

<b>Zeitschrift:</b>	L'Enseignement Mathématique
<b>Herausgeber:</b>	Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique
<b>Band:</b>	2 (1900)
<b>Heft:</b>	1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE
<b>Artikel:</b>	NOUVEAUX MODÈLES CINÉMATIQUES ET INTRODUCTION NOUVELLE A LA THÉORIE DES COURBES CYCLOIDALES
<b>Autor:</b>	Schilling, Fr.
<b>Kapitel:</b>	§2. — Description des modèles
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-3552">https://doi.org/10.5169/seals-3552</a>

### 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:** 12.01.2026

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

et éliminons les grandeurs  $\frac{\omega}{\Omega}$  et  $C$  à l'aide des équations (IV) et (VII).

$$(XI \ a) \quad x = (a + b) \cos \lambda + c \cos \frac{a + b}{b} \lambda,$$

$$y = (a + b) \sin \lambda + c \sin \frac{a + b}{b} \lambda.$$

Nous aurons de même pour une épitrochoïde à centre couvert

$$(XI \ b) \quad x = C \cos \frac{B - A}{B} \Lambda + (B - A) \cos \Lambda,$$

$$y = C \sin \frac{B - A}{B} \Lambda + (B - A) \sin \Lambda,$$

où

$$\Lambda = \Omega t.$$

Enfin pour l'hypotrochoïde, nous aurons l'un des deux groupes

$$(XI \ c) \quad x = (a - b) \cos \lambda + c \cos \frac{b - a}{b} \lambda,$$

$$y = (a - b) \sin \lambda + c \sin \frac{b - a}{b} \lambda,$$

dans lequel

$$\lambda = \omega t,$$

ou

$$x = C \cos \frac{B - A}{B} \Lambda + (A - B) \cos \Lambda,$$

$$y = C \sin \frac{B - A}{B} \Lambda + (A - B) \sin \Lambda,$$

dans lequel

$$\Lambda = \Omega t.$$

Ces équations peuvent être utilisées pour l'étude de courbes particulières; mais elles sont évidemment moins simples et moins générales que les équations (I) et (XI).

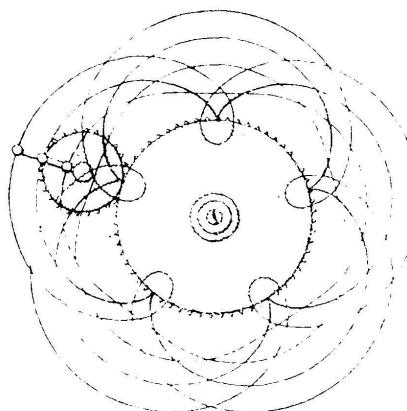
## § 2. — DESCRIPTION DES MODÈLES

Ces modèles se partagent en quatre groupes que nous allons successivement examiner.

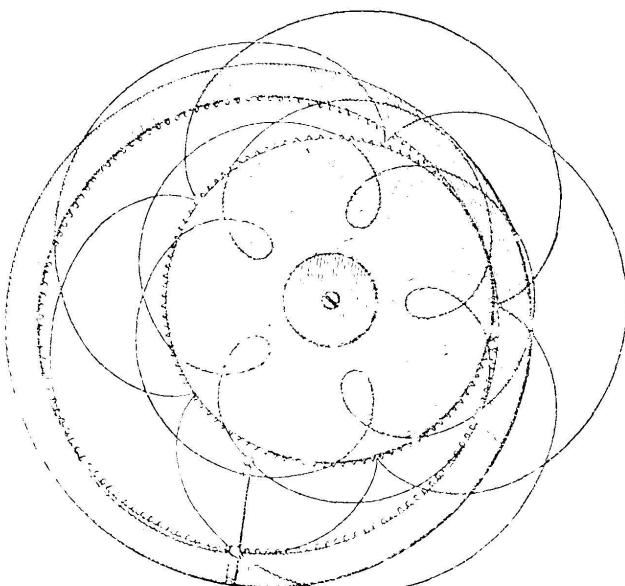
Les *quatre modèles du premier groupe* montrent les doubles générations des épitrochoïdes et hypotrochoïdes (mod. 1-4).

