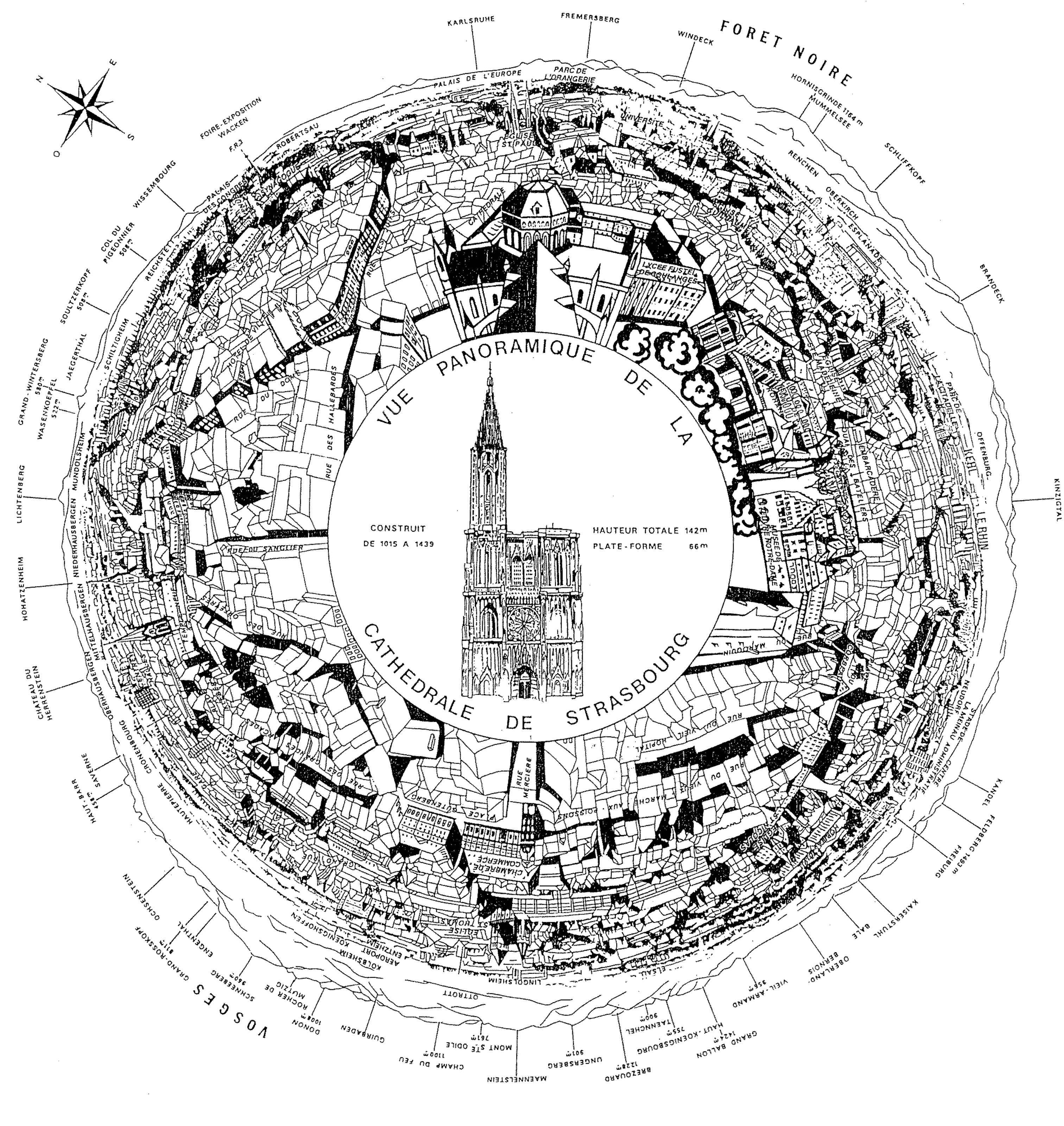
L'OUVERT

JOURNAL DE L'A.P.M.E.P. D'ALSACE ET DE L'I.R.E.M. DE STRASBOURG

n° 68 – SEPTEMBRE 1992 I.S.S.N. 0290 - 0068



NOTRE COUVERTURE :
PERSPECTIVE CIRCULAIRE DE STRASBOURG

Cette perspective circulaire de Strasbourg et de ses environs, vus du haut de la cathédrale (l'horizon est alors à environ 35 km, abstraction faite du relief).

La perspective circulaire n'est autre qu'une perspective conique ordinaire mais appliquée à un très large champ visuel (environ 180 °) ce qui fait apparaître les déformations inhérentes à cette représentation.

Pour respecter la vision de ce que l'on voit du haut de la tour, il faudrait placer son œil (le point de vue) à environ un quart de millimètre du dessin!

EN GUISE D'EDITORIAL

Peu de mathématiques dans ce numéro et pourtant nous sommes sûrs qu'il sera l'un des plus consultés de la collection car il contient un index thématique de tous les articles publiés dans '*L'Ouvert*' depuis sa création ou plus exactement depuis le n° 4. Nous préparons pour bientôt une disquette que vous pourrez acquérir à un prix modique, ce qui permettra à chacun de mettre dorénavant à jour son fichier au fur et à mesure qu'il recevra un nouveau numéro.

La nouvelle année scolaire s'ouvre pour Strasbourg avec le congrès APMEP. Ce sera l'occasion de repenser '*L'Ouvert*' dont la diffusion s'étiole. Pourtant les divers IREMs publient toujours aussi abondamment mais leurs documents ne sont que rarement lus en dehors de leur académie d'implantation.

"*Repères*" tente de remédier à ce défaut sur un créneau plutôt orienté vers la didactique et les applications à la classe.

Peut-on imaginer de coordonner de même ce qui se fait en culture mathématique et en réflexion sur la vulgarisation des maths?

Nous tiendrons nos lecteurs au courant de nos réflexions mais leurs idées restent les bienvenues, c'est pourquoi nous leur donnons rendez-vous à Strasbourg les 24, 25 et 26 octobre 1992.

J. LEFORT.

DIOPHANTE ET L'ALGÈBRE PRÉ-SYMBOLIQUE [(1)]

Luis RADFORD

A l'hiver 1982, j'étais inscrit au cours du Professeur Georges Glaeser, de l'IREM de Strasbourg. Le cours avait lieu les mercredis, l'après-midi. Je me rappelle très bien, en rentrant chez moi, le soir, sous les flocons de neige, de mes efforts pour mettre un peu d'ordre dans mes idées, bousculées par les magnifiques leçons de mon cher maître. Qu'il veuille bien accepter ce petit travail comme gage de ma reconnaissance.

1. INTRODUCTION

L'étude du développement des idées mathématiques est devenue un sujet important dans le cadre de l'enseignement : en effet, la détection des obstacles rencontrés au long de la formation d'une théorie et la façon par laquelle ils ont été franchis peuvent donner aux professeurs une idée de la profondeur et de la nature de ces obstacles, et les aider dans la façon de mener l'apprentissage chez leurs élèves. Malheureusement, l'enseignement scientifique, tel qu'il est débité aujourd'hui, repose sur l'enseignement des notions sous sa forme achevée, et nie, par là, l'histoire des sciences.

En ce qui concerne l'algèbre, on peut se poser un certain nombre de questions, intéressantes à plusieurs points de vue : qu'est-ce qui est à l'origine de l'algèbre? Qu'est-ce que l'algèbre était au début? Quels problèmes l'algèbre était-elle censée résoudre? Quel était le rapport entre l'arithmétique et l'algèbre? Les réponses aux questions posées peuvent varier en fonction de ce que l'on comprend par *algèbre*. Le mot algèbre provient de l'expression arabe *al-jabr wa'l muqabala*, utilisée dans un texte écrit par Al-Khwarizmi au 9[e] siècle ap. J.-C. L'expression arabe désigne les opérations d'addition, soustraction, multiplication et division qu'on peut effectuer en vue de réduire une équation de premier ou de deuxième degré à une forme canonique. L'algèbre est donc, au 9[e] siècle, l'art de réduire et de résoudre des équations.

Dans la préface de son livre, contenue dans la traduction de Rosen, Al-Khwarizmi dévoile sa conception de l'utilité de l'algèbre : problèmes d'héritage, partitions, constructions de canaux, calculs géométriques, etc. Or, les problèmes ont toujours été à la base du développement des mathématiques. Si on regarde les mathématiques qui nous sont parvenues des plus anciennes civilisations (la Chine, l'Égypte, la Babylone, par exemple) on trouve des problèmes. Cependant, si on regarde de plus près, on se rend compte qu'avec Diophante on assiste à une nouvelle façon de

(1) Cet article a été écrit dans le cadre d'une recherche subventionnée par le fond FCAR (Québec) (91-ER-0716). Il est est paru dans la revue canadienne "Bulletin AMQ" en décembre 1991 - mars 1992 et reproduit avec son aimable autorisation.

résoudre des problèmes.

Pour montrer le contraste, prenons l'exemple de la mathématique babylonienne, et considérons le problème suivant :

> *Trouver les dimensions d'un rectangle d'aire 96 et dont la somme de la base et de la hauteur est 20.*

Avec les notations algébriques modernes, le problème s'écrit :

$$x + y = 20$$
$$xy = 96.$$

Ce problème, dans lequel nous reconnaissons un problème de second degré, est appelé par Neugebauer (Neugebauer, 1952) la "*forme normale*". Il était au cœur même des mathématiques babyloniennes. Dans les centaines de problèmes contenus dans plus de 300 tablettes en rapport avec les mathématiques qui nous sont parvenues de la période qui s'étend de 1800 av. J.-C. jusqu'à 300 av. J.-C. (voir Neugebauer et Sachs, 1945), beaucoup de ces problèmes sont résolus en les ramenant à la *forme normale.*

La résolution babylonienne consiste à opérer sur les chiffres donnés, d'après une suite d'instructions données par le scribe :

1. Diviser par 2 la somme des nombres : $20 \div 2 = 10$.
2. Élever au carré : $10^2 = 100$.
3. Retrancher l'aire donnée, 96, à 100 : $100 - 96 = 4$.
4. Extraire la racine carrée : 2.
5. La base est $10 + 2 = 12$
La hauteur est $10 - 2 = 8$.

Cet exemple nous permet de voir que la résolution babylonienne, telle qu'elle nous est parvenue, repose sur un *enchaînement d'opérations numériques.* Il n'y a pas une inconnue mêlée aux calculs. Diophante d'Alexandrie (3e siècle ap. J.-C.), au contraire, dans son œuvre *Arithmétique*, introduit une inconnue sur laquelle il fait des calculs, pour résoudre des problèmes comme le précédent.

2. L'ARITHMÉTIQUE

2.1. La classification des nombres

L'*Arithmétique* de Diophante constitue une collection de problèmes dont certains proviennent probablement de Diophante même et d'autres faisaient partie de la tradition mathématique de l'époque. Au début du Livre I, Diophante écrit que l'*Arithmétique* comporte treize livres. Or, des treize livres, seulement six nous étaient parvenus, jusqu'à ce qu'en 1968 on découvrit un manuscrit – qui date de la fin du XIIe siècle – d'une traduction du grec à l'arabe de quatre autres livres, dans une bibliothèque à Meshed, une ville au nord-est de l'Iran.

Dans le livre I de l'*Arithmétique*, Diophante commence en faisant une classification des nombres : les carrés, les cubes, les bicarrés (qui sont formés en prenant un carré qu'on multiplie par lui-même), les carré-cubes (i.e. carrés multipliés par cubes, ayant même côté que ces carrés) et les cubocubes (ce que nous appelons la sixième puissance d'un nombre : a^6). Ces "catégories" sont donc engendrées par des multiplications à partir des catégories des carrés et des cubes.

Diophante introduit des *symboles* pour désigner les nombres précédents : ce sont des "désignations abrégées", dit-il.

carré : Δ^Y
cube : K^Y
carré-carré (ou bicarré) : $\Delta^Y\Delta$
carré-cube : ΔK^Y
cubo-cube : $K^Y K$.

2.2. L'arithme

L'idée que se fait Diophante de la nature arithmétique des nombres se reflète dans la classification précédente (qui diffère, par exemple, de celle de son prédécesseur Nichomaque de Gérase qui, lui, suit une classification des nombres d'après l'école pythagoricienne, en termes de nombres pairs et impairs), et va jouer un rôle important dans le type de problèmes sur lesquels il va s'arrêter. Mais ce sur quoi repose l'édifice diophantien est l'idée d'**arithme** : "*une quantité indéterminée d'unités*".

Diophante élabore une théorie mathématique sur deux classes d'objets : les *nombres*, en tant que nombres invariants déterminés, c'est-à-dire, comme "*formés d'une certaine quantité d'unités*" (Ver Eecke, p. 1) [2] et l'*arithme*. Mais ce qui est très important est que l'arithme est assujetti aux même traitements que les nombres invariants déterminés :

> "'*De même que les parties aliquotes des nombres sont dénommées d'une manière correspondante à ces nombres, tel le tiers correspondant à trois, le quart correspondant à quatre, nous dénommerons aussi les parties aliquotes des nombres renseignés plus haut* [les arithmes] *d'une manière correspondante à ces nombres. Ainsi, pour l'arithme, nous dirons l'inverse de l'arithme; pour sa puissance, nous dirons l'inverse du carré* [...]" (Ver Eecke; 1926, p. 3).

