

Maths Société Express



*Complément
d'enquête*

Comité international des jeux mathématiques



Sommaire

Introduction 1

Les mystérieux carnets de Ramanujan. 3

Archéologie de l'impression 3D,
une nouvelle littéraire et mathématique. 80

Ours 93

Édouard Thomas

Les mystérieux carnets de Ramanujan

Comité international des jeux mathématiques
Salon « culture et jeux mathématiques »

Samedi 28 mai 2016
Place Saint-Sulpice
75006 Paris



17^e Salon
Culture & Jeux
Mathématiques
2016

Srinivasa Ramanujan (1887–1920)

- Un mathématicien passionné
- Une destinée fulgurante
- Une intuition puissante et mystérieuse
- Des formules mathématiques inédites
- Un héritage inouï : les carnets
- 2016 : enfin un film grand public !

Sommaire

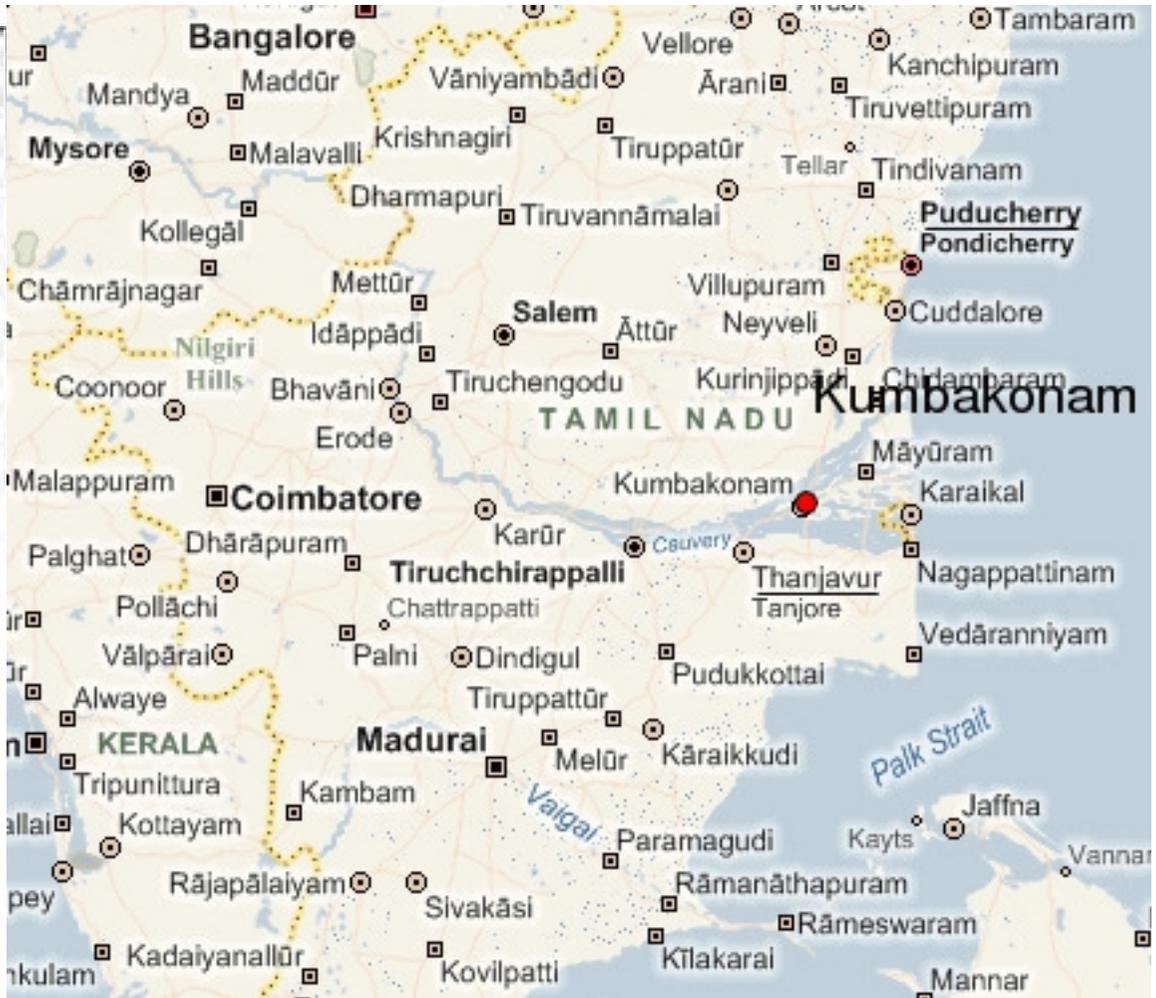
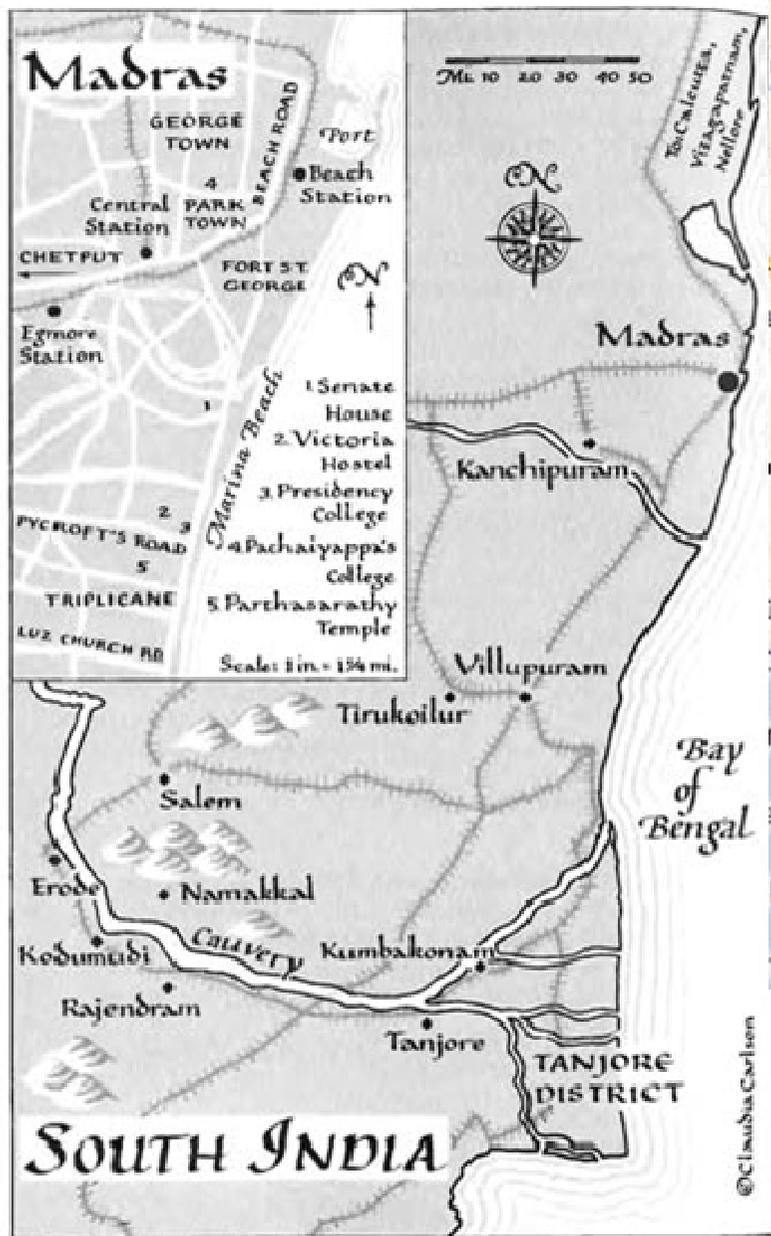
- L'Inde du Sud à la fin du XIX^e siècle
- Srinivasa Ramanujan (1887–1920)
- Cambridge, Hardy et la guerre
- Le voyage des carnets
- Un siècle d'édition
- Le « mystère » sur des exemples

