

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 24 (1924-1925)  
**Heft:** 1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Artikel:** MÉTHODE NOUVELLE DE PROJECTION DE L'HYPERESPACE A QUATRE DIMENSIONS  
**Autor:** Hlavaty, V.  
**Kapitel:** IV. — Plan.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-515769>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

à quatre droites  $(AA'^kC^0C)$ . Si  $A$  et  $A'$  sont concourantes, on ne peut mener qu'une sécante commune à  $(AA'^kC^0C)$ . Sa  $k$ -ième projection est en même temps la  $k$ -ième projection du point d'intersection  $x \equiv (AA')$ . Les séries mentionnées sont liées par la projectivité parabolique, parce qu'elles n'ont qu'un point double  $x_k$ .

Si les droites  $A$  et  $A'$  sont concourantes, les séries  $A_k(a_k, b_k, c_k, \dots) \wedge A'_k(a'_k, b'_k, c'_k, \dots)$  sont paraboliquement projectives.

#### IV. — PLAN.

1. — *Triangle caractéristique.* Désignons par  $\alpha_i$  la  $i$ -ième projection du plan  $\alpha$ , c'est-à-dire l'ensemble de  $i$ -ièmes projections de tous ses points. Le plan  $\alpha$  est déterminé par deux droites  $D, D'$  concourantes au point  $p$ . Nous avons démontré (III, 1) la relation

$$\begin{aligned} D'_1(a'_1, b'_1, c'_1, \dots p_1, \dots) \wedge D'_2(a'_2, b'_2, c'_2, \dots p_2, \dots) \\ D_1(a_1, b_1, c_1, \dots p_1, \dots) \wedge D_2(a_2, b_2, c_2, \dots p_2, \dots) \end{aligned} \quad \text{Il s'en suit } \alpha_1 \wedge \alpha_2.$$

Les champs  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  sont projectifs. On a donc trois points doubles (distincts en général):  $x_{12}, y_{12}, z_{12}$ . Nous appelons le triangle  $x_{12} y_{12} z_{12}$  *triangle caractéristique* du plan  $\alpha$ . Deux de ses sommets sont à l'infini. Ils nous représentent les projections (confondues) de deux sécantes communes à  $A^0C^1C^2C$  ( $A$  est droite impropre du plan  $\alpha$ ). Le troisième  $x \equiv x_1 \equiv x_2$  est le point d'intersection de deux plans  $\pi$  et  $\alpha$ .

La droite  $X_i \equiv (y_i z_i)$  est en même temps la  $i$ -ième projection de la congruence linéaire de droites qui s'appuient sur les rayons projetants des points  $y$  et  $z$ . Il s'en suit que le triangle  $xy_{12}z_{12}$  ne détermine pas d'une manière uniforme le plan  $\alpha$ . Il nous faut encore un point quelconque pour le déterminer. La droite  $(ax)$  a un point commun avec l'espace  $(^1C^2C)$ . On mène par ce point l'unique rayon possible de la congruence mentionnée et on le considère comme rayon impropre du plan  $\alpha$ :

*Le plan est fixé par le triangle caractéristique  $x_{12}, y_{12}, z_{12}$  et un de ses points.*

Indiquons par  $X_{12}, Y_{12}, Z_{12}$ , les droites  $(y_{12}, z_{12}), (z_{12}, x_{12}),$

$(x_{12}, y_{12})$ . Chaque droite  $D$  de  $\alpha$  rencontre  $\underline{X}$  ( $\underline{Y}$ ,  $\underline{Z}$ ) en un point  $x'$  ( $y'$ ,  $z'$ ). Le rayon de rappel du point  $x'$  ( $y'$ ,  $z'$ ) est sur  $\underline{X}_{12}$  ( $\underline{Y}_{12}$ ,  $\underline{Z}_{12}$ ). Il s'en suit que la parabole  $\underline{P}_D$  est inscrite au triangle  $x_{12} y_{12} z_{12}$ .

*Toutes les paraboles de toutes les droites du plan donné sont inscrites au triangle caractéristique de ce plan.*

2. — *Positions exceptionnelles.* — A. Si les plans  $\alpha$ ,  $\pi$ , se rencontrent suivant une droite  $D$ , on parvient à la méthode élémentaire de projection avec les centres impropres qui sont points d'intersections de l'espace ( $\alpha \pi$ ) et  ${}^1C$  resp.  ${}^2C$ . Le triangle caractéristique a une droite double  $D_{12}$ .

B. Si le plan et la droite  ${}^iC$  se rencontrent au point  ${}^iC$ , la  $i$ -ième projection  $\alpha_i$  est la droite  $\alpha_i$ . La  $i$ -ième projection du plan contenant  ${}^iC$  est le point  $\alpha_i$ . Spécialement pour  $i \equiv 2$ :

*La 2-ième projection du plan complètement orthogonal à  $\pi$  est le point  $\alpha_i$ .*

En combinant les cas ci-dessus énumérés, on obtient les positions diverses, d'ailleurs sans difficulté quant à leurs projections.