La nature des nouveaux objets (l'arithme, son carré, son inverse, etc), dans la construction diophantienne, est donc calquée sur celle des nombres concrets ou déterminés [3]. Ces nouveaux objets possèdent une nouvelle dimension par rapport aux "nombres invariants déterminés" : un arithme *est* un nombre (dans le paragraphe cité ci-haut, Diophante se réfère aux arithmes comme "*les nombres renseignés plus haut*"), mais il est différent dans la mesure où il possède une quantité indéterminée d'unités. D'ailleurs, cette différence est accentuée par le

[2] Pour les traductions de l'*Arithmétique*, nous nous sommes basés sur les œuvres de Ver Eecke, Sesiano et Rashed (cf. bibliographie).
[3] Il faut dire ici que Diophante ne considère que les nombres rationnels positifs.

symbolisme utilisé : pour désigner les nombres invariants déterminés, Diophante utilise le symbole M, alors que pour l'arithme il utilise la lettre grecque ς.

De plus, et de façon consistante avec son idée d'arithme, Diophante accorde à ces nouveaux objets les mêmes propriétés opératoires qu'aux nombres invariants déterminés, comme on peut le voir dans l'extrait suivant, pris de l'*Arithmétique*, qui indique la façon d'opérer sur ce que nous appellerions des *monômes rationnels* :

> "*L'inverse de l'arithme multiplié par le bicarré de l'arithme donne le cube de l'arithme*" (4) (Ver Eecke; 1926, p. 5)

Mais le but de cette construction est de résoudre des problèmes : l'extrait suivant, placé après la classification des nombres et la façon de conduire les calculs sur les arithmes, selon des règles dont nous venons de donner un exemple, indique comment mener les opérations des expressions dans la **résolution de problèmes** :

> "*Il est utile que celui qui aborde ce traité se soit exercé à l'addition, à la soustraction et à la multiplication des espèces,* (5) *ainsi qu'à la manière d'ajouter des espèces positives et négatives avec des coefficients différents à d'autres espèces qui sont elles-même positives, ou même positives et négatives; enfin à la manière de retrancher d'espèces positives et d'autres négatives, d'autres espèces soit positives, soit aussi positives et négatives. Ensuite, s'il résulte d'un problème que certaines expressions sont égales à des expressions identiques, mais avec des coefficients différents, il faudra retrancher de part et d'autre les* [espèces] *semblables des semblables, jusqu'à ce que l'on obtienne une seule espèce égale à une seule espèce*" (6), (7).

2.3. L'arithme et la résolution de problèmes

Voyons maintenant comment tout cet appareillage conceptuel est mis en œuvre pour résoudre des problèmes : prenons le problème qui correspond à la forme normale babylonienne qui se trouve dans l'introduction de cet article (il s'agit du problème 27 du livre I de l'Arithmétique). Le problème est énoncé par Diophante dans les termes suivants :

> *Trouver deux nombres dont la somme et leur produit forment des nombres donnés*

---

(4) C'est-à-dire : $(1/x)(x^4) = x^3$.

(5) $\varepsilon\iota\delta o\varsigma$, espèces, c'est-à-dire monômes.

(6) Il s'agit de transformer l'équation initiale et de l'amener à une équation de la forme $ax^n = bx^m$.

(7) Il est important de noter ici que Ver Eecke (1926) traduit $\varepsilon\iota\delta o\varsigma$, par expressions. Nous avons suivi, dans les premières phrases de ce texte, Heath (1964) et Rashed (1985) qui traduisent $\varepsilon\iota\delta o\varsigma$ par espèces. Par contre, nous avons laissé dans la deuxième phrase du texte – qui est basé sur la traduction de Ver Eecke (1926, p. 8) –, la traduction *expressions* car, dans ce contexte, Diophante se réfère à l'$\varepsilon\iota\delta o\varsigma$ (i.e. à la *figure* ou la *forme*) qui résulte des opérations entre espèces. Nous reviendrons sur cette distinction au §2.3.

Il s'agit donc d'un problème que nos notations actuelles permettent d'écrire ainsi :

$$x + y = a$$
$$xy = b.$$

> *"Proposons, dit Diophante, que la somme des nombres forme 20 unités, et que leur produit forme 96 unités. Que l'excédent des nombres soit 2 arithmes. Dès lors, puisque la somme des nombres est 20 unités, si nous la divisons en deux parties égales, chacune des parties sera la moitié de la somme, ou 10 unités. Donc si nous ajoutons à l'une des parties, et si nous retranchons de l'autre partie, la moitié de l'excédent des nombres, c'est-à-dire 1 arithme, il s'établit de nouveau que la somme des nombres est 20 unités, et que leur excédent est 2 arithmes. En conséquence, posons que le plus grand nombre est 1 arithme augmenté de 10 unités qui sont la moitié de la somme des nombres; donc le plus petit nombre sera 10 unités moins 1 arithme, et il s'établit que la somme des nombres est 20 unités et que leur excédent est 2 arithmes.*
> *Il faut aussi que le produit des nombres forme 96 unités. Or leur produit est 100 unités moins un carré d'arithme, ce que nous égalons à 96 unités, et l'arithme devient 2 unités. En conséquence, le plus grand nombre sera 12 unités et le plus petit sera 8 unités, et ces nombres satisfont la proposition " (Ver Eecke; 1926, pp. 36-38).*

Cette résolution nous permet de voir qu'avec Diophante nous sommes en présence d'un changement conceptuel dans la façon d'aborder certains problèmes mathématiques : une quantité inconnue est mise en scène et cette quantité, l'arithme, va être prise en compte dans les calculs : on va opérer avec elle.

Mais outre le statut numérique d'inconnue, l'arithme permet, à son tour, la création de nouveaux objets mathématiques plus complexes : d'une part les $\varepsilon\iota\delta o\varsigma$ ou espèces, c'est-à-dire les monômes, qui se distinguent entre eux par leur nature arithmétique i.e. par leur "catégories" (carré, cube, bicarré, etc [8]), et d'autre part les **expressions**. Dans l'extrait que nous avons placé à la fin du §2.2, Diophante se réfère, à plusieurs reprises, aux **espèces** ($\varepsilon\iota\delta o\varsigma$). La première partie de cet extrait se réfère en fait aux opérations entre espèces, c'est-à-dire aux opérations entre monômes, alors que la dernière partie se réfère au résultat de ces opérations, i.e. aux **expressions** et, plus précisément, à la façon de réduire (par soustraction) ces expressions à des espèces. Par là, Diophante commence la construction d'un nouveau langage : un **langage algébrique**.

2.4. Le langage algébrique chez Diophante

Nous avons vu précédemment que Diophante introduit certains symboles pour désigner le carré, le cube, etc et qu'il utilise le symbole ς pour désigner l'arithme.

---

[8] Cf. §2.1.

A l'aide de ces symboles il va construire un langage (avec une syntaxe bien définie) qui rend possible de représenter et les espèces et les expressions (ces dernières étant – rappelons-le – d'espèces (i. e. des monômes) opérées entre elles).

Les nombres invariants déterminés sont représentés en utilisant la notation alphabétique grecque [9] ; par exemple :

α désigne **1**, β désigne **2**, γ désigne **3**, ..., θ désigne **9**,
ι désigne **10**, κ désigne **20**, λ désigne **30**, ..., q désigne **90**.

Le nombre **12** est désigné par $\iota\beta$, le nombre **23** est désigné par $\kappa\gamma$, et ainsi de suite. Le tableau suivant résume la correspondance pour les premiers entiers :

$$\begin{array}{rl} 1\text{ - }9: & \alpha\ \beta\ \gamma\ \delta\ \varepsilon\ ϛ\ \zeta\ \eta\ \theta \\ 10\text{ - }90: & \iota\ \kappa\ \lambda\ \mu\ \nu\ \xi\ o\ \pi\ q. \end{array}$$

Dans le langage algébrique de Diophante, notre monôme $3x^2$ correspond à l'espèce $\Delta^y\gamma$. De même, $4x^5$ correspond à $\Delta K^y\delta$, alors que $33x$ correspond à $\varsigma\lambda\gamma$.

Pour écrire $33x+8$, par exemple, Diophante place à droite le 8, qui est un nombre invariant déterminé (alors que 33 n'en est pas un : il indique qu'on a 33 arithmes), séparés par la lettre M du reste de l'écriture : $\varsigma\lambda\gamma M\eta$. De même, $3x^2+12$ s'écrit

$$\Delta^y\gamma M\iota\beta.$$

Les *expressions* se forment par juxtaposition. Ainsi, l'expression $\Delta K^y\delta K^y\varepsilon\Delta^y\kappa\varsigma\lambda$ $\gamma M\eta$ correspond à $4x^5+5x^3+20x^2+33x+8$.

La soustraction est dénotée par $\pitchfork$. Les termes négatifs dans une expression sont placés à la fin. Ainsi, $2x^3-x^2-2x+8$ s'écrit :

$$K^y\beta M\eta\pitchfork\Delta^y\alpha\varsigma\beta.$$

Il est important de remarquer que l'arithme ne figure pas explicitement dans les puissances d'ordre ≥ 2. Ainsi, $K^y\beta$ signifie $2x^3$; de même, $\Delta^y\alpha$ signifie x^2. En effet, la méthode de Diophante, comme on peut l'apprécier déjà dans l'exemple précédent, met en scène seulement une inconnue : il n'y a donc pas lieu de préciser de quelle puissance il s'agit. D'autre part, étant donné que Diophante ne considère que des nombres positifs, une expression de type $\pitchfork\Delta^y\alpha\zeta\beta$ n'a pas de sens : le symbole $\pitchfork$ ne peut figurer au début d'une expression mais seulement à l'intérieur d'une expression.

À l'origine, le symbole, chez Diophante, correspond à une “désignation abrégée”, comme nous l'avons remarqué au §2.1. Il s'agit en principe d'une utilisation des

(9) Pour plus de détails voir, par exemple, Van der Waerden, 1961.

symboles en vue d'abréger le texte où l'on décrit la résolution d'un problème. Mais l'introduction de la syntaxe permet de créer un langage avec lequel on peut représenter (d'une façon fort efficace d'ailleurs) les opérations entre l'inconnue, les puissances de celle-ci et les nombres invariants déterminés.

Or, son efficacité ne se restreint pas uniquement au niveau des calculs. La symbolisation permet, en effet, d'organiser les opérations pertinentes à faire en vue d'isoler l'inconnue, comme on verra sur un exemple au §4. De par le caractère même de la méthode diophantienne (que nous analyserons plus en détail au §4), le langage mis en œuvre par Diophante aide la pensée à se dégager du contexte numérique dans lequel le problème est posé et de se concentrer sur un *calcul formel*, c'est-à-dire un calcul qui tient compte seulement de la forme ($\varepsilon\iota\delta o\varsigma$) des expressions.

3. L'arithmétique et le type de problèmes posés

Les problèmes contenus dans les 10 livres que nous possédons de l'Arithmétique sont des problèmes qui se réfèrent à des nombres et/ou des triangles rectangles. Tout rapprochement à une situation "réelle" est exclu : on ne trouve pas de problèmes appliqués au commerce, à l'agriculture ou à une autre situation concrète.

Les problèmes sont énoncés en mots et il reflètent la structure de l'arithmétique d'après Diophante. Cette structure, comme nous l'avons déjà vue, repose sur le groupement des nombres par catégories (les carrés, les cubes, etc ...). Et les problèmes sur les nombres que Diophante entreprend de résoudre, proviennent justement "[...] soit de la somme de ces nombres, soit de leur différence, soit de leur multiplication, soit du rapport qu'ils ont entre eux, ou qu'ils possèdent respectivement avec leurs propres racines [...]" (10).

Une particularité des énoncés des problèmes est l'absence de nombres particuliers donnés.

Exemples (11) :

Livre I, problème 16 :

Trouver trois nombres qui, pris deux à deux, forment des nombres proposés.

En notations modernes, le problème s'écrit :

$$x + y = a$$
$$y + z = b$$
$$z + x = c$$

(10) Cf. Ver Eecke, p. 2.

(11) D'après Sesiano (Sesiano, 1985), les quatre nouveaux livres trouvés, (i. e. les livres arabes) s'intercalent entre les trois premiers livres grecs (Livres I, II et III) et les trois autres livres grecs, appelés jusqu'alors Livres IV, V et VI. Nous suivrons l'ordre indiqué par Sesiano, de sorte qu'on a : les trois premiers livres grecs (désignés toujours par Livres I, II et III), les quatre livres arabes (désignés par Livres IV, V, VI et VII) et ensuite les autres livres grecs connus, qui seront désignés par Livres "IV", "V" et "VI".

où a, b et c sont les nombres proposés.

Livre II, problème 11 :

Ajouter un même nombre à deux nombres donnés de manière que chacun d'eux forme un carré.