L'Inde du Sud à la fin du XIX^e siècle

- Capitale : Madras (aujourd'hui Chennai)
- La colonisation britannique jusqu'en 1947
- Des traditions fortes (castes, religion, famille)
- La vie spirituelle encouragée (hindouisme...)
- Climat tropical
- Économie agricole et artisanale
- Train opérationnel depuis 1877

Kumbakonam

- État du Tamil Nadu, 300 km au sud de Chennai
- « Chef-lieu de canton », district de Thanjavur
- Ville réputée pour son tissu (saris en soie) et le travail fin des métaux (cuivre, argent...)
- 50 000 habitants en 1880, 60 000 en 1900
- Une ville de pèlerinage (plus de douze temples majeurs)
- Ville phare du brahmanisme (caste supérieure)
- Eau non potable (moustiques, éléphantiasis...)

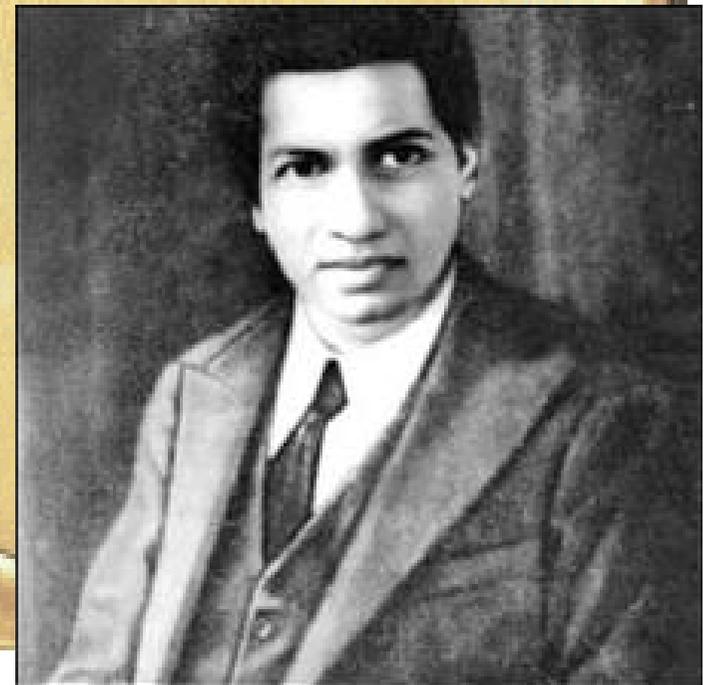


La Kâverî est un fleuve sacré

Ramanujan

- Né à Érode (Pallipalayam), 22 décembre 1887
- Vit avec sa famille à Kumbakonam
- Brahmane très observant (végétarien...)

SRINIVASA RAMANUJAN



Une enfance difficile

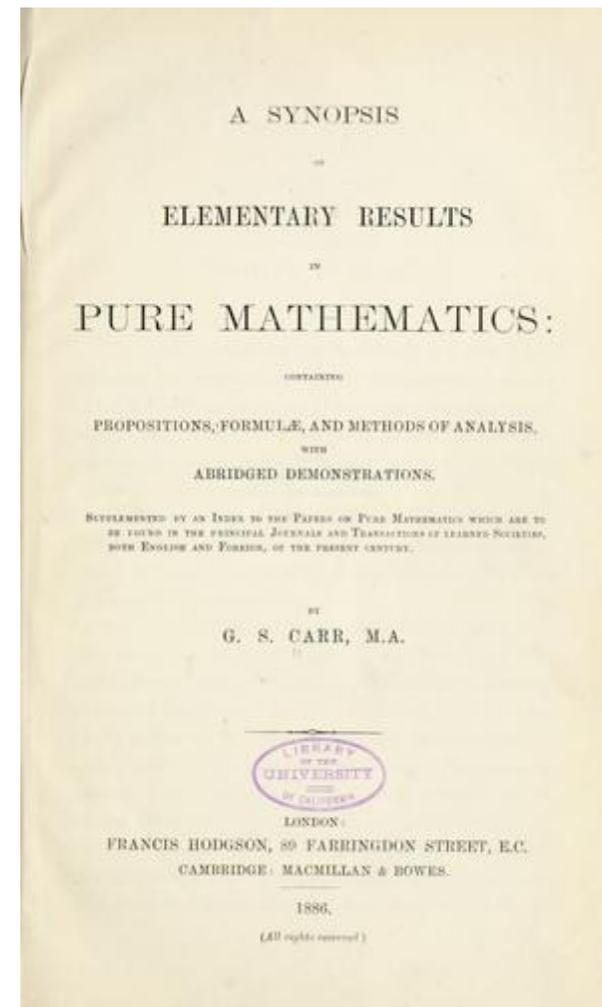
- Une famille non fortunée
- Variole et autres maladies, santé fragile
- Nombreux décès dans la famille



Scolarité

- « Primary examination » (arithmétique, tamoul, anglais, géographie) : 1^{er} du district, à 9 ans !
- À 14 ans : déjà célèbre dans l'académie pour ses capacités en mathématiques
- À 15 ans : découvre le livre de Carr
décide de se consacrer aux maths
abandon des autres matières

A synopsis of elementary results in pure mathematics, George Shoobridge Carr, 1880 (deux volumes)



Conséquences...

- Se consacre jour et nuit aux mathématiques
- Recense ses **découvertes** dans des carnets
- Échec à tous les examens à venir
- Perte de sa bourse d'étude
- Mariage arrangé avec Janaki (9 ans)
pour l'obliger à s'assumer, petits boulots
 - Tente de faire reconnaître
la valeur de son travail

Des contacts

- Ramanujan constitue un réseau
- Problème : est-ce un génie ou un illuminé ?
- Mécénat de Ramachandra Rao (Chennai)
- Aide de l'Indian Mathematical Society
- Aide de l'université
- Travaille **intensément**
- Doit demander conseil à des experts...

Les lettres

1912–1913

- Première lettre : Henry Frederick Baker
(48 ans, Fellow of the Royal Society)
Pas de réponse positive...
- Deuxième lettre : Ernest William Hobson
(56 ans, Fellow of the Royal Society)
Pas de réponse positive...
- Troisième lettre : **Godfrey Harold Hardy**

Godfrey Hardy (1877–1947)

- Né le 7 février 1877
- Incontestablement le plus grand scientifique britannique depuis Newton



En 1913...