Le premier modèle donne les trois sortes d'épitrochoïdes : allongée, raccourcie et ordinaire, à centre libre ; le deuxième la même épitrochoïde allongée comme au premier mais à centre couvert, et une épitrochoïde ordinaire complètement différente. On

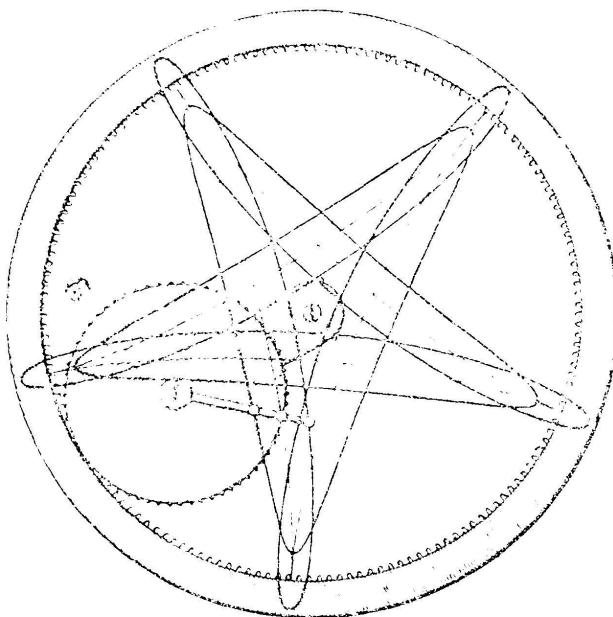
## PREMIER GROUPE



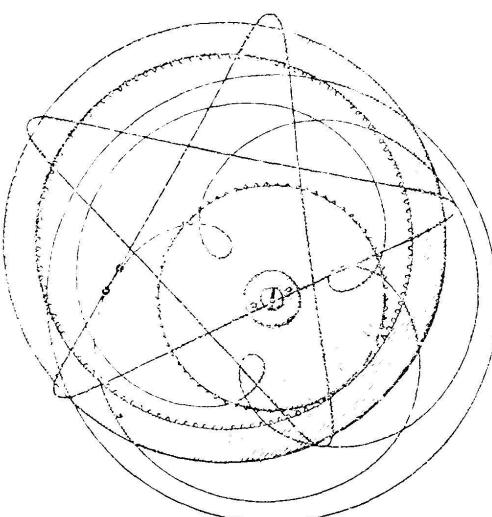
Modèle 1.



Modèle 2.



Modèle 3.



Modèle 4.

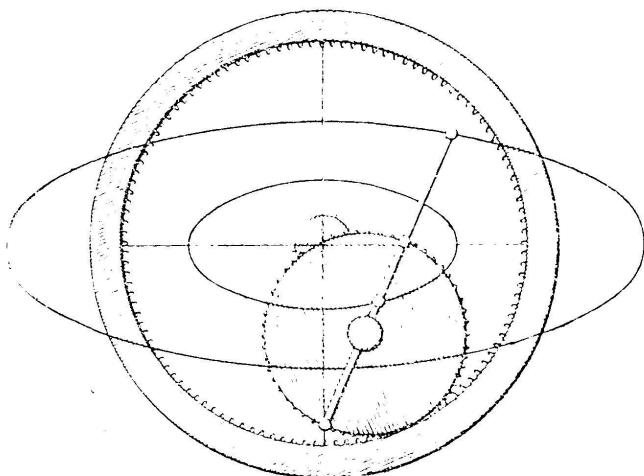
remarquera, dans les deux modèles, les positions relatives de la trochoïde ordinaire et de la trochoïde allongée.