C'est-à-dire, en notations modernes :

$$x + a = c^2$$
$$x + b = d^2.$$

Livre IV, problème 6 [12] **:**

Trouvez un carré et un cube tel que leur produit soit un carré.

C'est-à-dire, en notations modernes :

$$x^2 y^3 = u^2.$$

Livre V, problème 5 :

Trouver deux nombres, l'un un cube et l'autre un carré, tel que si on multiplie le cube du cube par deux nombres donnés et on ajoute chacun de ces produits au carré du carré, le résultat est dans chaque cas un nombre carré.

C'est-à-dire, en notations modernes :

$$(x^2)^2 + a(y^3)^3 = u^2$$
$$(x^2)^2 + b(y^3)^3 = v^2.$$

Livre "VI", problème 6 :

Trouver un triangle rectangle tel que le nombre de son aire, augmenté du nombre de l'une des perpendiculaires, forme un nombre donné.

C'est-à-dire, en notations modernes :

$$a^2 = b^2 + c^2$$
$$bc/2 + b = u.$$

Pour essayer d'expliquer le fait que les problèmes de l'*Arithmétique* de Diophante ne soient pas rattachés à des situations de la vie courante, Tannery [13] a suggéré que la personne à qui Diophante s'adresse au début du Livre I, le très honoré Dionysios, était l'évêque d'Alexandrie. Tannery conclut que l'Arithmétique était

[12] La traduction en français que nous faisons de ce problème et du suivant est basée sur la traduction anglaise de Sesiano.

[13] Nous suivons ici Ver Eecke (Ver Eecke; 1959, pp. xv-xvi).

probablement destinée aux écoles de l'Eglise Catholique de l'époque, et que Diophante aurait été chrétien. Ainsi, les problèmes à enseigner devaient être dépourvus de tout aspect païen [14]. Quoi qu'il en soit, beaucoup des problèmes de l'Arithmétique étaient connus avant Diophante. C'est le cas, par exemple, des problèmes 16 et 27 du Livre I. En effet, le problème 27 (cf. § 2-3) était un problème fondamental dans les mathématiques babyloniennes, comme nous l'avons déjà indiqué au §1; en ce qui concerne le problème 16 (énoncé ci-haut), Heath mentionne une règle, énoncée en mots, connue sous le nom de "flower or bloom of Thymaridas", qui exprimait la solution du problème, quoique au dire de Heath "the rule is stated in general terms and no symbols are used [...]. The rule is very obscurely worded [...]". (Heath, 1921, Vol. I, p. 96). Mais pour mieux apprécier l'apport de Diophante, voyons de plus près comment il résoud ce problème.

4. La méthode de l'inconnue opérationnelle

Le problème 16 du Livre I s'écrit, en notations modernes :

$$x + y = a$$
$$y + z = b$$
$$z + x = c$$

Diophante choisit $a = 20$ unités, $b = 30$ unités et $c = 40$ unités. Ensuite, il dit :

"Posons que la somme des trois nombres est $\varsigma\alpha$ (1 arithme). Dès lors, puisque le premier nombre plus le second forment $M\kappa$ (20 unités), si nous retranchons $M\kappa$ (20 unités) de $\varsigma\alpha$ (1 arithme), nous aurons comme troisième nombre $\varsigma\alpha\pitchfork M\kappa$ (1 arithme moins 20 unités). Pour la même raison, le premier nombre sera $\varsigma\alpha\pitchfork M\lambda$ (1 arithme moins 30 unités), et le second nombre sera $\varsigma\alpha\pitchfork M\mu$ (1 arithme moins 40 unités). Il faut encore que la somme des trois nombres devienne égale à $\varsigma\alpha$ (1 arithme). Mais la somme des trois nombres forme $\varsigma\gamma\pitchfork Mq$ (3 arithmes moins 90 unités). Egalons-les à $\varsigma\alpha$ (1 arithme) et l'arithme devient $M\mu\varepsilon$ (45 unités). Revenons à ce qui a été posé : le premier nombre sera $M\iota\varepsilon$ (15 unités), le second sera $M\varepsilon$ (5 unités) et le troisième sera $M\kappa\varepsilon$ (25 unités), et la preuve est claire."

Traduction abrégée en langage algébrique moderne

$x + y + z = 1A$
$x + y = 20$

Donc $z = 1A - 20$

De même, $x = 1A - 30$
et $y = 1A - 40$

Or, $x + y + z = 1A$

Mais $x + y + z = 3A - 90$
Donc $3A - 90 = 1A$
et on obtient $A = 45$.
De là on obtient : $x = 15$
$y = 5$
$z = 25$.

(14) La seule exception constitue le problème 30 du livre "V", où il est question d'un mélange de vin. Mais l'authenticité de ce problème a été mise en doute : il aurait été ajouté par un scribe.

Grosso modo, on peut dire que pour résoudre les problèmes qu'il se pose, Diophante commence par énoncer une condition de nécessité sur les paramètres, s'il y a lieu [15]; ensuite il exprime les nombres cherchés (les inconnues du problème) en termes de cette inconnue opérationnelle qu'est l'arithme. Une fois cette étape franchie, une mise en équation a lieu, à partir des conditions du problème. Ensuite, des opérations sont effectuées sur l'équation obtenue afin de dégager la valeur de l'arithme. Quand cette valeur est trouvée, Diophante revient aux relations qui lient les inconnues du problème à l'arithme et trouve celles-là en remplaçant l'arithme par sa valeur. La dernière étape de la résolution consiste à vérifier que les nombres ainsi trouvés répondent bien aux exigences du problème. Souvent cette vérification n'est pas menée à terme (sans doute parce qu'elle consiste en de simples opérations entre nombres), et Diophante se contente de dire "et ces nombres satisfont à la proposition".

Il est clair que dans le problème précédent, un autre choix de a, b et c conduit à une valeur différente pour x, y et z. Le résultat dépend du choix qu'on fait des nombres "donnés", a, b et c. À la lumière des mathématiques actuelles ces nombres deviennent des **paramètres**, comme on dit aujourd'hui; ils ont un statut différent de celui des inconnues. Or, Diophante ne se pose pas le problème d'expliciter **toutes** les solutions : il cherche à montrer comment sa méthode – que nous appellerons **méthode de l'inconnue opérationnelle** – fonctionne et peut produire autant de solutions qu'on voudra : elle apparaît ainsi comme un **programme**. Il est clair que Diophante distingue parfaitement le statut des paramètres et celui des inconnues. Mais il ne symbolise point les paramètres : ceux-ci restent au niveau numérique. En fait, la symbolisation des paramètres est inconcevable chez Diophante. Cette symbolisation est beaucoup plus tardive dans l'histoire de l'algèbre : elle se trouve dans l'œuvre de Viète, et permet d'écrire la solution d'un problème en toute généralité.

4.1. Le succès de la méthode

Le succès de la méthode de l'inconnue opérationnelle repose, en particulier, sur trois éléments :

- . le bon choix des paramètres,
- . le choix des relations qui lient les inconnues du problème à l'inconnue opérationnelle, c'est-à-dire l'arithme,
- . la faisabilité de la résolution.

4.2. Le bon choix des paramètres

Étant donné que Diophante ne considère que des solutions rationnelles positives, il est contraint de choisir les paramètres de sorte que sa méthode n'aboutisse pas, à la suite du calcul formel, à une valeur négative ou irrationnelle. Ainsi, dans le problème 16 du Livre I, cette contrainte se manifeste par une condition de nécessité avec laquelle Diophante commence la solution : dans ce problème, Diophante dit : "Il faut toutefois que la moitié de la somme des nombres proposés soit plus grande

[15] Nous reviendrons sur cette condition de nécessité au §4.2.

que chacun de ces nombres". Le choix des paramètres dans ce problème est cohérent avec cette condition : en effet, les paramètres sont, comme nous l'avons vu, $a = 20$, $b = 30$ et $c = 40$. La moitié de la somme de ces nombres est 45 et elle est plus grande que chacun des nombres. Mais si nous prenons $a = 5$, $b = 5$ et $c = 80$, la condition n'est plus remplie. En effet, si maintenant nous appliquons la méthode de Diophante avec ce dernier choix de a, b et c, nous nous apercevons que l'arithme est à nouveau égale à 45 unités, mais dans ce cas, le troisième nombre serait 1 arithme moins 80 unités, c'est-à-dire, 45 unités moins 80 unités, ce qui, pour Diophante, est un résultat inadmissible ...

Diophante ne montre pas dans l'*Arithmétique* comment il parvient à trouver les conditions nécessaires sur "les nombres donnés" (les paramètres) pour le bon fonctionnement de sa méthode. En tout cas, cela montre qu'il disposait de moyens efficaces pour y parvenir; le rôle du symbolisme dans les moyens détecteurs de conditions nécessaires est quelque chose d'encore non connu.

4.3. Le choix des relations et la faisabilité de la solution

Pour pouvoir mettre en œuvre la méthode de l'inconnue opérationnelle, Diophante doit choisir certaines relations afin de lier l'inconnue opérationnelle aux inconnues du problème. Mais, d'autre part, son choix doit être tel que l'équation à laquelle il aboutit n'entraîne pas de solutions négatives ou irrationnelles.

Le choix des relations chez Diophante rend sa résolution des problèmes différentes de ce que nous enseignons à nos étudiants d'algèbre aujourd'hui. C'est que la méthode de Diophante ne met pas en face directement les données et les inconnues du problème, comme c'est en général le cas avec nos méthodes actuelles, mais tous ces nombres pivotent autour d'une seule quantité indéterminée : l'arithme. Donc notre **traduction du problème** sous forme d'équation(s), n'est pas la même. La "mise en équation" dépend des méthodes que nous avons à notre disposition.

Or, fréquemment, les relations qui lient les inconnues du problème à l'arithme ne peuvent pas être perçues a priori; Diophante s'appuie alors sur une variante de la méthode de **fausse position**. Dans le problème 6 du Livre "VI", énoncé ci-haut, Diophante part d'un triangle dont les côtés sont 3 arithmes, 4 arithmes et 5 arithmes et, ayant choisi le paramètre égal à 7, la condition de l'aire du triangle plus une perpendiculaire égale à ce paramètre donne :

$$6x^2 + 3x = 7 \ (x \text{ désigne l'arithme}).$$

Il s'agit alors de résoudre cette équation. À ce sujet, il dit :

> *"Il faut que la moitié de la quantité d'arithmes multipliée par elle-même, et à laquelle on ajoute la quantité de carrés d'arithmes, multipliée par la quantité d'unités, forme un carré. Or elle ne forme pas un carré"* [16].

---

[16] Diophante affirme que $(3/2)^2 + 6 \times 7$ doit être un carré. Si nous désignons pas d cette quantité, le discriminant D (au sens actuel du terme) de l'équation $6x^2 + 3x - 7 = 0$ vérifie $D = 4d$. Ainsi, pour que l'arithme soit rationnel, la quantité d doit être un carré.

Alors, Diophante retient la condition précédente sur les coefficients de l'équation et il cherche un nouveau triangle rectangle qui vérifie cette dernière condition. À l'aide de sa méthode de l'inconnue opérationnelle, il trouve le triangle 24, 7 et 25. Alors, il recommence son raisonnement initial en remplaçant le triangle original 3 arithmes, 4 arithmes et 5 arithmes, par le triangle 24 arithmes, 7 arithmes et 25 arithmes. Maintenant la mise en équation (qui s'obtient à partir de la condition de la somme de l'aire avec une des perpendiculaires égale à 7) l'amène à l'équation $84x^2 + 7x = 7$, qu'il sait résoudre : il donne $x = 1/4$ comme solution, de sorte que le triangle cherché est : 6 unités, 7/4 et 25/4.

5. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

En regardant l'activité mathématique dans les anciennes civilisations, on peut distinguer, d'après Van der Waerden (1983), deux grands courants : une activité mathématique destinée aux constructions géométriques liées aux applications rituelles, activité dont la transmission était essentiellement orale, et, d'autre part, une activité mathématique inscrite dans la tradition scolaire qui était à la base de l'enseignement des mathématiques. C'est dans cette tradition qu'on trouve les textes comportant des suites de problèmes suivis de leur solution. Et c'est justement dans cette tradition qu'il faut situer l'*Arithmétique* de Diophante.

Or, s'il est vrai que le premier courant de l'activité mathématique aboutit à une organisation déductive de la géométrie, telle qu'on la trouve dans les *Élements* d'Euclide, il est vrai aussi que c'est avec Diophante que le deuxième courant connaît une apothéose semblable à celle connue par le premier, grâce à l'explicitation d'une méthode de résolution que nous avons appelée la *méthode de l'inconnue opérationnelle* et qui diffère des méthodes algébrico-géométriques qu'on trouve dans les *Éléments* d'Euclide. Toutefois, restreindre la portée de l'œuvre de Diophante à la méthode revient à laisser de côté un autre aspect de son œuvre aussi important que la méthode elle-même, à savoir, le langage qu'il construit.

Sa méthode repose sur l'introduction d'une quantité inconnue à laquelle sont reliées les vraies inconnues du problème. La mise en scène de cette inconnue au même titre que les nombres concrets (i.e. les nombres invariants déterminés), constitue un véritable changement conceptuel dans la résolution de problèmes et donne lieu à une théorie arithmétique ouvrant de nouvelles perspectives.

