

JOURNAL
DE
MATHÉMATIQUES
PURES ET APPLIQUÉES

FONDÉ EN 1836 ET PUBLIÉ JUSQU'EN 1874

PAR JOSEPH LIOUVILLE

V.-A. LEBESGUE

Démonstration de quelques formules d'un mémoire de M. Jacobi

Journal de mathématiques pures et appliquées 1^{re} série, tome 19 (1854), p. 289-300.

http://www.numdam.org/item?id=JMPA_1854_1_19_289_0



NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Gallica de la Bibliothèque nationale de France
<http://gallica.bnf.fr/>

et catalogué par Mathdoc
dans le cadre du pôle associé BnF/Mathdoc
<http://www.numdam.org/journals/JMPA>

DÉMONSTRATION

DE

QUELQUES FORMULES D'UN MÉMOIRE DE M. JACOBI[*];

PAR M. V.-A. LEBESGUE.

Le Mémoire de Jacobi est extrait d'une Lettre adressée à l'Académie des Sciences de Berlin en 1837. Voici les premières lignes :

« Soit x une racine de l'équation $\frac{x^p - 1}{x - 1} = 0$, où p est un nombre premier. Le nombre g étant une racine primitive de p , si l'on pose

$$F(\alpha) = x + \alpha x^g + \alpha^2 x^{g^2} \dots + \alpha^{p-2} x^{g^{p-2}},$$

» où α est une racine quelconque de l'équation $\frac{\alpha^{p-1} - 1}{\alpha - 1} = 0$, on aura

$$F(\alpha) \cdot F(\alpha^{-1}) = \alpha^{\frac{p-1}{2}} \cdot p,$$

$$F(\alpha^m) \cdot F(\alpha^n) = \psi(\alpha) \cdot F(\alpha^{m+n});$$

» $\psi(\alpha)$ sera une fonction entière à coefficients entiers de α . On a, de plus,

$$\psi(\alpha) \cdot \psi(\alpha^{-1}) = p.$$

» Si r représente une racine primitive de la congruence $r^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$, et que l'on mette dans la fonction

$$\psi(r) = \frac{F(r^{-m}) \cdot F(r^{-n})}{F(r^{-m-n})}$$

» pour r le nombre g , on aura, m et n étant positifs et plus petits

[*] *Journal de Mathématiques* de M. Crelle, tome XXX, page 166.

que $p - 1$,

$$\psi(g) \equiv - \frac{\Pi(m+n)}{\Pi m \Pi n} \pmod{p},$$

» où $\Pi m = 1.2.3 \dots m$. Quand on a $m + n > p - 1$, $\psi(g)$ est
 » $\equiv 0 \pmod{p}$. Ce théorème doit être regardé comme un des plus
 » importants pour les applications. J'ai communiqué ces théorèmes à
 » M. Gauss depuis plus de dix ans. »

Voici les démonstrations de ces beaux théorèmes, M. Cauchy les a données dans les Notes première et cinquième de son Mémoire sur la Théorie des Nombres. (Ce Mémoire, qui est de 1830, a paru avec des Notes fort étendues dans le tome XVII des *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1840.) Les démonstrations sont ici réduites à peu de pages, et avec quelques modifications de nature à les simplifier; elles deviendront à un plus grand nombre de lecteurs.

PROPOSITION I. *Le produit $F(x) \cdot F(x^{-1})$ est toujours égal à $x^{\frac{p-1}{2}}$, p , x étant autre que l'unité.*

Démonstration. Ordonnons le produit suivant les puissances de x ; d'abord le terme en x^0 sera

$$x^2 + x^{2g} + x^{2g^2} + \dots + x^{2g^{p-2}}.$$

Or $2, 2g, \dots, 2g^{p-2}$, en ôtant les multiples de p , se réduisent, à l'ordre près, à