Les deux modèles suivants nous montrent de la même façon, les trois sortes d'hypotrochoïdes : allongée, raccourcie et ordinaire, à centre libre (mod. 3) et à centre couvert (mod. 4). Tandis qu'un point du système mobile décrit une trochoïde dans

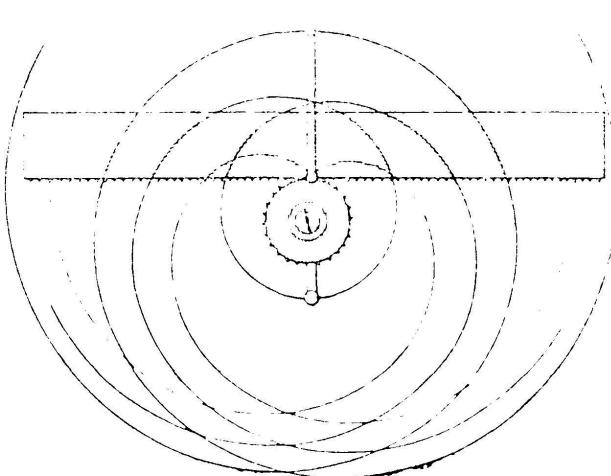
le système solide, réciproquement un point du système solide décrit également une trochoïde dans le système mobile. C'est ainsi que dans le modèle 4, un point du système fixe décrit une épitrochoïde à centre couvert, tandis qu'un point du système mobile, décrit une hypotrochoïde qui est d'ailleurs la même que l'hypotrochoïde raccourcie représentée sur le modèle 3 ; d'autre part les positions initiales des deux points décrivants coïncident.

Comme on peut s'en rendre compte d'après les figures ces modèles consistent en deux cercles représentés par des disques

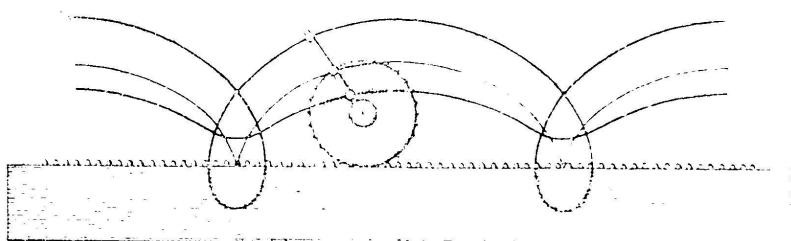
## DEUXIÈME GROUPE



Modèle 5.



Modèle 6.



Modèle 7.

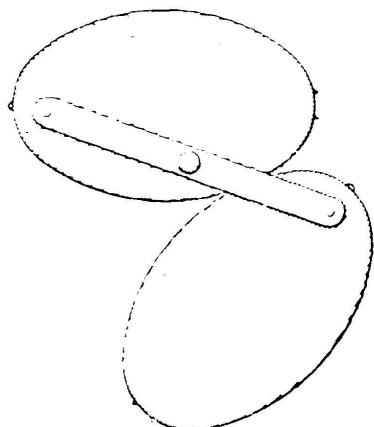
ou des anneaux de métal (feuilles de zinc) qui sont assujettis à rouler l'un sur l'autre au moyen d'un système d'engrenages. On dirige le cercle mobile sur le cercle fixe à l'aide d'une manivelle fixée sur le côté postérieur. Les courbes sont marquées sur un disque de verre ; les points décrivants sont représentés par des petites boules.