Il est important de souligner que la portée de la méthode va se trouver limitée par le fait même qu'elle ne met en jeu qu'une inconnue. Mais en même temps, cela laisse entrevoir la difficulté sousjacente à une démarche intellectuelle qui suppose l'organisation de plusieurs choses non connues (i.e. des inconnues) à la fois, à plusieurs niveaux : au niveau de la symbolisation, au niveau des opérations, au niveau heuristique ...

À la base du langage qu'il construit se trouve l'idée de la symbolisation de l'arithme et des catégories arithmétiques des nombres (les carrés, les cubes et les combinaisons multiplicatives de ceux-ci). Le langage apparaît, en premier lieu, comme une abréviation du langage naturel, mais le fait de lui associer une syntaxe convenable – en vue de rendre efficace la méthode de résolution de problèmes – fait de lui un outil puissant. Ce langage permettra, en particulier, la transformation du problème initial en un problème différent (portant sur des expressions algébriques) où la priorité est donnée au calcul formel, c'est-à-dire, au calcul des *espèces*, pour utiliser le terme de Diophante.

L'idée d'arithme comme un nombre *indéterminé* d'unités – dont la valeur sera révélée à la fin des calculs – est en somme un artifice heuristique. C'est à partir de l'arithme que Diophante crée une algèbre (avec la règle de restauration dont parlera Al-Kwharizmi quelques siècles plus tard) qui apparaît donc comme une **généralisation provisoire** de l'arithmétique. Les expressions et tout le langage algébrique disparaissent à la fin d'un problème pour renaître au suivant. Ainsi, de par sa profonde dépendance à l'égard de l'arithmétique, les symboles de Diophante n'ont pas la permanence et l'autonomie de l'algèbre postérieure, permanence et autonomie qui se trouvent chez Viète, à la fin du XVI^{e} siècle. La théorie arithmétique de Diophante, qui nous laisse voir une des facettes historiques de l'émergence de l'algèbre, peut être donc considérée par rapport à l'algèbre de Viète comme une algèbre pré-symbolique.

6. BIBLIOGRAPHIE

HEATH L. (1910).– *Diophantus of Alexandria. A study in the history of Greek Algebra.*– Deuxième édition. Cambridge University Press. Réimpression Dover, 1964.

HEATH L. (1921).– *A history of Greek Mathematics.*– Vol. I. Oxford. New-York.

NEUGEBAUER O. (1952).– *The exact sciences in antiquity.*– Princeton, New Jersey.

NEUGEBAUER O. and SACHS A. (1945).– *Mathematical Cuneiform Texts.*– American Oriental Society. American Oriental Series. Vol. 29. New Haven. Connecticut

RASHED R. (1985).– *Entre l'Arithmétique et l'Algèbre. Recherches sur l'Histoire des Mathématiques Arabes.*– Les belles lettres. Paris.

RASHED R. (1975).– Les Travaux Perdus de Diophante (II).– *Revue d'Histoire des Sciences.*– Vol. XXVIII/1. pp.3-30. France.

RASHED R. (1974).– Les Travaux Perdus de Diophante (I).– *Revue d'Histoire des Sciences.*– Vol. XXVII/2. pp. 97-122. France.

ROBBINS F. - KARPINSKI L. (1926).– *Nichomachus of Geresa. Introduction to Arithmetic.*– The Macmillan Company. New-York.

SESIANO J. (1982).– *Books IV to VII of Diophantus' Arithmetic.*– Springer-Verlag. New-York.

VAN der WAERDEN B.L. (1983).– *Geometry and Algebra in Ancient Civilizations.*– Springer-Verlag. Berlin.

VAN der WAERDEN B.L. (1961).– *Science Awakening.*– Oxford University Press. New-York.

VER EECKE P. (1926).– *Diophante d'Alexandrie. Les Six Livres Arithmétiques et le Livre des Nombres Polygones.*– Desclée de Brouwer. Liège. Réimpression. Albert Blanchard. Paris, 1959.

A VOS STYLOS

PROBLÈME 20

Énoncé

Calculer

$$\sum_{n=0}^{p}(-1)^{p-n}\frac{n^p}{n!(p-n)!}$$

et en déduire $\sum_{n\geq 0}\frac{n^n}{n!}z^n$.

Solutions

Nous remercions D. Dumont, qui a donné une solution partielle, et J. Zeng, qui a donné deux solutions différentes, toutes deux extrêmement concises. Nous recopions ci-dessous les deux solutions de Zeng, en étoffant un peu la première pour en rendre la lecture plus aisée.

Première solution :

Soit $E = \{1,\ldots,p\}$. Pour $n \leq p$, $p!\frac{n^p}{n!(p-n)!}$ est le nombre de manières de choisir une partie A de E à n éléments et une application φ de E dans A, donc

$$\begin{aligned} p!\sum_{n=0}^{p}(-1)^{p-n}\frac{n^p}{n!(p-n)!} &= \sum_{A\subset E}\sum_{\varphi\in AE}(-1)^{|E-A|} \\ &= \sum_{\varphi\in E^E}\sum_{\varphi(E)\subset A\subset E}(-1)^{|E-A|} = \sum_{\varphi\in E^E}0^{|E-\varphi(E)|} \end{aligned}$$

est égal à $p!$, nombre de surjections de E sur lui-même. Il en résulte que pour tout $p\geq 0$

$$\sum_{n=0}^{p}(-1)^{p-n}\frac{n^p}{n!(p-n)} = 1.$$

Nous avons ainsi une identité dépendant d'un paramètre entier p, c'est-à-dire une suite d'identités. Il est tentant de la transformer en une seule identité entre séries entières : multipliant donc les deux membres par x^p et sommant en p, on obtient pour $|x| < 1$

$$\sum_{p\geq 0}x^p\sum_{n=0}^{p}(-1)^{p-n}\frac{n^p}{n!(p-n)!} = \frac{1}{1-x}.$$

Quelques manipulations (justifiées plus bas) transforment ceci en

$$\begin{aligned}\frac{1}{1-x} &= \sum_{m,n\geq 0} (-1)^m \frac{n^{m+n}}{n!m!} x^{m+n} \\ &= \sum_{n\geq 0} \frac{(nx)^n}{n!} \sum_{m\geq 0} (-1)^m \frac{(nx)^m}{m!} = \sum_{n\geq 0} \frac{(nx)^n e^{-nx}}{n!}.\end{aligned}$$

En définitive, pour $|z| < \frac{1}{e}$, la série $\sum_{n\geq 0} \frac{n^n}{n!} z^n$ a pour somme $\frac{1}{1-x}$, où x est la solution plus petite que 1 de l'équation $xe^{-x} = z$. Le calcul est justifié pour $|x|$ assez petit (plus précisément pour $|xe^x| < \frac{1}{e}$) par la sommabilité de la série double, mais le résultat est évidemment encore valable dans tout le disque de convergence.

Deuxième solution :

Pour tout polynôme $f(x)$ en x, on dénote Δ l'opérateur de différence finie : $\Delta f(x) = f(x+1) - f(x)$. On vérifie facilement par récurrence que pour tout $p \geq 1$

$$\Delta^p f(x) = \sum_{n=0}^{p} \binom{p}{n} (-1)^{p-n} f(x+n),$$

et aussi $\Delta^p x^p = p!$. Prenant $f(x) = x^p/p!$, on a

$$\Delta^p \left(\frac{x^p}{p!}\right) = \sum_{n=0}^{p} \binom{p}{n} (-1)^{p-n} \frac{(n+x)^p}{p!} = 1.$$

Ceci équivaut à l'identité suivante :

$$\frac{e^{xy}}{1-y} = \sum_{n\geq 0} (n+x)^n \frac{z^n}{n!} \text{ avec } z = y\exp(-y).$$

Cette formule est due à Euler. Dans la littérature moderne elle est souvent démontrée par la formule d'inversion de Lagrange. Enfin, on notera que $S(n,k) = \frac{1}{k!}\Delta^k 0^n$ est le nombre de Stirling de $2^{\text{ième}}$ espèce.

PROBLÈME 21

Énoncé (proposé par D. DUMONT)

Soient $2n$ écolières qui partent en promenade quotidienne en rang deux par deux et souhaitent changer de voisine chaque jour. Trouver un algorithme qui fasse en sorte qu'en $2n-1$ jours chacune ait eu pour voisine chacune des autres une fois et une seule. (Ce problème s'apparente au problème dit "des écolières de Kirkmann".)

Indication

Privilégier l'une des écolières et faire jouer un rôle symétrique aux $2n-1$ autres.

PROBLÈME 22

Énoncé

Existe-t-il une fonction $f : \mathbb{R} \longrightarrow \mathbb{R}$ indéfiniment dérivable, telle que, pour tout x rationnel, la dérivée $n^{\text{ième}}$ $f^{(n)}(x)$ soit un rationnel pour n pair et un irrationnel pour n impair ?

PROBLÈME 23

Énoncé (proposé par J.-M. Nagel)

Dans un jeu de 52 cartes battu, quelle est la probabilité pour qu'une dame et un roi soient voisins immédiats ?

> La comparaison du sport avec l'école est révélatrice du décalage de l'idéal de pureté associé au sport. La plupart des reproches adressés régulièrement à l'école seraient sans doute encore plus justifiés à l'égard du sport : élimination des faibles, sélection, hiérarchie, élitisme, bachotage, championnite, rigidité et centralisation. Or le sport traverse ces volées de critiques en toute impunité. Les représentations sociales du sport bénéficient d'une stupéfiante complaisance.
>
> Pierre PARLEBAS
> Le sport, fait social.
> La Recherche, Août 1992.

VOTRE COLLECTION EST-ELLE COMPLÈTE?

Oui, alors inutile de lire la suite.

Non! Profitez du fait que les archives de l'IREM disposent encore de certains numéros anciens de '*L'Ouvert*'. Vous trouverez ci-dessous la liste de ceux que nous pouvons encore fournir au prix de 10 F l'exemplaire jusqu'au numéro 50 et de 15 F l'exemplaire pour les numéros suivants. Si possible essayez d'acheter sur place au moment du congrès APMEP de Strasbourg, cela vous évite de payer les frais de port qui se montent à 15 F par tranche de 5 exemplaires.

BON DE COMMANDE

Cochez les numéros que vous désirez

NOM Prénom :
Adresse :

n°	nb	n°	nb	n°	nb	n°	nb	n°	nb	n°	nb
11	○	20	○	27	○	40	○	55	○	63	○
13	○	21	○	28	○	43	○	56	○	64	○
14	○	22	○	34	○	45	○	57	○	65	○
15	○	24	○	35	○	52	○	58	○	66	○
18	○	26	○	35'	○	53	○	59	○		
19	○	26'	○	37	○	54	○	61	○		

☐	Exemplaires à 10 F =	☐
☐	Exemplaires à 15 F =	☐
☐	Frais de port :	☐
	TOTAL :	☐

Il reste encore quelques rares exemplaires des n° 17, 29, 31, 41, 47 et 51.
Nous les demander avant de les commander.

Merci d'envoyer votre commande à la Bibliothèque de l'IREM - 10, rue du Général Zimmer - 67084 Strasbourg Cédex et de libeller votre chèque à l'ordre de Mr l'Agent Comptable de l'ULP (IREM).

SOMMAIRE

N° 68 – SEPTEMBRE 1992

L'OUVERT

ISSN 0290 – 0068

◇ *Responsable de la publication* : Jean LEFORT
◇ *Correspondance à adresser à :*
Université Louis Pasteur
Bibliothèque de l'I.R.E.M.
10, rue du Général Zimmer
67084 STRASBOURG CEDEX
Tél. : 88-41-64-40
◇ *Abonnement (pour 4 numéros annuels)*
50 F (95 F/2 ans) pour les membres A.P.M. d'Alsace
90 F (170 F/2 ans) pour l'Alsace
120 F (220 F/2 ans) pour la France ou l'Étranger.
Chèque à l'ordre de Monsieur l'Agent
Comptable de l'U.L.P. (IREM)
◇ *Prix du numéro* : 25.– F

L'OUVERT

JOURNAL DE L'A.P.M.E.P. D'ALSACE ET DE L'I.R.E.M. DE STRASBOURG
I.S.S.N. 0290 - 0068

INDEX THEMATIQUE

N° 1 à N° 66

MODE D'EMPLOI

Dans l'index ci-après, chaque article est classé selon deux critères. Le premier critère indiqué sur fond grisé correspond plus ou moins aux grandes divisions des mathématiques :

Algèbre	Géométrie projective
Analyse	Géométrie spatiale
Analyse combinatoire	Géométrie
Analyse non standard	Histoire
Applications	Informatique
Arithmétique	Mécanique
Astronomie	Pédagogie
Bibliothèque	Probabilités
Calcul	Problèmes
Didactique	Sciences
Enseignement	Statistiques
Géométrie descriptive	Topologie
Géométrie différentielle	

Au sein de chacune de ces grandes divisions, les articles sont classés par ordre alphabétique du principal mot-clé (vous trouverez la liste des mots-clés à la fin du fichier).