3. — *Point et plan.* Soit donné le plan  $\alpha$  par le triangle  $x_{12} y_{12} z_{12}$  et par un de ses points  $a$ . On a à trouver le point  $b$  de  $\alpha$  dont la  $i$ -ième projection est donnée. On résout ce problème en trouvant dans  $\alpha_k$  le point  $b_k$  appartenant à  $b_i$  dans  $\alpha_i$ . On peut se servir du triangle  $x_{12} y_{12} z_{12}$ , en tenant compte du fait que les séries de points sur  $\underline{X}$  ( $\underline{Y}$ ,  $\underline{Z}$ ) se projettent suivant deux séries projectives sur  $\underline{X}_{12}$  ( $\underline{Y}_{12}$ ,  $\underline{Z}_{12}$ ) avec les points doubles  $y_{12}$ ,  $z_{12}$  ( $z_{12}$ ,  $x_{12}$ ;  $x_{12}$   $y_{12}$ ).

4. — *Droite et plan.* On a maintenant trois problèmes à résoudre. A. Trouver la  $k$ -ième projection d'une droite  $D$  de  $\alpha$ , si  $D_i$  est donnée. B. Trouver la droite  $D$  dans  $\alpha$ , dont la parabole est donnée. C. Trouver le point d'intersection  $p$  (s'il existe) du plan  $\alpha$  et de la droite B.

A. Ce problème peut être résolu de la manière analogue à IV, 3.

B. On peut considérer la parabole  $\underline{P}_D$  (inscrite au triangle  $x_{12} y_{12} z_{12}$ ) comme enveloppe des droites  $D_i$  dans  $\alpha_i$ . A la parabole ainsi conçue correspond dans  $\alpha_k$  la parabole  $\underline{P}'_D$ , enveloppe des droites  $D_k$ . Cette parabole est de même inscrite au triangle  $x_{12} y_{12} z_{12}$ , parce qu'à la droite  $\underline{X}_i$  ( $\underline{Y}_i$ ,  $\underline{Z}_i$ ) dans  $\alpha_i$  correspond la

droite  $X_k(Y_k, Z_k)$  dans  $\alpha_k$ . La dernière tangente commune des paraboles  $P_D$  et  $P'_D$  est la droite  $D_k$ . On procède ensuite d'après IV, 4, A.

C. Il y a assurément dans  $\alpha$  une droite  $D$  telle que l'on ait  $D_i \equiv B_i$ . Si le point d'intersection  $x$  existe,  $x_k$  doit être situé sur  $D_k$ , parce que sa  $i$ -ième projection doit se trouver sur  $B_i$ . Or si les deux droites  $D$  et  $B$  se rencontrent, leur point d'intersection représente le point cherché (III, 3). Si elles ne se rencontrent pas, le point d'intersection n'existe pas.

5. — *Deux plans*. Quant à la position mutuelle de deux plans, nous distinguerons les plans *concourants*, situés dans un même espace et les plans *sécants*, qui n'y sont pas. Les premiers sont toujours *demi-parallèles*, les autres ne le sont que si leur point commun est à l'infini.

Soient donnés deux plans sécants  $\alpha$  et  $\alpha'$ , non demiparallèles. Nous avons démontré (IV, 1) les relations  $\alpha_1 \overline{\wedge} \alpha_2$  et  $\alpha'_1 \overline{\wedge} \alpha'_2$ . Or, en posant  $\alpha_i \equiv \alpha'_i$  on obtient  $\alpha_k \overline{\wedge} \alpha'_k$ . Ces champs projectifs ont trois points doubles (distincts en général), dont deux, situés à l'infini, représentent les  $k$ -ièmes projections de deux sécantes communes à  $\overline{AA'}^k \overline{C^0C}$ . ( $\overline{A}$  et  $\overline{A'}$  sont droites impropres des plans  $\alpha$  et  $\alpha'$  (III, 4)).

Le troisième point double est la  $k$ -ième projection du point d'intersection de  $\alpha$  et  $\alpha'$ . Pour le fixer on lui trouve le point correspondant dans  $\alpha_i$  d'après IV, 3. Si les plans sécants sont demi-parallèles, les trois points doubles se confondent en un seul point impropre (III, 4, fin).

Si les deux plans demiparallèles sont concourants, on peut trouver d'une autre manière la droite d'intersection. La parabole inscrite au quadrilatère  $Y_{12}Z_{12}Y'_{12}Z'_{12}$  ( $\overline{X_{12}Y_{12}Z_{12}}$  et  $\overline{X'_{12}Y'_{12}Z'_{12}}$  sont les triangles caractéristiques de  $\alpha$  et  $\alpha'$ ) appartient à la droite cherchée. En la trouvant d'après IV, 4, B, on a trouvé la droite d'intersection des plans  $\alpha$  et  $\alpha'$ .

En résumé: *Les plans sont sécants, non demiparallèles, si les trois points doubles (mentionnés plus haut) sont distincts. Ils sont demiparallèles, si ces trois points se confondent en un seul point à l'infini. Ils sont concourants, si la parabole inscrite au quadrilatère  $Y_{12}Z_{12}Y'_{12}Z'_{12}$  appartient à une seule droite dans  $\alpha$  et  $\alpha'$ . En ce cas, cette droite est leur droite d'intersection.*