Le *deuxième groupe* donne avec ses trois modèles les cas spéciaux des courbes cycloïdales (mod. 5, 6 et 7). Le premier modèle

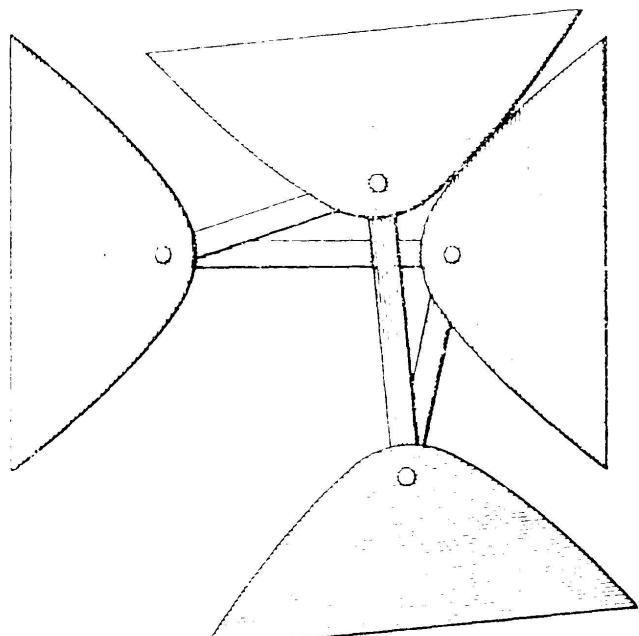
montre les générations d'ellipses et de droites, par roulement d'un cercle à l'intérieur d'un cercle de rayon double (Th. 7), en même temps il permet de vérifier le fait que si une droite se meut, de telle sorte que ses extrémités glissent sur deux droites qui se coupent, tout point lié invariablement à cette droite décrira une ellipse ou une double droite.

Les deux autres modèles représentent les générations des développantes de cercles et des cycloïdes allongées, ordinaires

TROISIÈME GROUPE



Modèle 8.



Modèle 9.

et raccourcies par roulement d'une droite sur un cercle et d'un cercle sur une droite<sup>(1)</sup>.

La construction de ces modèles est absolument analogue à celle des précédents. Pour rendre possible le roulement de la droite sur le disque circulaire dans le modèle 6, l'extrémité de la manivelle aboutit à un curseur qui glisse sur le côté infé-

(1) Par analogie, nous appellerons développante de cercle allongée, raccourcie, ou ordinaire, la courbe décrite par un point invariablement lié à une droite qui roule sur un cercle suivant que ce point sera du même côté de la droite que le centre du cercle mobile, de l'autre côté ou sur la droite même.

De même la cycloïde sera dite allongée, raccourcie ou ordinaire selon que le point décrivant sera à l'extérieur, à l'intérieur, ou sur la circonférence du cercle mobile.

(Il faut pourtant remarquer que la courbe décrite par un point de la droite est seule une véritable développante de cercle ; les deux autres courbes ne répondant nullement à la définition de la développante.) — Note du trad.

rieur de la droite ; dans le modèle de la cycloïde on remplace généralement la manivelle par un dispositif, qui peut passer sous la droite.

Les deux modèles du *troisième groupe* concernent les manivelles antiparallèles à rotations de même sens et à rotations contraires, avec leurs trajectoires polaires (mod. 8 et 9).

Elles consistent en un contre-parallélogramme articulé KLMN (fig. 8) dont les côtés sont égaux deux à deux. Suivant que l'on

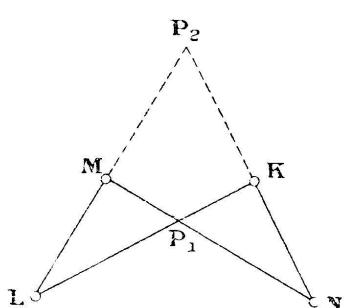


Fig. 8.

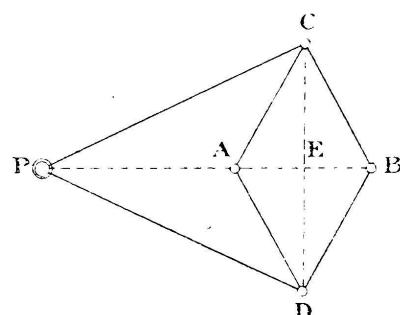


Fig. 9.

fixe, un des petits côtés ou un des grands, les deux côtés adjacents au côté fixe, « les manivelles » peuvent tourner dans le même sens ou en sens contraire. Les trajectoires polaires roulant l'une sur l'autre pendant le mouvement sont deux ellipses congruentes (ou deux hyperboles), lieux des points d'intersection  $P_1$  (ou  $P_2$ ) des manivelles dans le système fixe et dans la figure liée au côté opposé, qu'on nomme le « lien »<sup>(4)</sup>.