La présentation est donnée en 9 colonnes, selon l'ordre :
1) numéro de '*L'Ouvert*'
2) date de parution (mois/année)
3) titre de l'article
4) auteur(s)
5) numéro de la première page de l'article
6) nombre de pages de l'article
7) catégorie de l'article
E = enseignement; FM = formation des maîtres; HE = heuristique; HM = histoire des mathématiques; T = technique
8) niveau d'enseignement
C = collège; L = lycée; T = tous niveaux; SUP = supérieur
9) premier mot-clé (sur la disquette en préparation apparaîtront plusieurs mots-clé).

A la suite de la liste des articles, vous trouverez la liste des couvertures où ne subsistent bien évidemment que les colonnes 1, 2, 3, 4 et 9, un X dans la colonne 4 traduisant un auteur anonyme, un X dans la colonne 9 traduisant l'hésitation des responsables de ce fichier à introduire un mot-clé particulier!

Nous tenons à préciser que les deux suppléments (n° 26' et 35') ne sont pas référencés ici. Le numéro 26' contient les reproductions d'un concours d'affiches sur le thème de l'expo-math, concours lancé auprès des élèves de lycées et collèges. Le numéro 35' correspond au contenu de l'exposition de mathématiques avec des documents sur la numération, les jeux, la cartographie et les polyèdres (86 pages).

N°	MOIS	TITRE ARTICLE	AUTEUR	PA	NBR	CA	NIVE	CLE 1
		ALGEBRE						
49	12/87	Des 4 opérations à la notion de groupe	KOEHLER	32	8	HM	SUP	CAUCHY
48	09/87	Racines de plus grand module d'un polynôme	DOUE-LEFORT	39	5	FM	SUP	EQUATIONS
47	06/87	Résolution des équations polynomiales: une ancienne méthode	LEFORT	15	6	HM	SUP	EQUATIONS
47	06/87	Des équations qui déterminent les sections circulaires (2)	FRIEDELMEYER	21	10	HM	SUP	GAUSS
44	09/86	Le problème de la résolution des équations algébriques dans l'émergence du concept de grou	FRIEDELMEYER	30	4	HM	SUP	GAUSS
13	11/77	L'esprit de la mathématique	LANGER	30	6	FM	SUP	GRAPHES
18	05/79	Multiplions-nous !	BONNET	12	11	E	C	GROUPES
24	05/81	La chasse aux groupes finis	GLAESER	34	14	FM	SUP	GROUPES
25	02/82	Groupes finis: la chasse est fermée	GLAESER	10	15	FM	SUP	GROUPES
19	10/79	Calcul matriciel appliqué	MEYER	16	7	E	L	MATRICES
31	06/83	Résolution des systèmes d'équations linéaires par la méthode du pivot de Gauss	IREM	38	9	E	L	PIVOT
5	02/75	Addition et multiplication des fonctions polynômes à une variable	HAEGELIN	21	6	E	C	POLYNOME
30	03/83	Calculatrices et calcul littéral	SAMSON-REBOUL	28	14	FM	SUP	POLYNOME
31	06/83	Espace vectoriel ? Connais pas !	OUVERT	29	9	E	L	PROGRAMMES
46	03/87	Les équations qui déterminent les sections circulaires (1)	FRIEDELMEYER	4	6	HM	SUP	VANDERMOND
12	06/77	L'espace et ses transformations	DELEDICQ	2	7	FM	SUP	VECTORIEL
		ANALYSE						
13	11/77	Fonction affine en 2e AB3	LEFORT	3	4	E	L	AFFINE
11	02/77	Le sphinx	VIRICEL	28	2	PB	L	AFFINITE
36	09/84	Euler au bac A1	X	41	2	PB	L	BAC
22	10/80	Activités et publications des groupes IREM sur l'analyse	OVAERT	27	13	E	L	BIBLIOTHEQUE
33	12/83	Suites à tout faire	BOOG	5	7	FM	SUP	BINOME
3	04/71	Construction des réels à partir des décimaux	KITTEL	1	11	FM	SUP	CAUCHY
8	02/76	Les journées sur l'analyse	SILVESTRE	1	11	FM	SUP	CAUCHY
50	04/88	La continuité	CAUCHY	13	6	HM	SUP	CONVERGENCE
46	03/87	Toute fonction dérivable est l'intégrale de sa dérivée	EMERY	10	3	FM	SUP	DERIVATION
54	03/89	Le calcul des dérivations d'Arbogast	FRIEDELMEYER	11	7	HM	SUP	DERIVATION
27	06/82	Canards	DIENER	19	12	FM	SUP	DIFFERENTIELLE
5	02/75	Solutions périodiques de certaines équations différentielles	SCHMITT	36	2	FM	SUP	DIFFERENTIELLE
9	05/76	10% sur des fils et des pointes	JEAN-LEFORT	36	4	E	L	ENVELOPPE
45	12/86	Invitation à des réflexions sur la résolution algébrique des équations	GEBUHRER	31	9	FM	SUP	EQUATIONS
31	06/83	Les séries divergentes chez Euler	LEFORT	15	11	FM	SUP	EULER
26	02/82	Réputée nulle	CHANEY	19	3	E	L	EVALUATION
35	06/84	Super-sondage en seconde (1)	IREM	1	15	E	L	EVALUATION
39	06/85	Super-sondage en seconde (2)	IREM	23	21	E	L	EVALUATION
22	10/80	Sur les suites de Fibonacci et de Lucas	EHRHART	40	7	FM	SUP	FIBONACCI

20	01/80	Notion de tangente à une courbe	MONNIN-MEYER	22	9	E	L	HEURISTIQUE
4	11/71	A propos de sinus et cosinus hyperboliques	DE COINTET	9	5	E	L	HYPERBOLIQUE
30	03/83	Y'a des limites	MEYER	26	2	E	L	LIMITES
32	09/83	Un nouveau manuel révélé par l'Ouvert	OUVERT	38	8	E	L	LIMITES
55	06/89	La construction des logarithmes de Neper	VOGEL	28	14	HM	L	LOGARITHME
45	12/86	Formules à la Machin	SEROUL	14	14	FM	SUP	MACHIN
10	09/76	Exercices d'analyse	BRONNER	12	8	E	SUP	NORME
51	06/88	Le paradoxe de Gumbel	LEFORT	19	3	FM	L	PARADOXE
24	05/81	Périodique ? Les curieuses définitions des manuels	CHANEY	5	5	E	L	PERIODIQUE
25	02/82	Un petit monstre périodique	COURRIER	9	1	FM	SUP	PERIODIQUE
46	03/87	Formules à la Machin	KERN	32	2	FM	SUP	PI
11	02/77	Le nombre PI	LEFORT	30	4	FM	SUP	PI
15	06/78	Le nombre PI	MIGNOTTE	13	8	FM	SUP	PI
50	04/88	Simeon Denis Poisson	LEFORT	1	3	HM	T	POISSON
10	09/76	Une méthode géométrique pour une classe de problèmes combinatoires	EHRHART	1	7	FM	SUP	POLYEDRE
51	06/88	A propos de l'équation cyclotomique x^n-1=0	DAUTREVAUX	22	10	FM	SUP	POLYNOME
15	06/78	Du calcul vers l'analyse	GLAYMANN	2	6	FM	SUP	RACINES
20	01/80	De la fonction dzéta aux travaux de Well et Deligne	LEFORT	16	6	FM	SUP	RIEMANN
21	06/80	1+1/8+1/27+... est irrationnel	MIGNOTTE	14	10	FM	SUP	RIEMANN
61	12/90	Des avatars de la série harmonique alternée	LEFORT	12	5	FM	SUP	SERIE
10	09/76	Divertissements mathématiques	BECKER-BROMBECK	30	3	FM	L	VIVIANI
		ANALYSE COMBINATOIRE						
36	09/84	Tiroirs bourrés en Terminale D	LEFORT	25	7	E	L	DENOMBREMENT
12	06/77	Nombres eulériens : permutations	FOATA-LEFORT	20	5	FM	SUP	EULER
26	02/82	Carrés latins et gréco-latins	LEFORT	49	2	FM	T	GRECO-LATIN
		ANALYSE NON STANDARD						
46	03/87	Le continu et l'ordinateur	HARTHONG	13	15	FM	SUP	NOMBRE
16	09/78	Analyse non-standard	REEB-TROESCH-URLACHER	16	11	FM	SUP	NON STANDARD
		APPLICATIONS						
44	09/86	Le scrutin proportionnel: plus fort reste ou plus forte moyenne ?	EMERY	34	15	FM	SUP	SCRUTIN
		ARITHMETIQUE						
66	03/92	La division en base b	SEROUL	29	8	FM	L	ALGORITHME
50	04/88	Un beau spectacle arithmétique	GLAESER	46	2	FM	L	BEAU
57	12/89	Théorème de base en arithmétique	MIGNOTTE	26	4	FM	L	BEZOUT
4	11/71	Le système binaire réfléchi	LEFORT	14	5	FM	SUP	BINAIRE
15	06/78	Nom du jour à une date donnée	LENTZ	23	5	FM	SUP	CALENDRIER
45	12/86	Premiers pas vers une théorie parabolique des nombres	PIRAT	6	8	FM	SUP	CONIQUES
18	05/79	Transmission des messages secrets grâce à l'arithmétique	MIGNOTTE	23	10	FM	SUP	CRYPTOGRAPHIE

16	09/78	A propos de Diophante	ROTH	27	2	E	L	DIOPHANTE
20	01/80	Les entiers d'Euler	EHRHART	31	10	FM	SUP	EULER
57	12/89	Equations diophantiennes	BOUTOT	1	9	FM	SUP	FERMAT
26	02/82	Dans le courrier de Fermat	RADFORD	22	4	FM	SUP	FERMAT
12	06/77	Equation de Fermat-Pell	STOLTZ	28	9	FM	SUP	FERMAT
18	05/79	Quelques problèmes posés par la phyllotaxie	STOLTZ	3	9	FM	L	FIBONACCI
53	12/88	Des conjectures	EHRHART	27	5	FM	SUP	GOLDBACH
5	02/75	Le jeu de Nim	HARDY-WRIGHT	18	3	FM	T	NIM
37	12/84	Numération en base trois prime	LEFORT	28	8	FM	L	NUMERATION
32	09/83	Une suite remarquable	EHRHART	34	4	FM	SUP	PARFAITS
14	02/78	Amitié	LEFORT	1	2	FM	SUP	PARFAITS
34	03/84	Périodes: mes lunaisons mathématiques	MIGUET	16	9	E	C	PERIODES
11	02/77	Introduction aux fractions continues	GOERG	1	7	FM	SUP	PGCD
47	06/87	Un test élémentaire de primalité	MIGNOTTE	31	2	FM	C	PREMIER
26	02/82	Sur les triangles diophantiens	EHRHART	26	4	FM	SUP	PYTHAGORE
58	03/90	Quoi de neuf concernant les triangles rectangles (1)	ROBERT	21	9	FM	SUP	PYTHAGORE
59	06/90	Quoi de neuf concernant les triangles rectangles (2)	ROBERT	1	9	FM	SUP	PYTHAGORE
61	12/90	Sur l'équation x^2+7=2^n	MIGNOTTE	17	3	FM	SUP	QUADRATIQUE
25	02/82	Rallye 81: un exercice, sept méthodes	KOECHLIN-ISS	25	5	E	L	RECURRENCE
		ASTRONOMIE						
52	09/88	La grande saga des calendriers	LEFORT	21	6	FM	T	CALENDRIER
53	12/88	La grande saga des calendriers	LEFORT	19	7	FM	T	CALENDRIER
54	03/89	La grande saga des calendriers	LEFORT	27	6	FM	T	CALENDRIER
55	06/89	La grande saga des calendriers	LEFORT	22	6	FM	T	CALENDRIER
56	09/89	La grande saga des calendriers	LEFORT	22	7	FM	T	CALENDRIER
57	12/89	La grande saga des calendriers	LEFORT	19	6	FM	T	CALENDRIER
64	09/91	La grande saga des calendriers	LEFORT	29	8	FM	T	CALENDRIER
65	12/91	La grande saga des calendriers	LEFORT	27	9	FM	T	CALENDRIER
66	03/92	La grande saga des calendriers	LEFORT	22	7	FM	T	CALENDRIER
64	09/91	Cercles ou ellipses ?	ROLANDO	7	10	FM	T	COPERNIC
7	11/75	Mécanique des fluides et cosmologie	PETIT	12	12	FM	SUP	COSMOLOGIE
48	09/87	L'étendue des jours	BOUVIER	1	17	FM	SUP	EPHEMERIDES
53	12/88	A propos de l'étendue des jours	DAUTREVAUX	9	1	FM	SUP	EPHEMERIDES
51	06/88	Commentaires sur l'étendue des jours	PARISOT	32	5	FM	SUP	EPHEMERIDES
12	06/77	L'heuristique chez Képler	X	25	3	T	T	KEPLER
17	02/79	La vitesse de la lumière	VIRICIEL	19	4	FM	T	LUMIERE
		BIBLIOTHEQUE						
32	09/83	A la bibliothèque de l'IREM	IREM	33	2	E	T	BIBLIOTHEQUE