$$2, 4, 6, \dots, 2(p-1), \quad \text{ou} \quad 1, 2, \dots, p-1;$$

mais

$$1 + x + x^2 + \dots + x^{p-1} = 0;$$

le coefficient est donc -1 . Le terme en x est

$$(x^{g^0+g^1} + x^{g^1+g^2} + x^{g^2+g^3} \dots + x^{g^{p-2}+g^0}) x;$$

si l'on pose

$$g^0 + g^1 = 1 + g = n,$$

il deviendra

$$(x^n + x^{ng} + \dots + x^{ng^{p-2}}) x, \quad \text{ou} \quad -x.$$

On en dira autant des autres termes; seulement, dans le multiplicateur

de $\alpha^{\frac{p-1}{2}}$, les exposants $1 + g^{\frac{p-1}{2}}$, $g \left(1 + g^{\frac{p-1}{2}} \right)$, etc., étant multiples de p , ce multiplicateur deviendra $p - 1$, et comme

$$1 + \alpha + \dots + \alpha^{p-2} = \frac{\alpha^{p-1} - 1}{\alpha - 1} = 0,$$

on aura finalement

$$F(\alpha) \cdot F(\alpha^{-1}) = p \alpha^{\frac{p-1}{2}}.$$

PROPOSITION II. Soient α, β deux racines de $\frac{\alpha^{p-1} - 1}{\alpha - 1} = 0$, et telles qu'on n'ait pas $\alpha\beta = 1$, on aura toujours

$$F(\alpha) F(\beta) = F(\alpha\beta) \cdot \sum_{s=1}^{s=p-2} \alpha^{\text{ind } s} (\alpha\beta)^{-\text{ind } (s+1)}.$$

J'ai modifié l'énoncé; celui qui précède montre la formation du facteur $\phi(\alpha)$. On sait que $\text{ind } s$ (indice de s) est un entier, tel qu'on a

$$g^{\text{ind } s} \equiv s \pmod{p}.$$

L'entier s sera supposé positif $< p$, et autre que zéro. Le *Canon arithmeticus* de Jacobi donne ces indices pour tous les modules premiers inférieurs à 1000.

Démonstration. Le terme général du produit est

$$\alpha^i \beta^k x^{g^i + g^k}.$$

Soit d'abord

$$x^{g^i + g^k} = 1,$$

il faudra avoir

$$g^i + g^k \equiv 0 \pmod{p} \quad \text{ou} \quad 1 + g^{i-k} \equiv 0;$$

mais

$$1 + g^{\frac{p-1}{2}} \equiv 0, \quad \text{ainsi} \quad k = i \pm \frac{p-1}{2};$$

de sorte que

$$\alpha^i \beta^k = (\alpha\beta)^i \alpha^{\pm \frac{p-1}{2}}.$$

D'abord $\alpha^{p-1} = 1$ donne

$$\alpha^{\frac{p-1}{2}} = \alpha^{-\frac{p-1}{2}},$$

ainsi l'on a toujours

$$\alpha^i \beta^k = (\alpha \beta)^i \alpha^{\frac{p-1}{2}},$$

et, comme on doit faire

$$i = 0, 1, 2, \dots, p-2,$$

la somme

$$1 + \alpha \beta + \alpha^2 \beta^2 + \dots + (\alpha \beta)^{p-2} = \frac{(\alpha \beta)^{p-1} - 1}{\alpha \beta - 1}.$$

sera nulle.

Soit ensuite

$$g^i + g^k \equiv g^m \quad \text{ou bien} \quad 1 + g^{i-k} \equiv g^{m-k} \pmod{p};$$

en posant

$$g^{i-k} \equiv s, \quad \text{d'où} \quad g^{m-k} \equiv s+1,$$

il viendra

$$i - k \equiv \text{ind } s, \quad m - k \equiv \text{ind } (s+1), \quad (\text{mod. } p-1);$$

de sorte que le coefficient $\alpha^i \beta^k$ devient, à cause de $k \equiv m - \text{ind } (s+1)$,
 $i \equiv k + \text{ind } s \equiv m + \text{ind } s - \text{ind } (s+1),$

$$(\alpha \beta)^{m - \text{ind } s (s+1)} \cdot \alpha^{\text{ind } s},$$

et le terme complet sera

$$(\alpha \beta)^m \cdot x^{g^m} \sum_{s=1}^{p-2} \alpha^{\text{ind } s} \cdot (\alpha \beta)^{-\text{ind } s (s+1)}.$$

La somme S ne varie pas, quel que soit m ; elle doit être prise pour

$$s = 1, 2, \dots, p-2;$$

de sorte que l'on a la formule de l'énoncé en donnant à m les valeurs
 $0, 1, 2, \dots, p-2$, et faisant la somme des résultats.