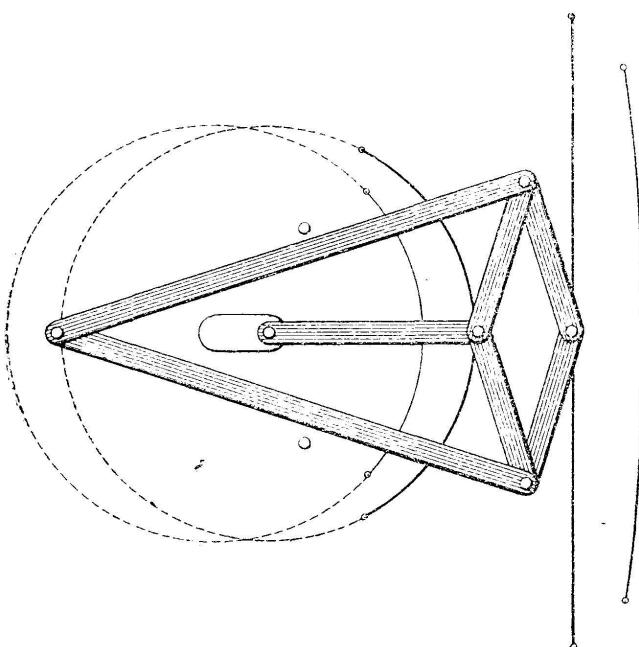
La disposition générale des modèles est suffisamment visible dans les figures. On produit le roulement dans le premier modèle en agissant sur un petit bouton que l'on voit sur une des manivelles, dans le second au moyen d'une manivelle placée à l'envers du modèle. On a d'ailleurs ajouté des dents d'engrenage, pour faciliter le passage des points d'inversion au moment où le contre-parallélogramme se changerait en parallélogramme (les quatre côtés tombent alors en ligne droite).

Enfin le *quatrième groupe* contient les inverseurs de Peaucellier, de Hart et de Sylvester-Kempe, appareils pour effectuer les transformations par rayons réciproques (mod. 10, 11 et 12).

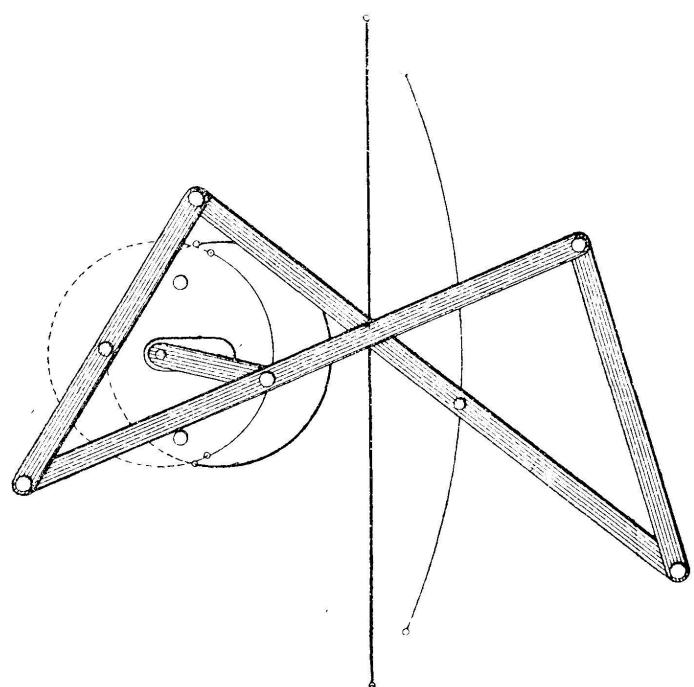
<sup>(4)</sup> Voir : BURMESTER, *Lehrbuch der Kinematik*, p. 302 et suiv. et REULEAUX, *Theoretische Kinematik* (Braunschweig, 1875), p. 187 et suiv., traduction française par A. Debitze. Paris, 1877, p. 308 et suiv.