33	12/83	A la bibliothèque de l'IREM	IREM	33	2	E	T	BIBLIOTHEQUE
34	03/84	A la bibliothèque de l'IREM	IREM	43	4	E	T	BIBLIOTHEQUE
34	03/84	Bibliographie relative aux options en Terminale A2	KAHN-SCHLADENHAUFEN	34	9	E	L	BIBLIOTHEQUE
33	12/83	Livres remarquables	LEFORT-CHANEY	31	2	E	T	BIBLIOTHEQUE
17	02/79	Liste d'ouvrages	OUVERT	35	10	E	T	BIBLIOTHEQUE
28	10/82	Liste d'ouvrages	OUVERT	26	9	E	T	BIBLIOTHEQUE
4	11/71	Extraits du fichier du C.R.D.P.	POULIER	33	6	E	T	BIBLIOTHEQUE
		CALCUL						
64	09/91	Racine cubique	MEMENTO LAROUSSE	1	6	HE	T	ALGORITHME
16	09/78	Calcul pratique de log (2)	VIRICEL	29	3	FM	SUP	ALGORITHME
46	03/87	Le boulier japonais	SAWADA	1	3	E	C	BOULIER
39	06/85	Erratum	BLOCHS-PLUVINAGE	22	1	E	C	CALCULATRICE
38	03/85	Réaction en chaîne...	DE COINTET	25	4	E	L	CALCULATRICE
35	06/84	Calculatrices 4 opérations	PLUVINAGE	16	5	E	T	CALCULATRICE
38	03/85	Un scénario pour le calcul numérique en 4e	PLUVINAGE-BLOCHS	34	6	E	C	CALCULATRICE
54	03/89	Calculs, calculateurs, calculatrices	REISS	41	5	E	C	CALCULATRICE
1	11/70	Mini-ordinateur en 6e-5e	SAMSON	11	8	E	C	CALCULATRICE
56	09/89	Le menuisier mathématicien	MA KING-TCHONG	16	6	HE	T	DIDACTIQUE
24	05/81	Variation sur le thème "Ils ne sont pas si bêtes que ça "	BONNET	49	4	E	C	DIVISION
22	10/80	Problèmes numériques dans l'enseignement	LEFORT	18	9	FM	L	INTERPOLATION
16	09/78	L'homme et la machine	AUGE	11	2	E	L	SUITES
		DIDACTIQUE						
60	09/90	Changement de registre	LEGT COLMAR	35	10	E	L	EVALUATION
42	03/86	Le cahier de Math de Sylvie	PLUVINAGE	28	2	E	C	EVALUATION
45	12/86	Activité heuristique en classe de 6e	KABBAB	40	6	E	C	HEURISTIQUE
30	03/83	L'appréhension des situations probabilistes chez des élèves de 12 A 14 ans	GLAESER	1	9	E	C	PROBABILITÉS
53	12/88	Savoir fabriquer un test	GLAESER	11	2	HE	T	TEST
		ENSEIGNEMENT						
14	02/78	A propos du baccalauréat	DE COINTET	3	2	E	L	BAC
37	12/84	De l'entrée en 4e au baccalauréat C	SILVESTRE	36	11	E	T	BAC
11	02/77	Le pourquoi en mathématique	JAULIN-MANNONI	36	3	FM	T	BIBLIOTHEQUE
42	03/86	Les maths au jour le jour	LEFORT	43	2	E	T	BIBLIOTHEQUE
42	03/86	Examens d'hier, attitudes de toujours	ARAGO	45	2	HM	T	EVALUATION
15	06/78	Liaison maths-français en collège	MUNCH-RIEDLIN-LEFORT	8	5	E	C	INTERDISCIPLINARITE
16	09/78	Du côté de nos collègues de Français	SCHWARTZ-PELLAT	13	3	E	T	INTERDISCIPLINARITE
6	05/75	Une analyse de deux manuels de 4e	DUVAL-PLUVINAGE	22	13	E	C	MANUELS
5	02/75	L'enseignement technologique dans les lycées d'Alsace	CIO SELESTAT	11	7	E	L	TECHNOLOGIE
34	03/84	A.M.U.S.S.ons-nous !	AMUSS	25	5	E	T	X

10	09/76	Le LTE Couffignal de Strasbourg	APMEP	8	4	E	T	X
16	09/78	Visite du lycée franco-allemand de Fribourg	AUGE	6	5	E	L	X
10	09/76	Réflexions sur les problèmes de BEPC	BARDELANF-KLEIN-LEVY...	20	4	E	C	X
64	09/91	L'enfant et les sortilèges	COLETTE	27	2	FM	T	X
18	05/79	Orientation en fin de seconde	DE COINTET	39	4	E	L	X
17	02/79	Les olympiades de Math.	GLAESER	32	3	E	T	X
25	02/82	Bachotage: un ancêtre	GLAESER	1	8	HE	T	X
27	06/82	Le coin des "chercheux" et des "curieurs"	GLAESER	31	2	HE	X	X
11	02/77	Pas des sélectionneurs	GLASER	26	2	E	C	X
4	11/71	Activités de l'I.R.E.M. en 74-75	IREM	5	4	E	T	X
6	05/75	Activités de l'I.R.E.M. en 75-76	IREM	2	4	E	T	X
12	06/77	Maths et société dans l'enseignement	IREM	47	6	E	T	X
20	01/80	A propos du questionnaire	OUVERT	1	4	FM	T	X
2	03/71	Avant-propos	SAMSON	1	3	E	T	X
41	12/85	De l'entrée en 6e au passage en 1ère	SILVESTRE	38	7	E	T	X
23	02/81	Notre ancêtre, le "Professorus Mathematicus" vu et jugé par l'élève Stendhal	STENDHAL	2	6	HE	T	X
		GEOMETRIE DESCRIPTIVE						
56	09/89	Monge et l'enseignement des mathématiques	SILVESTRE	29	8	HM	L	MONGE
40	09/85	Cinq faces, pas sept	FRIEDELMEYER	9	2	PB	L	POLYEDRE
37	12/84	Errare magisterum est ?	GLAESER	15	1	PB	L	POLYEDRE
38	03/85	Cinq faces, pas sept	OUVERT	50	2	PB	L	POLYEDRE
		GEOMETRIE DIFFERENTIELLE						
38	03/85	Le vingt-quatrième problème de Hilbert	EMERY	1	24	FM	SUP	BOY
54	03/89	Soucoupes volantes et caustiques	AUDIN	1	10	FM	SUP	CATASTROPHE
20	01/80	La sphère chevelue	MARTINET	10	6	FM	SUP	POINCARE
		GEOMETRIE PROJECTIVE						
63	06/91	Points d'inflexion d'une cubique	MARTINET	33	2	FM	SUP	CUBIQUES
62	03/91	Géométrie algébrique élémentaire des courbes planes	MERINDOL	31	11	FM	SUP	CUBIQUES
		GEOMETRIE SPATIALE						
37	12/84	Sur le problème des treize boules	EHRHART	24	4	FM	SUP	BOULES
36	09/84	Comment ranger des balles de ping-pong ?	CHANEY	32	9	FM	L	CRISTALLOGRAPHIE
43	06/86	La géométrie se plie pour les élèves de 5e	BARTHELET	1	4	E	C	ESPACE
41	12/85	1,2,3,4...	LEFORT	10	12	FM	SUP	EULER
16	09/78	Les flexaèdres	LEFORT	2	4	FM	L	FLEXAEDRE
21	06/80	Le cube magique hongrois	LEFORT	2	12	FM	T	GROUPES
37	12/84	Projet de vidéo-clip sur l'hypercube	COORNAERT	16	7	FM	SUP	HYPERCUBE
48	09/87	Génération simple de polyèdres remarquables	EHRHART	35	4	FM	SUP	PLATON
46	03/87	Un polyèdre utile en métallurgie	EHRHART	28	4	E	L	POLYEDRE

29	12/82	La face cachée des polyèdres	CHANEY	23	12	FM	SUP	POLYEDRE
29	12/82	Polyèdres réguliers et semi-réguliers de l'espace	DIBLING	13	10	FM	T	POLYEDRE
42	03/86	Géométrie au parc de l'Orangerie	EHRHART	7	2	FM	L	POLYEDRE
51	06/88	Considérations sur une famille de polyèdres	ISS	1	14	FM	L	POLYEDRE
27	06/82	Un polyèdre bien démonté	KERN	1	3	E	L	POLYEDRE
25	02/82	Du nouveau en seconde: les polyèdres	LEFORT	46	11	E	L	POLYEDRE
39	06/85	Le paradoxe de Schwarz	LEFORT	17	5	FM	SUP	ARCHIMEDE
43	06/86	Décomposition de polyèdres et 3e problème de Hilbert	LEFORT	30	16	FM	SUP	POLYEDRE
33	12/83	Le tétrakaidécaèdre	RIEHL	26	5	FM	SUP	POLYEDRE
11	02/77	Titres	ROCLAND	8	1	E	L	RETOURNEMENT
		GEOMETRIE						
13	11/77	Coloriage	DROUILLON-SCHLADENHAUFE	25	5	E	C	4 COULEURS
25	02/82	Le théorème des 12 couleurs	LEFORT	57	4	FM	SUP	4 COULEURS
50	04/88	La catastrophe de Kempe	LEFORT	7	6	FM	SUP	4 COULEURS
57	12/89	Variations sur le théorème des 4 couleurs	LEFORT	30	5	FM	SUP	4 COULEURS
12	06/77	Coloriage d'une carte	X	37	3	FM	SUP	4 COULEURS
29	12/82	Mais ils ont plein d'idées !	JAMM	8	5	E	L	ANGLE INSCRIT
27	06/82	Les enlacements répétés d'Antoine	LEFORT	54	3	FM	SUP	ANTOINE
7	11/75	Mathématiciens arabes du moyen-âge	DOLD	30	6	HM	T	ARABES
3	04/71	La géometrie en 4e	BUISSON	12	17	FM	C	AXIOMATIQUE
24	05/81	Bergson: sa copie au concours général	BERGSON	1	4	HM	SUP	BERGSON
7	11/75	La géométrie d'incidence	OUVERT	39	1	FM	T	BIBLIOTHEQUE
41	12/85	Prétendues asymptotes et vraies équations	CHANEY	22	5	HM	L	CONIQUES
62	03/91	Les roulettes d'ellipses	EHRHART	43	3	FM	SUP	CONIQUES
41	12/85	Sable et mathématique (1)	ISS	1	9	FM	SUP	CONIQUES
42	03/86	Sable et mathématique (2)	ISS	1	6	FM	L	CONIQUES
54	03/89	Géométrie analytique sans coordonnées	MARTINET	18	9	FM	L	CONIQUES
44	09/86	Comment l'histoire de la géométrie analytique peut aider les professeurs dans leur enseignem	GLAESER	6	20	HM	L	COORDONNEES
6	05/75	Le cube	IREM	6	6	E	T	CUBE
26	02/82	Podaires et antipodaires	CHANEY	17	2	E	C	DIDACTIQUE
26	02/82	A l'intention des professeurs de curiosité	GLAESER	12	5	E	C	DIDACTIQUE
56	09/89	Des tas de sable aux graphes	ISS	1	15	E	L	DIDACTIQUE
26	02/82	Sur les cercles qui se "frôlent"	KUBLER	30	6	E	C	DIDACTIQUE
49	12/87	Principes de la symétrie perturbée	MENDES FRANCE	14	10	FM	SUP	DRAGON
57	12/89	Des points sur un graphique	LUBCZANSKI	11	8	E	L	ELLIPSE
42	03/86	Résolution par le pliage de l'équation du 3e degré et applications géométriques	JUSTION	9	11	FM	SUP	EQUATIONS
60	09/90	Quadratures sans intégrales ni calculs	FRIEDELMEYER	1	9	FM	SUP	EUCLIDE
31	06/83	Euler l'a dit !	CHANEY	4	11	FM	SUP	EULER