Si l'on avait posé

$$1 + g^{k-i} = g^{m-i},$$

puis

$$g^{k-i} = s' \quad [\text{de là} \quad ss' \equiv 1 \pmod{p}],$$

on aurait trouvé

$$F(\alpha \beta) \sum_{s'=1}^{p-2} \beta^{\text{ind } s'} \cdot (\alpha \beta)^{-\text{ind } (s'+1)},$$

En effet, comme $ss' \equiv 1$ donne $s(s' + 1) \equiv 1 + s$, on a à la fois
 $\text{ind } s + \text{ind } s' \equiv 0$ et $\text{ind } s + \text{ind } (s' + 1) \equiv \text{ind } (s + 1) \pmod{p-1}$.
 d'où résulte

$$S\alpha^{\text{ind } s} (\alpha\beta)^{-\text{ind } (s+1)} = S\beta^{\text{ind } s'} (\alpha\beta)^{-\text{ind } (s'+1)}.$$

Corollaire. Si l'on fait

$$\alpha = \gamma^m, \quad \beta = \gamma^n,$$

on aura

$$\psi(\gamma) = S \cdot \gamma^{m \text{ ind } s - (m+n) \text{ ind } (s+1)},$$

et l'équation

$$F(\gamma^m) \cdot F(\gamma^n) = \psi(\gamma) \cdot F(\gamma^{m+n}),$$

qui est celle de Jacobi.

Cette démonstration est prise en partie à M. Cauchy. La notation se rapproche de celle d'Eisenstein. M. Kummer a donné encore d'autres formes au nombre complexe $\psi(\gamma)$.

La proposition II suppose donc qu'on n'a pas

$$\gamma^m = 1, \gamma^n = 1, \gamma^{m+n} = 1 \quad (\alpha = 1, \beta = 1, \alpha\beta = 1).$$

PROPOSITION III. On a toujours l'équation

$$p = S\alpha^{\text{ind } s} (\alpha\beta)^{-\text{ind } (s+1)} \cdot S\alpha^{-\text{ind } s} (\alpha\beta)^{\text{ind } (s+1)},$$

les sommes étant prises pour $s = 1, 2, \dots, p-2$.

Démonstration. Changez, dans la proposition II, α, β en α^{-1}, β^{-1} ; multipliez membre à membre les équations ainsi obtenues, et simplifiez, par le moyen de la proposition I, et vous aurez l'équation de la proposition III.

Corollaire I. Si les racines α, β étaient changées en α^m, α^n , on aurait

$$p = S\alpha^{m \text{ ind } s - (m+n) \text{ ind } (s+1)} \cdot S\alpha^{-m \text{ ind } s + (m+n) \text{ ind } (s+1)}.$$

Corollaire II. Soit

$$p = \mu\varpi + 1, \quad \alpha^\mu = 1,$$

et, de plus,

$$m = 1, \quad m + n = \mu - 1, \quad \text{ou} \quad n = \mu - 2,$$

on trouvera

$$p = S\alpha^{\text{ind } s(s+1)} \cdot S\alpha^{-\text{ind } s(s+1)} = p_1 p_2;$$

on a donc

$$p_1 = S\alpha^{\text{ind } s(s+1)} = a_0 + a_1 \alpha + a_2 \alpha^2 + \dots + a_{\mu-1} \alpha^{\mu-1}.$$

D'où cette règle : Prenez, dans le *Canon arithmeticus* de Jacobi, les indices des nombres 2, 6, 12, ..., $(p-2)$, $(p-1)$ (doubles des nombres triangulaires), le coefficient a_i représentera le nombre des indices de forme $k\mu + i$. Cette règle est d'Eisenstein.

PROPOSITION IV. Si dans

$$\frac{F(r^{-m}) \cdot F(r^{-n})}{F(r^{-m-n})} = \psi(i)$$

le nombre r racine primitive de $r^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$ est remplacé par le nombre g , on aura, m et n étant positifs inférieurs à $p-1$ et $m+n$ non divisible par $p-1$,

$$\psi(g) \equiv -\frac{\Pi(m+n)}{\Pi m \cdot \Pi n} \pmod{p}.$$

Démonstration. Si dans les propositions I et II on remplace α, β par les entiers g^{-m}, g^{-n} , les démonstrations subsistent, seulement les équations se changent en congruences pour le module p .