Ces trois inverseurs ont entre eux des rapports étroits, qui ne sont pas assez connus; je voudrais les indiquer en quelques mots et rappeler en même temps sur quelle base mathématique reposent ces appareils.

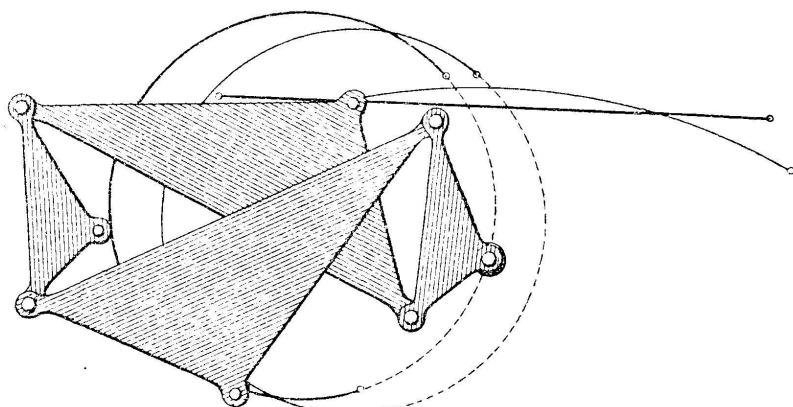
## QUATRIÈME GROUPE



Modèle 10.



Modèle 11.



Modèle 12.

Commençons par l'inverseur Peaucellier, découvert le premier (1864). Ce système articulé se compose d'un rhombe ABCD, et de deux tiges égales PC et PD, qui se joignent en P et aboutissent à deux sommets opposés du rhombe (fig. 9).

(<sup>1</sup>) Voir : BURMESTER, *Lehrbuch der Kinematik*, p. 564 et suiv.; KEMPE, *How to draw a straight line*. London, 1877; NEUBERG, *Systèmes de tiges articulées*. Liège, 1886.

Quelle que soit la déformation on a :

$$\overline{PA} \cdot \overline{PB} = \overline{PE}^2 - \overline{AE}^2 = \overline{PC}^2 - \overline{AC}^2,$$

*Les points A et B sont deux points correspondants d'une transformation par rayons réciproques, de centre P et de puissance  $\overline{PC}^2 - \overline{AC}^2$ .*

L'inverseur de Hart (1874) consiste en un contre-parallélogramme articulé KLMN ( $KL = MN$ ,  $KN = LM$ ) (fig. 10). La droite idéale QT, menée parallèlement à KM, coupe les tiges

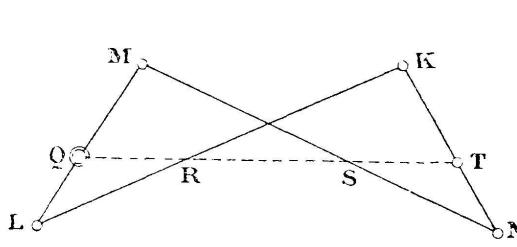


Fig. 10.

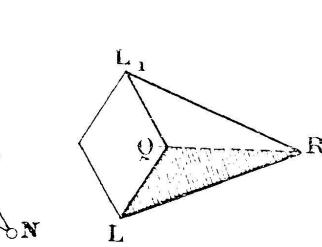


Fig. 11 a.