53	12/88	Sur un problème de Fermat	DAUTREVAUX	1	8	FM	L	FERMAT
47	06/87	Aspects mathématiques du pliage de papier	JUSTIN	1	14	FM	L	FLEXAGONES
25	02/82	Courbes remarquables: " le proximal de n points et leurs focales "	EHRHART	30	14	FM	SUP	FOCALES
18	05/79	Un livre : les objets fractals	LEFORT	33	6	FM	SUP	FRACTAL
57	12/89	Concours mathématique du Yorkshire	UNIVERSITE DE LEEDS	35	8	E	L	FRACTAL
62	03/91	A propos de géométrie au bac	VOGEL	1	8	E	L	HEURISTIQUE
26	02/82	Drapeau danois	DREYER	36	4	E	L	INSCRIPTIBLE
60	09/90	Ovales à deux points isocordes ?	EHRHART	32	2	FM	SUP	ISOCORDE
66	03/92	Du différentiel aux équations linéaires	BONNARD	14	8	FM	L	MECANIQUE
15	06/78	Sur un thème : les moyennes	DE COINTET	21	2	E	L	MOYENNE
30	03/83	La géométrie hyperbolique plane	LEFORT	44	3	FM	SUP	NON EUCLIDIENNE
35	06/84	Symétrie et décoration	COORNAERT	26	12	FM	L	PAVAGE
17	02/79	A propos de la couverture	LEFORT	45	2	FM	T	PAVAGE
50	04/88	Approchons PI avec une erreur de 1/40 000 000 000	PIRAT	40	6	FM	C	PI
43	06/86	Différentes constructions d'un pentagone régulier à la règle et au compas	BOMANS	14	6	E	L	POLYGONE
63	06/91	Maximalisations d'aires de polygones (1)	LENTZ	11	8	FM	SUP	POLYGONE
66	03/92	Maximalisations d'aires de polygones (2)	LENTZ	37	3	E	L	POLYGONE
42	03/86	Petite histoire du pentagone	PLUVINAGE	20	3	HM	L	POLYGONE
65	12/91	Minimalisation d'aires de polygones	REISZ	6	2	E	L	POLYGONE
42	03/86	Le pentagone de Dürer sous la loupe informatique	VOGEL	23	5	FM	L	POLYGONE
61	12/90	Quaternions, octonions et géométrie élémentaire (1)	GUINOT	23	19	FM	SUP	QUATERNIONS
62	03/91	Quaternions, octonions et géométrie élémentaire (2)	GUINOT	9	16	FM	SUP	QUATERNIONS
23	02/81	Courrier: le problème du couvercle	BAUTIER-PLUVINAGE	20	4	E	C	RECHERCHE
2	03/71	Trigonométrie en 1ère	BUISSON-SAMSON	4	20	FM	L	TRIGONOMETRIE
24	05/81	Thème et variation	PEROT-SIDLER	10	15	FM	SUP	SIMSON
53	12/88	Un miroir aux alouettes	LUBCZANSKI	13	5	FM	L	SPHERE
59	06/90	Les cartes marines: histoire d'un problème posé aux mathématiques	LUBCZANSKI	10	9	FM	SUP	SPHERE
54	03/89	Une expérience pédagogique	SCHANNE	39	2	E	L	SPHERE
17	02/79	Un curieux résultat	LEFORT	23	3	FM	T	SYMETRIE
52	09/88	La démonstration: calcul et/ou raisonnement	LUBCZANSKI	27	5	FM	L	SYMETRIE
29	12/82	La symétrie n'est plus ce qu'elle était	LEFORT	39	3	FM	T	SYMETRIE
63	06/91	Une bissectrice, une médiane et une hauteur concourantes	DANIEL	35	4	E	L	TRIANGLE
63	06/91	L'inégalité d'Erdos-Mordell (1)	FUHR	26	7	FM	L	TRIANGLE
64	09/91	L'inégalité d'Erdos-Mordell (2)	FUHR	17	9	FM	L	TRIANGLE
65	12/91	Une bissectrice, et une médiane et une hauteur concourantes	VIRICEL-KUNTZMANN	8	3	E	C	TRIANGLE
6	05/75	Jeu de lettres	IREM	12	2	E	C	X
39	06/85	Connaissez-vous cette brochure ?	IREM	44	4	E	T	X
22	10/80	A propos de la couverture	OUVERT	47	1	FM	T	X

		HISTOIRE						
35	06/84	Le double hexagone dans l'art islamique	CHANEY	41	3	HM	T	ARABE
44	09/86	L'algèbre arabe	DJEBBAR	26	4	HM	T	ARABE
53	12/88	Louis Arbogast sous la Révolution	FRIEDELMEYER	33	10	HM	T	ARBOGAST
11	02/77	Un livre de G.Guitel	LEFORT	9	6	E	T	BIBLIOTHEQUE
30	03/83	Rendez-nous nos onze jours	COURRIER	42	2	FM	T	CALENDRIER
34	03/84	O ghel an heu	LEFORT	8	8	HM	T	CALENDRIER
50	04/88	Relations sur Chasles	BOUASSE	19	4	HM	T	CHASLES
29	12/82	En souvenir d'un collègue disparu	GLAESER-CHANEY	1	7	HM	T	CLAVIUS
39	06/85	D'Alembert est un roman	CHANEY	1	16	HM	T	D'ALEMBERT
9	05/76	De la division au 18e siècle	PONCELET	21	6	HE	T	DIVISION
31	06/83	Léonhard Euler	OUVERT	1	3	HM	T	EULER
23	02/81	Pluridisciplinarité: mais que voulais-tu donc dire Platon ?	FULGONY-CHANEY	24	5	HM	T	PLATON
34	03/84	Il a gagné	X	30	4	HE	T	POEMES
63	06/91	Mathématiques d'hier à aujourd'hui	FLAMENT	19	7	E	T	SELECTION
32	09/83	En relisant Jules Verne	GLAESER	17	4	HM	T	VERNE
26	02/82	Ouvrage de dame	CHANEY	3	9	HE	T	X
33	12/83	Militaires, mathématiciens, même combat ?	CHANEY	19	7	HM	T	X
21	06/80	Les grandes lignes de l'évolution des mathématiques	DIEUDONNE	27	5	HM	T	X
40	09/85	Aux sources d'une histoire de la réalité scolaire	GLAESER	12	11	HE	T	X
8	02/76	Evolution de l'enseignement des maths en France de 1872 à 1972	ITARD	31	8	HE	T	X
40	09/85	Mathématique arabe au lycée	KAHN-SCHLADENHAUFEN	28	6	HM	L	X
35	06/84	Vulgarisation et rigueur	LEFORT	38	3	HM	T	X
38	03/85	Témoignage de mathématiciens	MARTINET-MEYER	29	4	HM	T	X
63	06/91	Brève histoire des mathématiques	OUVERT	8	3	HM	T	X
19	10/79	Genèse	COLLECTIF	2	5	HM	T	EUCLIDE
21	06/80	Flammakuecha	BONNET	24	3	FM	T	HUMOUR
51	06/88	Rêveries d'une nuit de sabbat mathématiques	GEBUHRER	37	2	HM	T	HUMOUR
50	04/88	L'humour en Mathématiques	LEFORT	23	15	HM	T	HUMOUR
55	06/89	Un reste positif	LINDON	21	1	E	T	POSITIF
		INFORMATIQUE						
43	06/86	Algorithmes en TA 2	DUPUIS-GUIN...	5	9	E	L	ALGORITHME
17	02/79	La preuve par ordinateur	CARTIER	3	5	FM	T	DEMONSTRATION
49	12/87	Informatique et enseignement: Hier, aujourd'hui et demain	PAIR	1	13	HE	SUP	ENSEIGNEMENT
48	09/87	Equations différentielles et nombres entiers	SEROUL	25	6	FM	SUP	EQUATION DIFFERENTIELL
52	09/88	La restitution graphique des images numériques	HATT	1	20	E	L	IMAGES NUMERIQUES
44	09/86	Logo en 6e	ADAM-KOLEZA-EGRET	1	5	E	C	LOGO
55	06/89	Analyse non-standard et calcul numérique sur ordinateur	URLACHER	12	9	FM	SUP	NON STANDARD

59	06/90	Comment compiler ou interpréter une expression mathématique (1)	SEROUL	27	21	FM	SUP	PASCAL
60	09/90	Comment compiler ou interpréter une expression mathématique (2)	SEROUL	10	8	FM	SUP	PASCAL
32	09/83	Platoniciens et Archimèdres	VOGEL	8	9	FM	L	POLYEDRE
43	06/86	Un logiciel de calcul symbolique: Mu-Math	MEYER	21	9	FM	L	TRACEUR
45	12/86	Les joies de TEX	LE GUYADER	1	5	FM	SUP	TRAITEMENT DE TEXTE
47	06/87	T.E.X un an après	SEROUL	33	6	FM	SUP	TRAITEMENT DE TEXTE
65	12/91	Un retour aux origines du calculable	CARDON-CHARRAS-KROB	18	9	FM	SUP	TURING
13	11/77	Informatique et libertés	VITALIS	7	12	FM	T	X
33	12/83	Courbes épaisses	MEYER	12	5	FM	SUP	X
		MECANIQUE						
10	09/76	Le problème des 3 corps : un cas simple !	MARTINET	33	14	FM	SUP	3 CORPS
17	02/79	Géométrie et statique	MEYER	8	11	FM	L	DESARGUES
58	03/90	Réflexions autour d'une tasse de thé	TROESCH	6	9	FM	SUP	NON STANDARD
		PEDAGOGIE						
9	05/76	La numération en 6e	RUHLMANN	27	6	E	C	BASES
62	03/91	Calculs numériques et calculatrices en 3e	GROUPE DE LIAISON 3e-2e	25	6	E	C	CALCULATRICE
30	03/83	Ont-ils compris ?	GAGATSIS	17	9	E	T	CLOSURE
32	09/83	Le test de closure testé en classe	GAGATSIS-CHANEY	21	13	E	L	CLOSURE
4	11/71	Communication dans la classe	IREM	15	11	E	C	COMMUNICATION
4	11/71	La communication dans la classe	IREM	19	8	E	C	COMMUNICATION
11	02/77	Communication dans la classe	IREM	15	11	E	C	COMMUNICATION
52	09/88	Réflexions sur l'apprentissage de la démonstration en géométrie de 4e	EGRET-GUIN-KUNTZ-METIVIER...	32	9	E	C	DEMONSTRATION
54	03/89	Les lycéens face à l'enseignement des mathématiques	BARBANÇON-DUPUIS-DUVAL...	33	6	E	L	DIDACTIQUE
14	02/78	Analyse de la thèse de F.Pluvinage	DUVAL	32	10	E	T	DIDACTIQUE
66	03/92	Plaidoyer pour une didactique expérimentale des mathématiques	GLAESER	7	7	E	T	DIDACTIQUE
23	02/81	En observant des élèves qui cherchent	KUBLER	8	7	E	C	DIDACTIQUE
36	09/84	Cinq ans de pédagogie différenciée	COLLEGE DE MUNDOLSHEIM	12	13	E	C	DIFFERENCIEE
24	05/81	La face cachée de l'éducation nationale	BOMANS	25	9	E	C	ECHECS
14	02/78	Liaison CM2-6e	CRON	42	4	E	C	ECOLE
9	05/76	Travail individuel ou travail en équipe	BIGARD	18	3	E	T	EQUIPE
28	10/82	Que pensez-vous de vos secondes ?	HAJRI	20	6	E	L	EVALUATION
22	10/80	Mathématique et sélection	OUVERT	2	16	E	T	EVALUATION
12	06/77	Evaluation et docimologie	OUVERT-PLUVINAGE	16	4	E	T	EVALUATION
49	12/87	Une classe Villette	JAMM	24	8	E	L	EXPO
48	09/87	Des expositions de mathématiques	LACOMBE	19	5	E	C	EXPO
26	02/82	Expo-math	LEFORT	1	2	E	T	EXPO
28	10/82	Pourquoi une expo, et après ?	LEFORT	1	2	E	T	EXPO
28	10/82	Expo-math	OUVERT	3	13	E	T	EXPO

12	06/77	Les ex-classes de transition	BULBER	10	2	E	C	HETEROGENE
11	02/77	De l'importance d'un énoncé	DE COINTET	34	2	E	L	HEURISTIQUE
58	03/90	Sur l'invitation et l'initiation à la recherche	DUMONT	1	5	FM	T	HEURISTIQUE
58	03/90	Point d'ancrage en géométrie	MESQUITA-PADILLA	30	6	E	C	HEURISTIQUE
7	11/75	Essai de coordination math-physique en TC	COSSON-CHOPARD-LALLIER	25	5	E	L	INTERDISCIPLINARITE
58	03/90	Jeux et mathématiques	DE GUZMAN	15	6	E	T	JEU
7	11/75	Pour un enseignement de la mathématisation	LEFORT	1	5	FM	T	MATHEMATISATION
9	05/76	Comment aborder Piaget quand on enseigne la mathématique	OUVERT	3	5	FM	T	PIAGET
9	05/76	Vitesse et temps chez l'enfant	OUVERT	8	10	FM	T	PIAGET
55	06/89	Une semaine, une classe, un problème	JAMM	1	10	E	L	PREMIERS
48	09/87	L'enseignement à la maison centrale d'Ensisheim	BAUR-MAYOL	31	4	E	C	PRISON
19	10/79	Mathématiques dans le 1er cycle	AUGE	32	12	E	C	PROGRAMMES
50	04/88	Du Rallye aux U.S.A.	LEFORT-DOUE	48	4	E	L	RALLYE
61	12/90	Maths en jean	AUDIN	1	11	E	L	RECHERCHE
65	12/91	Je n'enseigne pas, je raconte	WALUSINSKI	1	5	E	T	SOCIETE
60	09/90	Du bon usage d'un traceur de courbes pour éclairer certains concepts mathématiques	KUNTZ	25	7	E	L	TRACEUR
12	06/77	Les mathématiques et l'entrée dans les classes du second cycle	ALBERICCI	12	4	E	L	X
14	02/78	Programme ! Dieu sinistre...	AUGE	28	4	E	T	X
12	06/77	Témoignage	BARDELANG	44	3	E	L	X
25	02/82	Il ne faut pas se fier aux apparences	BONNET	44	2	E	C	X
21	06/80	Nouvelles de Barr	COLLECTIF	32	2	E	C	X
40	09/85	Les mathématiques, école de la rigueur	COUTURE	1	8	E	T	X
16	09/78	Pour une mathématique imaginative et joyeuse	GLAESER	35	4	E	T	X
20	01/80	A propos de la conférence du Pr. Whitney	LEFORT	5	5	HE	T	X
14	02/78	Activités mathématiques en 6e (1)	MORITZ	47	7	E	C	X
15	06/78	Activités mathématiques en 6e (2)	MORITZ	28	9	E	C	X
60	09/90	Les maths nouvelles sont arrivées	OUVERT	18	7	E	T	X
14	02/78	Entretien avec l'IPR	OUVERT-SILVESTRE	5	15	E	T	X
12	06/77	Choisissez votre pédagogie avec autant de soin que votre moquette	PLUVINAGE	40	4	E	T	X
1	11/70	Compte-rendu d'une enquête en classe de 3e	ROCHE	1	5	E	C	X
19	10/79	Réunion des enseignants CM2-6e	SCHNEIDER	30	2	E	C	X
27	06/82	Ni rire, ni pleurer, mais comprendre	SCHWARTZ	33	8	E	T	X
28	10/82	De l'élitisme	SCHWARTZ	16	4	E	T	X
55	06/89	Témoignage	X	11	1	E	L	X
7	11/75	Mathématiques dans les C.E.S. expérimentaux	X	24	1	E	C	X
		PROBABILITES						
65	12/91	Pour une approche fréquentielle des probabilités	MAA	11	7	E	L	BUFFON
1	11/70	A propos du hasard	IGOT	6	5	E	L	HASARD