Le nombre qui multiplie $F(g^{-m-n})$ n'est autre que le coefficient de x^i , c'est-à-dire $S g^{-mi} \cdot g^{-nk}$ sous l'hypothèse $g^i + g^k \equiv 1$, ou encore $S \cdot g^{-mi} (1 - g^i)^{-n}$ qui revient à

$$S g^{(p-1-m)i} (1 - g^i)^{p-1-n}.$$

Posons

$$p-1-m = m_1, \quad p-1-n = n_1;$$

comme le terme général de S est

$$(-1)^h \frac{n_1(n_1-1) \dots (n_1-h+1)}{1 \cdot 2 \dots h} g^{i(m_1+h)},$$

et que, pour avoir le reste de S divisé par p , on doit remplacer

$1 + g^h + g^{2h} + \dots + g^{(p-2)h} = \frac{g^{(p-1)h} - 1}{g^h - 1}$ par 0 ou $p-1$, selon que h est ou non multiple de $p-1$, il faudra poser

$$m_1 + h = p - 1 \quad \text{ou bien} \quad h = p - 1 - m_1 = m :$$

on aura ainsi

$$\begin{aligned} & (-1)^m (p-1) \frac{[p-(n+1)][p-(n+2)] \dots [p-(n+m)]}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot m} \\ & \equiv -(-1)^m \frac{pQ + (-1)^m (n+1)(n+2) \dots (n+m)}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot m} \\ & \equiv -\frac{(n+1)(n+2) \dots (n+m)}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot m} \equiv -\frac{\Pi(m+n)}{\Pi m, \Pi n} \pmod{p}. \end{aligned}$$

N. B. Q est un entier que l'on peut négliger, parce que $\frac{(n+1)(n+2) \dots (n+m)}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot m}$ est entier. Comme $i = 0$ donne $1 - g^i = 0$, il a été permis de faire $i = 0$. Sans cela, la chose n'aurait pas été permise.

On pourrait tirer de là les formules de M. Cauchy pour les coefficients du nombre $\psi(z)$ qui sont précisément les mêmes que ceux de $\psi(g)$.

Dans le nombre

$$a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \dots + a_{\mu-1} z^{\mu-1} \quad \text{où} \quad \mu = \frac{p-1}{\sigma},$$

si nous faisons $z = \rho^{\sigma}$, ρ étant une racine primitive, nous aurons, par le théorème précédent, la valeur de

$$a_0 + a_1 g^{\sigma} + a_2 g^{2\sigma} + \dots + a_{\mu-1} g^{(\mu-1)\sigma};$$

mais le changement de z, β en g^{-m}, g^{-n} pouvant être remplacé par celui de z, β en g^{-mi}, g^{-ni} , on obtiendrait assez de congruences pour déterminer $a_0, a_1, \dots, a_{\mu-1}$. Il serait inutile de les mettre ici et de faire quelques remarques relatives aux cas pour lesquels la proposition II est en défaut. Tout ce qu'il importe de remarquer, c'est que a_0, a_1 , etc., dépendent de congruences du premier degré, renfermant des coefficients binomiaux. De là résulte ce beau théorème :

Toutes les équations indéterminées auxquelles on est conduit par

la formule

$$p = \psi(\alpha) \cdot \psi(\alpha^{-1})$$

sont résolubles algébriquement au moyen des restes de certains coefficients binomiaux.

Le premier exemple est dû à M. Gauss, qui a montré que l'équation

$$x^2 + y^2 = p = 4\varpi + 1$$

est résolue en prenant

$$x \equiv \frac{1}{2} \frac{\prod 2\varpi}{\prod \varpi \cdot \prod \varpi} \pmod{p}.$$

M. Jacobi et surtout M. Cauchy en ont donné d'autres.

On voit en quoi consiste l'importance que M. Jacobi donne à la proposition IV.

Application de la proposition III, objet principal de cette Note.

