudier $\mathcal{H}$ soit par la géométrie de l'espace soit comme une "application" ponctuelle, en utilisant les équilibres. Nous allons à titre d'exemple adopter successivement les deux points de vue.

Tous les points du plan tels que $x+y-z \neq 0$ ont une image.
Tous les points du plan tels que $x+y-z \neq 0$ ont un antécédent.
Comme le point m n'est pas défini si et ssi (SM) est parallèle au plan de coupe, c'est à dire si et ssi M appartient à la droite des milieux du triangle OAB (FG) , on a :

$\mathcal{H}$ est une application involutive du plan privé de (FG) dans lui même.

des équilibres de 4 points :

M	A	B	O
$-x-y-z$	x	y	z

M'	A	B	O
$-x-y+z$	x	y	$-z$

$O M M'$ sont toujours alignés
et $x+y \neq 0$ si et ssi (OM) est sécant à (AB) .
Il est très facile de voir par la présentation spatiale que
l'image par $\mathcal{H}$ d'une droite est une droite (à un point près).

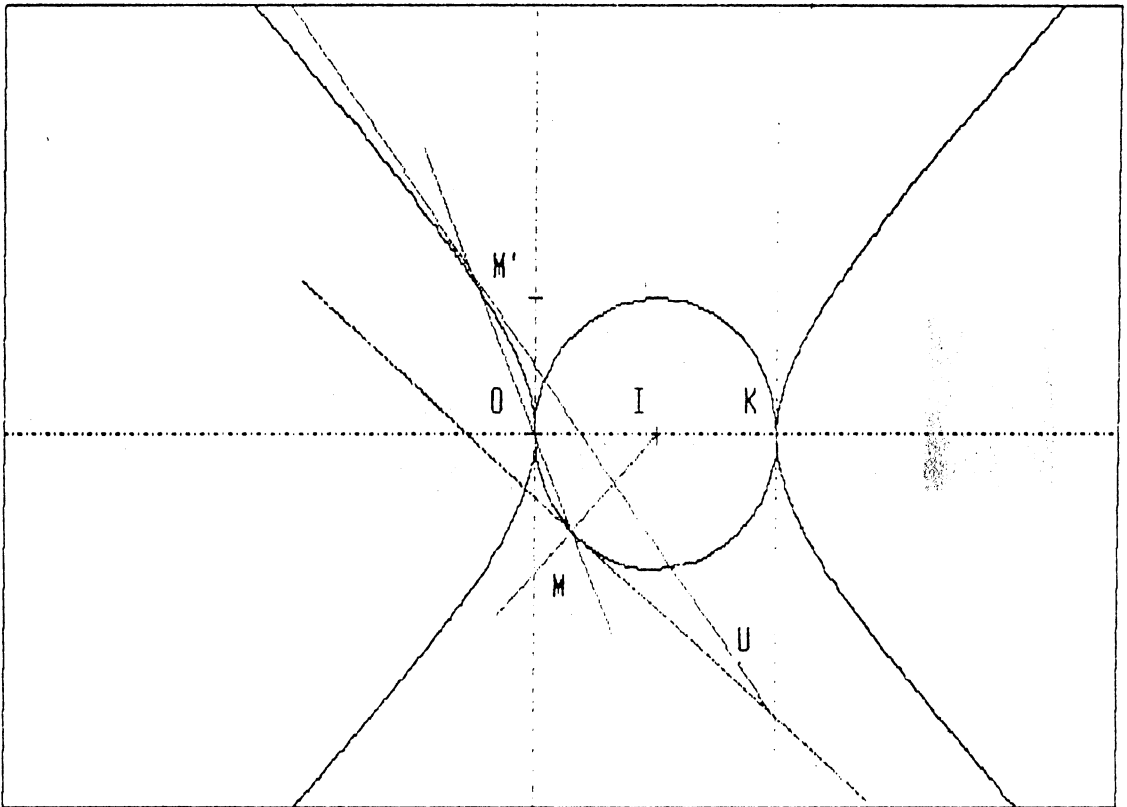
On en déduit la construction géométrique de $\mathcal{H}$ définie par
 $O, (AB)$, un point H et son image H' :
Si (MH) est sécante à (AB) en μ M' est à l'intersection de
 $(H'\mu)$ avec (OM) .¹
Si (MH) est parallèle à (AB) M' est à l'intersection de
 (OM) avec $(H'I)$.

¹ comme pour l'homothétie si MOH sont alignés on passe d'abord par un point N extérieur à celle ci.

Admettons pour finir que la conique obtenue est une hyperbole équilatère de centre I.²

Nous venons d'obtenir une application qui transforme une hyperbole équilatère en son cercle principal, ce qui peut nous fournir une construction des tangentes.

Pour construire la tangente en M' à une hyperbole équilatère on construit d'abord M la seconde intersection de (OM') avec le cercle principal. La tangente au cercle principal en M coupe la droite (AB) en U. La tangente recherchée est la droite (UM').



²On montre que dans le repère orthonormé de centre O tel que I soit de coordonnées (1,0), (AB) étant d'équation $x=2$, $\mathcal{H}$ est définie analytiquement par $M(x,y) \longrightarrow M'(\frac{x}{x-1}, \frac{y}{y-1})$ et donc le cercle $\mathcal{C}$ d'équation $x^2 + y^2 - 2x = 0$ a pour image l'hyperbole $x^2 + y^2 + 2x = 0$

Titre : Equilibres et barycentres dans l'espace

Auteurs : HAMEL, LACHAUX, SINEGRE

Public concerné : Professeurs de lycées – Etudiants – Stagiaires CP

Résumé : On utilise un outil nouveau et attrayant pour résoudre des problèmes : la superposition des équilibres. On en présente des applications dans l'espace : 1) Sections de solides. 2) L'équilibre de cinq points. 3) Coniques comme sections de cône(exercices corrigés).

Mots clefs : Barycentre
Homothétie
Equilibre de 4 ou 5 points
DESARGUES
Cônes et Coniques
Tangentes
Hyperbole équilatère

Date : 1990
Nombre de pages : 25
Prix : 25 frs

Publication : ISBN :2_866239_028_3
Dépôt légal : mai 1990

I.R.E.M. Université de Haute Normandie
Rue Thomas Becket
76130 Mt St Aignan

Bon de commande

M. , Mme, Mlle :
Adresse :

Libellé	Prix	Quantité	Total
[R.68] EQUILIBRES ET BARYCENTRES DANS L'ESPACE	25.00 F		
Frais d'envoi : 15 F pour le 1 ^{er} livre et 10 F par livre supplémentaire (France)			
Frais réels pour l'étranger			
SOMME DUE :			

Les chèques de règlement seront libellés à l'ordre de :
L'AGENT COMPTABLE DE L'UNIVERSITE DE ROUEN

Et adressés directement à l'I.R.E.M. – B.P. 153 – 76135 MONT SAINT AIGNAN.
Pour tout renseignement complémentaire Tél. : 35.14.61.41.

RIB : TP ROUEN TG 10071 76000 00044004056 81

DATE SIGNATURE :