17	02/79	Un jeu de hasard ?	LEFORT	26	6	FM	L	HASARD
35	06/84	De la manière de simuler différents dés grâce à des dés ordinaires	MIGNOTTE	21	4	E	L	HASARD
13	11/77	Files d'attente aléatoires	LEFORT	19	6	FM	L	POISSON
19	10/79	Les sondages : une forme de mensonge ?	LEFORT	7	9	FM	T	SONDAGE
30	03/83	Préhistoire des probabilités	INSTITUT POLYTECHNIQUE DE	10	7	HM	T	X
63	06/91	Comment mémoriser les lois de probabilité discrètes usuelles sans trop se fatiguer	KOSMANEK	1	7	E	L	X
		PROBLEMES						
48	09/87	A vos stylos	OUVERT	44	1	PB	SUP	INDICATION
33	12/83	Reportage à l'Olympiade	GLAESER	1	4	PB	L	OLYMPIADES
34	03/84	Reportage à l'Olympiade	GLAESER	1	6	PB	L	OLYMPIADES
10	09/76	Le rallye mathématique : une réussite ?	OUVERT	24	6	E	T	RALLYE
16	09/78	Sujets du rallye mathématique d'Alsace	X	39	5	PB	L	RALLYE
23	02/81	Provoquer la curiosité	BOHLER	29	7	E	L	RECHERCHE
64	09/91	Mathématiques sans frontières	IREM-IPR	37	8	E	T	RECHERCHE
59	06/90	Mathématiques sans frontières	JOST	19	7	E	T	RECHERCHE
6	05/75	Divertissements mathématiques	OUVERT	20	2	PB	T	RECHERCHE
7	11/75	Divertissements mathématiques	OUVERT	36	3	PB	T	RECHERCHE
8	02/76	Divertissements mathématiques	OUVERT	28	3	PB	T	RECHERCHE
7	11/75	Rallye mathématique d'Alsace	X	6	6	PB	L	RECHERCHE
49	12/87	A vos stylos	OUVERT	40	2	PB	SUP	SOLUTION
50	04/88	A vos stylos	OUVERT	40	2	PB	SUP	SOLUTION
51	06/88	A vos stylos	OUVERT	39	2	PB	SUP	SOLUTION
52	09/88	A vos stylos	OUVERT	41	5	PB	SUP	SOLUTION
53	12/88	A vos stylos	OUVERT	43	3	PB	SUP	SOLUTION
54	03/89	A vos stylos	OUVERT	46	2	PB	SUP	SOLUTION
55	06/89	A vos stylos	OUVERT	42	2	PB	SUP	SOLUTION
56	09/89	A vos stylos	OUVERT	37	3	PB	SUP	SOLUTION
57	12/89	A vos stylos	OUVERT	43	3	PB	SUP	SOLUTION
58	03/90	A vos stylos	OUVERT	36	5	PB	SUP	SOLUTION
59	06/90	A vos stylos	OUVERT	48	2	PB	SUP	SOLUTION
60	09/90	A vos stylos	OUVERT	45	2	PB	SUP	SOLUTION
61	12/90	A vos stylos	OUVERT	43	4	PB	SUP	SOLUTION
62	03/91	A vos stylos	OUVERT	46	2	PB	SUP	SOLUTION
63	06/91	A vos stylos	OUVERT	46	2	PB	SUP	SOLUTION
64	09/91	A vos stylos	OUVERT	45	2	PB	SUP	SOLUTION
65	12/91	A vos stylos	OUVERT	45	2	PB	SUP	SOLUTION
66	03/92	A vos stylos	OUVERT	40	8	PB	SUP	SOLUTION
47	06/87	A vos stylos	OUVERT	39	1	PB	SUP	X

16	09/78	Problèmes politiques	X	32	3	E	C	X
		SCIENCES						
5	02/75	Application de la théorie des catastrophes à l'étude du comportement humain	ZEEMAN	2	9	FM	T	CATASTROPHE
23	02/81	L'explication de la règle du parallélogramme	GLAESER	15	5	FM	SUP	DARBOUX
8	02/76	Equations différentielles et écologie	GODBILLON-LEFORT	19	9	FM	SUP	DIFFERENTIELLE
14	02/78	Proies, prédateurs et mathématiques	LEFORT	20	8	FM	SUP	DIFFERENTIELLE
36	09/84	Leibnitz aurait-il pu découvrir la relativité ? (1)	COMTE	1	11	HM	SUP	GALILEE
37	12/84	Leibnitz aurait-il pu découvrir la relativité ? (2)	COMTE	1	14	HM	SUP	GALILEE
23	02/81	Moiré	HARTHONG	36	6	FM	SUP	MOIRE
31	06/83	Un palindrome musical	X	26	3	FM	T	PALINDROME
6	05/75	La vitesse en physique relativiste	IREM	14	6	FM	SUP	PHYSIQUE
5	02/75	Aspects mathématiques de la relativité	LEFORT	32	4	FM	SUP	PHYSIQUE
45	12/86	Voyages de Gulliver dans les contrées lointaines	SAL	28	3	E	L	PHYSIQUE
19	10/79	Philosophie et mathématiques	EPP-LEFORT	23	7	FM	T	SONDAGE
8	02/76	Mathématiques et société	LEFORT	12	7	FM	T	SONDAGE
27	06/82	Un exemple d'utilisation de la table traçante	HATT-VOGEL	41	13	FM	SUP	TABLE TRACANTE
29	12/82	Spécialisés ou non ?	COURRIER	35	4	FM	T	X
27	06/82	Un débat piégé	DUVAL	15	4	FM	T	X
4	11/71	A propos de l'esprit scientifique (1)	FIGUIER	27	5	FM	T	X
5	02/75	A propos de l'esprit scientifique (2)	FIGUIER	27	5	FM	T	X
38	03/85	De la signification mathématique d'hypothèses en physique, et réciproquement, voire au delà	GEBUHRER-COMTE	41	9	FM	SUP	X
27	06/82	Les femmes et les mathématiques	LUCHINS	4	8	FM	T	X
27	06/82	Réaction d'un neuro-chirurgien	SCHERPEREEL	12	3	FM	T	X
65	12/91	Mot et image : les mêmes lois statistiques	PEROT	36	10	FM	SUP	ZIPF
		STATISTIQUES						
42	03/86	Lutte des classes dans un nuage	LUBCZANSKI	31	12	FM	SUP	ANALYSE DES DONNÉES
41	12/85	Qu'est-ce qu'un petit gros ?	LUBCZANSKI	27	11	FM	SUP	X
		TOPOLOGIE						
66	03/92	Topologie des noeuds	TOURAEV	2	5	FM	SUP	NOEUD
51	06/88	Le paradoxe de Hausdorff-Banach-Tarski	DUBINS	15	4	FM	SUP	PARADOXE

N°	MOIS	COUVERTURES	AUTEUR	CLE
3	04/71	Nouveaux programmes en 4e	X	PROGRAMMES
4	11/71	Pavage périodique avec des oiseaux	ESCHER	PAVAGE
5	02/75	Projet de sol en mosaïque	NAUROVISKY-EMPAIN	X
6	05/75	Illusion d'optique	X	X
7	11/75	Deux représentations d'une partie du réseau ferré métropolitain de Londres	X	X
8	02/76	Image à l'infini d'un damier	X	X
9	05/76	Jean Piaget	X	X
10	09/76	Modèle de structure du virus de l'herpès	X	X
11	02/77	PI... avec 595 décimales	X	PI
12	06/77	Coloriage d'une carte sur un tore	X	TORE
13	11/77	Composition avec des ellipses et des polygones	LE GUYADER	X
14	02/78	Dessin utilisé pour la publicité KRISS	X	X
15	06/78	Deux cartes de l'Europe et de l'Afrique	X	X
16	09/78	Un flexaèdre	X	POLYEDRE
17	02/79	Pavage régulier non-périodique du plan	VODERBERG	PAVAGE
18	05/79	Une éponge de Serpienski	X	SIERPINSKI
19	10/79	Représentation graphique des solutions de $E(\|x\|)+E(\|y\|)+E(\|z\|)<=3$	X	X
20	01/80	Capella I	VASARELY	ELLIPSES
21	06/80	Le cours de la vie II	ESCHER	PAVAGE
22	10/80	Pavage régulier obligatoirement non-périodique du plan	X	PAVAGE
23	02/81	Moiré	X	MOIRE
24	05/81	Variation N°7	BILL	X
25	02/82	Une carte symétrique	KIM	4 COULEURS
26	02/82	Composition sur un carré gréco-latin d'ordre 10	X	GRECO-LATIN
27	06/82	Quelques aspects schématiques d'un bracelet d'Antoine	X	CANTOR
28	10/82	Le paraboloïde hyperbolique déformable	X	X
29	12/82	La symétrie n'est plus ce qu'elle était	VERBEEK	X
30	03/83	Limite circulaire IV	ESCHER	PAVAGE
31	06/83	Léonhard Euler	X	X
32	09/83	Dodécaèdre et icosaèdre	X	POLYEDRES
33	12/83	Nouveau et récent instrument géométrique...	X	X
34	03/84	Fragment d'une plaque de bronze portant le calendrier en usage dans l'ancienne Gaule	X	X
35	06/84	Façade de la tour d'un mausolée islamique	X	PAVAGE

36	09/84	Le "kissing number"	X	KISSING NUMB
37	12/84	Projection sur un plan de l'hypercube de R 4	X	X
38	03/85	La surface de Boy du 6e degré	X	X
39	06/85	Jean le Rond d'Alembert	X	X
40	09/85	La parabole est tangente à la droite à l'infini	X	PARABOLE
41	12/85	Une île mystérieuse	X	X
42	03/86	Inversion	DIXON	X
43	06/86	Anamorphose cylindrique	NICERON	X
44	09/86	Impressions de rentrée	METZGER	X
45	12/86	Représentation graphique des entiers premiers de Gauss de norme inférieure à 2^10	X	X
46	03/87	Un triacontaèdre rhombique	VOGEL	POLYEDRE
47	06/87	Ma femme et ma belle-mère	HILL	X
48	09/87	Cathédrale de Ste Marie des Fleurs	X	X
49	12/87	Courbe du dragon	X	X
50	04/88	Denis Poisson (d'Avril)	OUVERT	X
51	06/88	Rhomboèdre semi-régulier à 60 faces	X	POLYEDRES
52	09/88	Les ensembles de Mandelbrot et de Julia	X	MANDELBROT
53	12/88	Octuple entrelacs	X	X
54	03/89	Le blanc-seing	MAGRITTE	X
55	06/89	Rencontre entre la lune et le soleil	LEFORT	X
56	09/89	Section elliptique d'un cône de révolution	DURER	X
57	12/89	Rhinocerus	DURER	DURER
58	03/90	Posture comique pour représenter les chiffres	X	X
59	06/90	Evanouissement du buste de Voltaire	DALI	X
60	09/90	Africa counts	LEFORT	AFRIQUE
61	12/90	Le minotaure aveugle	OUVERT	X
62	03/91	Le phénikistiscope	PLATEAU	X
63	06/91	Perspective d'un tore	X	X
64	09/91	Portrait du maréchal Foch	TCHERUKINE	X
65	12/91	Une charnière courbe	CALATRAVA	X
66	03/92	Table d'addition de logarithmes	FRIOCOURT	X

MOTS CLES