On a

$$p = S\alpha^{m \bmod s - (m+n) \bmod (s+1)} \cdot S\alpha^{-m \bmod s + (m+n) \bmod (s+1)}.$$

Si l'on suppose

$$p = \mu\varpi + 1 \quad \text{et} \quad \alpha^\mu = 1,$$

au moyen du *Canon arithmeticus*, on formera facilement l'équation

$$p = f(\alpha) \cdot f(\alpha^{-1}) \\ = (a_0 + a_1\alpha + \dots + a_{\mu-1}\alpha^{\mu-1})(a_0 + a_1\alpha^{-1} + a_2\alpha^{-2} \dots + a_{\mu-1}\alpha^{-(\mu-1)}),$$

ou bien encore

$$p = A_0 + A_1\alpha + A_2\alpha^2 \dots + A_{\mu-1}\alpha^{(\mu-1)},$$

en posant

$$A_0 = \sum a_i^2, \quad A_1 = \sum a_i a_{i+1}, \dots, \quad A_k = \sum a_i a_{i+k}, \dots,$$

les sommes étant prises en faisant $i = 0, 1, 2, \dots, \mu - 1$ et diminuant, quand cela est possible, les indices de μ .

Ainsi l'on a l'équation

$$P = A_0 - p + A_1 \alpha + A_2 \alpha^2 + \dots + A_{\mu-1} \alpha^{(\mu-1)} = 0.$$

Remarque. En partant de l'équation

$$p = S \alpha^{\text{ind } s (s+1)} \cdot S \alpha^{-\text{ind } s (s+1)},$$

le calcul des a_0, a_1 , etc., et, par suite, des A_0, A_1 , etc., devient très-facile au moyen de la règle de M. Eisenstein, donnée plus haut.

Ceci posé, comme l'équation $P = 0$ est satisfaite par toutes les valeurs de α autres que celles qui satisfont à

$$\alpha^m = 1, \quad \alpha^n = 1, \quad \alpha^{m+n} = 1,$$

on saura trouver une fonction entière de α , savoir

$$Q = B_0 + B_1 \alpha + B_2 \alpha^2 + \dots + B_r \alpha^r,$$

qui divisera P ; de là des équations de condition entre les coefficients de l'équation $P = 0$. Comme $Q = 0$ n'a pas de racines égales, si le reste de la division de P par Q est

$$C_0 + C_1 \alpha + \dots + C_{r-1} \alpha^{r-1},$$

il faudra poser

$$C_0 = 0, \quad C_1 = 0, \dots, \quad C_{r-1} = 0.$$

On peut évidemment, pour simplifier, remplacer Q par un de ses diviseurs, on obtient ainsi des équations de condition plus simples et qui résultent des conditions générales.

Dans le cas présent, si $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ sont les plus grands communs diviseurs de μ et m , μ et n , μ et $m+n$, et que ω soit le plus petit multiple de $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ (supposé autre que μ), on pourra prendre pour Q le quotient

$$\frac{\alpha^\mu - 1}{\alpha^\omega - 1} \quad \text{ou} \quad \alpha^{\mu-\omega} + \alpha^{\mu-2\omega} + \dots + \alpha^\omega + 1 = 0.$$

Les équations de condition deviennent

$$\begin{aligned} A_0 - p &= A_\omega = A_{2\omega} \dots = A_{\mu-\omega}, \\ A_1 &= A_{\omega+1} = A_{2\omega+1} \dots = A_{\mu-\omega+1}, \\ A_2 &= A_{\omega+2} = A_{2\omega+2} \dots = A_{\mu-\omega+2}, \\ &\dots \end{aligned}$$

En doublant les équations de la première ligne, il vient

$$2p = 2A_0 - 2A_{f\omega},$$

où f peut être $1, 2, 3, \dots, \mu - 1$.

L'équation précédente revient à

$$2p = 2 \sum a_i^2 - 2 \sum a_i a_{i+f\omega} = \sum (a_i - a_{i+f\omega})^2.$$

Le second membre étant une somme de μ carrés qui s'obtiennent en posant $i = 0, 1, \dots, \mu - 1$. En donnant à f différentes valeurs, on aura des décompositions généralement égales deux à deux.

Pour le cas de μ pair dans une décomposition, les carrés peuvent devenir égaux 2 à 2; alors on a la décomposition de p en $\frac{\mu}{2}$ carrés: cela arrive pour μ divisible par 4.