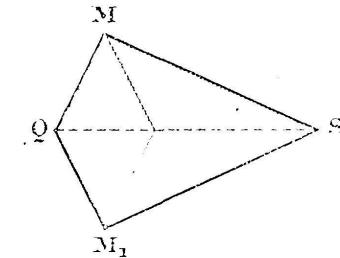


Fig. 11 b.

en des points Q, R, S, T. Si l'on construit les symétriques des triangles LQR et MQS par rapport à la droite QT, on a les figures  $LQRL_1$  et  $MQSM_1$  (fig. 11 a et 11 b) qui représentent les parties CAPD et CBPD de l'inverseur Peaucellier.

Comme dans ce dernier  $\overline{QR} \cdot \overline{QS}$  est constant, il est égal ici à

$$(\overline{MN}^2 - \overline{ML}^2) \frac{\overline{MS} \cdot \overline{SN}}{\overline{MN}^2}.$$

*Les points R et S correspondent dans une transformation par rayons réciproques dont le centre est Q et dont la puissance est la constante indiquée.*

L'inverseur de Sylvester-Kempe (1875) n'est qu'une généralisation du précédent; il se compose de quatre triangles semblables dont quatre côtés analogues forment le parallélogramme KLMN (fig. 12).

On peut amener la droite idéale QR, dans la position  $Q_1R_1 \parallel MK$ , en faisant tourner les points Q et R d'angles

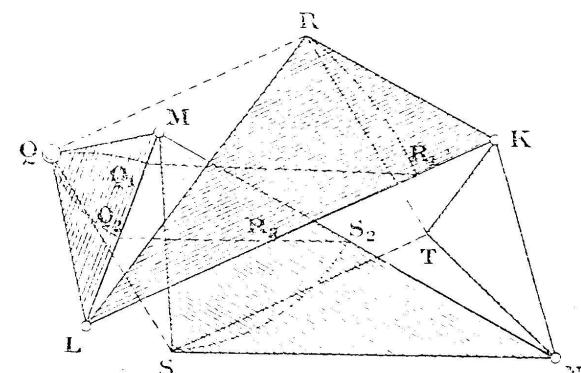


Fig. 12.

égaux  $\widehat{QLM}$ ,  $\widehat{RLK}$ , autour de L; de même on amènera la droite QS en  $Q_2S_2 \parallel MK$  en faisant tourner Q et S d'angles égaux  $\widehat{QML}$ ,  $\widehat{SMN}$  autour de M. Il s'ensuit que non seulement l'angle  $\widehat{RQS}$  reste constant, mais que l'on a aussi  $QR.QS = Q_1R_1.Q_2S_2$ , de même que  $Q_2R_2.Q_2S_2$  est constant et encore égal à

$$\left( \frac{\overline{MN}^2 - \overline{ML}^2}{\overline{MN}^2} \right) \cdot \frac{MS \cdot SN}{\overline{MN}^2}. \quad (1)$$

*Pendant la déformaion du système articulé, les quatre points Q, R, S, T forment donc un parallélogramme dont les angles sont constants, et dont l'aire est constante.*

*Si l'on fixe le point Q, les points R et S donnent deux points correspondants d'une transformation ordinaire par rayons réciproques dont le centre est Q et dont la puissance est égale à la constante indiquée plus haut, qui suppose que l'un des points R ou S, a tourné d'un angle  $\widehat{RQS}$ , autour de Q dans un sens convenablement choisi.*

Ces trois modèles sont construits comme les précédents, complètement en métal. À l'un des points choisis pour la transformation, on a fixé un bras de manivelle dont la rotation est assurée, même dans les deux positions limites par un dispositif spécial placé sur la face inférieure du modèle. Quand on fera tourner la manivelle, le premier point suivra soit un arc de cercle dont le centre est le centre fixe de la transformation, soit un autre arc de cercle coupant le premier, le point correspondant décrira alors soit une droite, soit un arc de cercle. Ces diverses courbes se dessinent sur la planche qui porte l'appareil.

Fr. SCHILLING (Göttingue).

Traduit de l'allemand par H. DUAIME.

(<sup>1</sup>) Comparer à l'inverseur de Hart.