

<b>Zeitschrift:</b>	L'Enseignement Mathématique
<b>Herausgeber:</b>	Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique
<b>Band:</b>	13 (1967)
<b>Heft:</b>	1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE
 <b>Artikel:</b>	AU SUJET DES CONGRUENCES DE DEGRÉ SUPÉRIEUR A DEUX
<b>Autor:</b>	Thouvenot, S. / Chatelet, F.
<b>Kapitel:</b>	III. CONGRUENCES DE DEGRÉ ARBITRAIRE
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-41529">https://doi.org/10.5169/seals-41529</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:** 23.02.2026

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

où la somme est étendue aux décompositions de l'entier  $j$  de la forme (20)<sup>1)</sup>.

*Exemples*: Pour  $n = 4$ , les fonctions  $K_4$ ,  $K_5$  et  $K_6$  sont:

$$\begin{aligned} K_4 &= v_1^4 + 3v_1^2 v_2 + 2v_1 v_3 + v_2^2 + v_4 \\ K_5 &= v_1^5 + 4v_1^3 v_2 + 3v_1^2 v_3 + 3v_1 v_2^2 + 2v_1 v_4 + 2v_1 v_4 + 2v_2 v_3 \\ K_6 &= v_1^6 + 5v_1^4 v_2 + 4v_1^3 v_3 + 6v_1^2 v_2^2 + 3v_1^2 v_4 + 6v_1 v_2 v_3 + v_2^3 \\ &\quad + 2v_2 v_4 + v_3^2. \end{aligned}$$

Pour  $n = 5$ , la fonction  $K_{12}$  (avec  $v_1 = 0$ ) est:

$$\begin{aligned} K_{12} &= v_4^3 + 12v_2 v_3^2 v_4 + 6v_2^2 v_4^2 + 5v_2^4 v_4 + v_3^4 + v_2^6 + 10v_2^3 v_3^2 \\ &\quad + 3v_5^2 v_2 + 6v_5 v_3 v_4 + 12v_5 v_3 v_2^2. \end{aligned}$$

### III. CONGRUENCES DE DEGRÉ ARBITRAIRE

On cherche les conditions que doivent vérifier les entiers  $v_1, v_2, \dots, v_{n+1}$  pour que la congruence:

$$X^{n+1} - v_1 X^n - v_2 X^{n-1} - \dots - v_{n+1} \equiv 0, \quad (N), \quad (22)$$

où  $N$  est un entier premier, ait  $n + 1$  solutions entières et distinctes.

Le théorème de FERMAT montre que, si les racines  $\theta$  de cette congruence sont entières, elles vérifient la congruence:

$$\theta^{N-1} \equiv \theta, \quad (N). \quad (23)$$

Les fonctions  $K_j$  vérifient alors, pour toutes les valeurs entières positives, négatives ou nulles de  $j$ , les congruences:

$$K_{j+N-1} \equiv K_j, \quad (N). \quad (24)$$

Inversement, si  $n + 1$  fonctions  $K_{i+j}$  vérifient la congruence (24), les racines  $\theta$  de la congruence (22), vérifient toutes la congruence de FERMAT (23) et par suite sont entières. Les fonctions  $K_j$  ont d'ailleurs été choisies de manière que les conditions les plus simples correspondent aux valeurs entières de  $i$  de  $-n$  à  $0$ .

Ainsi, les congruences:

$$K_{N-n} \equiv 0, \quad K_{N-n-1} \equiv 0, \quad \dots, \quad K_{N-2} \equiv 0, \quad K_{N-1}, \quad (N), \quad (25)$$

<sup>1)</sup> Loc. cit., p. 135, où la formule est établie seulement pour  $v_1 = 0$ , mais peut être généralisée facilement. Voir aussi GLENISSON et DERDVIDUE, *Mathesis* (1960).

sont des conditions nécessaires et suffisantes pour que la congruence (22) ait  $n + 1$  solutions entières et distinctes.

Il est facile de constater, d'un côté que  $n$  des relations (25) entraînent la  $(n + 1)^{\text{me}}$ , de l'autre que l'éventualité  $v_1 = 0$  apporte de notables simplifications dans ces relations<sup>1)</sup>.

Le cas de  $n + 1 = 2$  présente un intérêt particulier. Dans le cas général, les relations (25) se réduisent alors à deux expressions identiques. C'est ainsi que, pour  $N = 7$ , ces deux relations sont:

$$4_1^4 + 4v_1^2 v_2 + 3v_2^2 \equiv 0, \quad (7).$$

D'autre part, si  $v_1 \equiv 0, (N)$ , la relation  $K_{N-2} \equiv 0, (N)$ , est toujours vérifiée, parce qu'elle contient  $v_1$  en facteur, tandis que la relation  $K_{N-1} \equiv 1, (N)$ , se réduit à:

$$v_2^{(N-1)/2} \equiv 1, \quad (N).$$

Ce qui est la relation classique de GAUSS, pour les restes quadratiques suivant le module  $N$ , dont les formules (25) apparaissent ainsi comme une généralisation aux congruences d'une variable de degré quelconque.