Quand on partira de l'équation

$$p = S \alpha^{\text{ind } s, s+1} \cdot S \alpha^{-\text{ind } s, s+1},$$

qui suppose $m = 1, n = -2$. Si μ est impair, on aura $\omega = 1$; si μ est pair, $\omega = 2$. De là les formules :

$$2p = \sum (a_i - a_{i+f})^2, \quad 2p = \sum (a_i - a_{i+2f})^2.$$

Ainsi pour μ impair et $f = 1$, on a

$$2p = (a_0 - a_1)^2 + (a_1 - a_2)^2 + \dots + (a_{\mu-1} - a_0)^2;$$

pour $\mu = 3$, en doublant, on aurait

$$4p = (a_1 - 2a_2 + a_0)^2 + 3(a_0 - a_1)^2.$$

Comme

$$(a_0 - a_1) + (a_1 - a_2) + (a_2 - a_0) = 0,$$

l'une des trois différences est divisible par 3. Soit $a_0 - a_1$, on aura

$$4p = (a_1 - 2a_2 + a_0)^2 + 27 \left(\frac{a_0 - a_1}{3} \right)^2,$$

formule de Jacobi.

Pour $\mu = 4\mu_1, f = 2\mu_1$, on trouverait, les carrés étant égaux, 2 à 2,

$$p = (a_0 - a_{2\mu_1})^2 + (a_1 - a_{2\mu_1+1})^2 + \dots + (a_{2\mu_1-1} - a_{4\mu_1-1})^2.$$

Pour $\mu_1 = 1$, on a l'équation de M. Eisenstein,

$$p = (a_0 - a_2)^2 + (a_1 - a_3)^2,$$

qui l'a proposée à démontrer dans le tome XXVIII du *Journal* de M. Crelle. La démonstration qui précède est une conséquence des formules établies par M. Eisenstein dans son Mémoire sur la division du cercle. (*Journal* de M. Crelle, tome XXVII.)

Les formules données plus haut conduisent facilement aux équations (33), (35), (36), (37), (38) d'un Mémoire de M. Cauchy sur la théorie des nombres. (*Bulletin* de Férussac, 1829.)

Si l'on voulait des applications numériques, par exemple, pour

$$p = 61 = \mu\varpi + 1,$$

on pourrait prendre pour μ les valeurs 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60. Ainsi l'on aurait

$$p = 61,$$

$\mu,$	$a_0, a_1, a_2, \dots,$
3,	20, 24, 15, ...,
4,	17, 18, 12, 12,
5,	12, 15, 12, 14, 6,
6,	12, 12, 5, 8, 12, 10,
10,	6, 6, 6, 10, 4, 6, 9, 6, 4, 2,
12,	6, 8, 0, 2, 6, 4, 6, 4, 5, 6, 6, 6,
...	...

De là les décompositions :

$$\mu=3, \quad 2p=122=(20-24)^2+(24-15)^2+(15-20)^2=16+81+25,$$

$$\mu=4, \quad p=61=(17-12)^2+(18-12)^2=25+36,$$

$$\begin{aligned} \mu=5, \quad 2p &= (12-15)^2 + (15-12)^2 + (12-14)^2 + (14-6)^2 + (6-12)^2 \\ &= 9+9+4+64+36, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2p &= (12-12)^2 + (15-14)^2 + (12-6)^2 + (14-12)^2 + (6-15)^2 \\ &= 0+1+36+4+81, \end{aligned}$$

.....

Il serait superflu de multiplier les exemples.

Comme les nombres $a_0, a_1, \text{ etc.}$, trouvés par la règle d'Eisenstein, sont tous pairs sauf un, et que la demi-somme de deux carrés pairs, aussi bien que celle de deux carrés impairs, est une somme de deux carrés, il suit de ce qui précède que l'on a ces *théorèmes* :

1°. Soit p un nombre premier, μ un diviseur quelconque de $p - 1$, mais plus grand que 2, $2p$ sera toujours la somme de μ carrés.

2°. Pour μ impair, p sera la somme de $\mu + 1$ carrés dont deux seront égaux.

3°. Pour μ pair, p sera la somme de μ carrés.

4°. Pour μ divisible par 4, p sera la somme de $\frac{\mu}{2}$ carrés.

Il faut bien remarquer que zéro est mis au nombre des carrés pairs.