*Exemples :* Pour  $n = 3$  et  $N = 7$ , la congruence (22) a pour solutions 1, 2 et 3 si ses coefficients sont égaux à:

$$v_1 \equiv 1, \quad v_2 \equiv 3, \quad v_3 \equiv 3, \quad (7).$$

Ces coefficients vérifient les congruences:

$$K_4 \equiv 0, \quad K_5 \equiv 0, \quad K_6 \equiv 1, \quad (7).$$

Pour  $n = 3$  et  $N = 11$ , la congruence (22) a pour solutions 1, 2 et 3 si:

$$v_1 \equiv 5, \quad v_2 \equiv 0, \quad v_3 \equiv 5, \quad (11).$$

Ces coefficients vérifient les congruences:

$$\begin{aligned} K_8 &= v_1^8 + 7v_1^6 v_2 + 6v_1^5 v_3 + 15v_1^4 v_2^2 + 20v_1^3 v_2 v_3 + 10v_1^2 v_2^3 + 6v_1^2 v_3^2 \\ &\quad + 12v_1 v_2^2 v_3 + v_2^4 + 3v_2 v_3^2 \equiv 0, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} K_9 &= v_1^9 + 8v_1^7 v_2 + 7v_1^6 v_3 + 21v_1^5 v_2^2 + 30v_1^4 v_2 v_3 + 20v_1^3 v_2^3 + 10v_1^3 v_3^2 \\ &\quad + 30v_1^2 v_2^2 v_3 + 5v_1 v_2^4 + 12v_1 v_2 v_3^2 + 4v_2^3 v_3 + v_3^3 \equiv 0, \end{aligned} \quad (11)$$

---

1) Si  $n + 1 = 3$  et  $v_1 = 0$ , il n'y a plus dans le cas général qu'une seule relation pour entraîner les deux autres, cf. (13) et (14).

$$\begin{aligned} K_{10} = & v_1^{10} + 9v_1^8 v_2 + 8v_1^7 v_3 + 28v_1^6 v_2^2 + 42v_1^5 v_2 v_3 + 35v_1^4 v_2^3 + 15v_1^4 v_3^2 \\ & + 60v_1^3 v_2^2 v_3 + 15v_1^2 v_2^4 + 20v_1 v_2^3 v_3 + 4v_1 v_3^3 \\ & + 30v_1^2 v_2 v_3^2 + v_2^5 + 6v_2^2 v_3^2 \equiv 1. \end{aligned} \quad (11)$$

Pour  $n = 4$  et  $N = 17$ , la congruence:

$$X^5 - v_2 X^3 - v_3 X^2 - v_4 X - v_5 \equiv 0, \quad (17),$$

a 5 solutions entières et distinctes dans les deux seuls cas suivants:

$$v_2 \equiv 14\lambda^2, \quad v_3 \equiv 11\lambda^3, \quad v_4 \equiv 0, \quad v_5 \equiv 2\lambda^5, \quad (17),$$

ou

$$v_2 \equiv 12\lambda^2, \quad v_3 \equiv 16\lambda^3, \quad v_4 \equiv 12\lambda^4, \quad v_5 \equiv 7\lambda^5, \quad (17),$$

où  $\lambda$  est un entier arbitraire. Ces systèmes de coefficients vérifient notamment la relation donnée au paragraphe II ci-dessus (exemples).

## VI. REMARQUES SUR LES PARTITIONS DE L'INDICE $j$

Il peut être utile de contrôler le nombre total de termes dans l'expression de la fonction  $K_j(v_1, v_2, \dots, v_{n+1})$ , lorsqu'on la calcule par la formule (19). Ce nombre est égal au nombre de partitions de l'indice  $j$  de la forme (20).

On peut pour cela construire un tableau triangulaire  $T$ , défini de la façon suivante:

On fait correspondre à la colonne de rang  $i$  le coefficient  $v_i$  de l'équation (16) d'indice  $i$ . A la ligne de rang  $j$ , on fait correspondre l'indice  $j$  de la fonction  $K_j$  considérée.

A l'intersection de la ligne de rang  $j$  et de la colonne de rang  $i$ , on porte le nombre de termes de l'expression de  $K_j$  ayant  $v_i$  comme facteur d'indice maximum.

Le nombre de termes de la fonction  $K_j$ , d'indice  $j$ , correspondant à une équation (16) de degré  $n + 1$ , est alors la somme des  $n + 1$  premiers termes de la ligne de rang  $j$ .

On peut construire le tableau  $T$  par récurrence, ligne par ligne: l'élément appartenant à la ligne de rang  $j$  et à la colonne de rang  $i$  est égal à la somme des  $i$  premiers termes de la ligne de rang  $j - i$ .