- 35 ans, 3 livres à son crédit
- 100 articles publiés depuis quinze ans
- Fellow of the Royal Society depuis 1910
- A commencé à constituer une école
- Encourage les maths de son temps
- Bien installé à Cambridge et dans sa carrière
- Fin janvier 1913, il reçoit une lettre...

Quelques
formules
(notations
modernes)
contenues
dans la lettre
de Ramanujan
à Hardy,
datée du
16 janvier 1913

$$1 - \frac{3!}{(1!2!)^3}x^2 + \frac{6!}{(2!4!)^3}x^4 - \dots = \left(1 + \frac{x}{(1!)^3} + \frac{x^2}{(2!)^3} + \dots\right) \left(1 - \frac{x}{(1!)^3} + \frac{x^2}{(2!)^3} - \dots\right) \quad (1)$$

$$1 - 5\left(\frac{1}{2}\right)^3 + 9\left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^3 - 13\left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^3 + \dots = \frac{2}{\pi} \quad (2)$$

$$1 + 9\left(\frac{1}{4}\right)^4 + 17\left(\frac{1 \cdot 5}{4 \cdot 8}\right)^4 + 25\left(\frac{1 \cdot 5 \cdot 9}{4 \cdot 8 \cdot 12}\right)^4 + \dots = \frac{2^{\frac{3}{2}}}{x^{\frac{1}{2}} [\Gamma(\frac{3}{4})]^2} \quad (3)$$

$$1 - 5\left(\frac{1}{2}\right)^5 + 9\left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^5 - 13\left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^5 + \dots = \frac{2}{[\Gamma(\frac{3}{4})]^4} \quad (4)$$

$$\int_0^\infty \frac{1 + \left(\frac{x}{b+1}\right)^2}{1 + \left(\frac{x}{a}\right)^2} \cdot \frac{1 + \left(\frac{x}{b+2}\right)^2}{1 + \left(\frac{x}{a+1}\right)^2} \dots dx = \frac{1}{2} \pi^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\Gamma(a + \frac{1}{2}) \Gamma(b+1) \Gamma(b-a + \frac{1}{2})}{\Gamma(a) \Gamma(b + \frac{1}{2}) \Gamma(b-a+1)} \quad (5)$$

$$\int_0^\infty \frac{dx}{(1+x^2)(1+r^2x^2)(1+r^4x^2)\dots} = \frac{\pi}{2(1+r+r^3+r^5+r^7+\dots)} \quad (6)$$

$$\text{Si } \alpha\beta = \pi^2, \text{ alors } \alpha^{-\frac{1}{2}} \left(1 + 4\alpha \int_0^\infty \frac{x e^{-\alpha x^2}}{e^{2\pi x} - 1} dx\right) = \beta^{-\frac{1}{2}} \left(1 + 4\beta \int_0^\infty \frac{x e^{-\beta x^2}}{e^{2\pi x} - 1} dx\right) \quad (7)$$

$$\int_0^\infty e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} \pi^{\frac{1}{2}} - \frac{e^{-a^2}}{2a + \frac{1}{a + \frac{2}{2a + \frac{3}{a + \frac{4}{2a + \dots}}}}} \quad (8)$$

$$4 \int_0^\infty \frac{x e^{-x\sqrt{5}}}{\cosh x} dx = \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{2^2}{1 + \frac{2^2}{1 + \frac{3^2}{1 + \frac{3^2}{1 + \dots}}}}}}} \quad (9)$$

$$\text{Si } u = \frac{x}{1 + \frac{x^5}{1 + \frac{x^{10}}1 + \dots}} \text{ et } v = \frac{x^{\frac{1}{5}}}{1 + \frac{x}{1 + \frac{x^2}{1 + \dots}}}, \text{ alors } v^5 = u \frac{1 - 2u + 4u^2 - 3u^3 + u^4}{1 + 3u + 4u^2 + 2u^3 + u^4} \quad (10)$$

$$\frac{1}{1 + \frac{e^{-2\pi}}{1 + \frac{e^{-4\pi}}1 + \dots}} = \left[\sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{2}} - \frac{\sqrt{5} + 1}{2} \right] e^{\frac{2}{3}\pi} \quad (11)$$

$$\frac{1}{1 + \frac{e^{-2\pi\sqrt{5}}}{1 + \frac{e^{-4\pi\sqrt{5}}}{1 + \dots}}} = \left[\frac{\sqrt{5}}{1 + \sqrt{5^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}}} - \frac{\sqrt{5} + 1}{2} \right] e^{\frac{2}{3}\pi} \quad (12)$$

L'invitation

- Hardy invite Ramanujan à Cambridge
- Idée : le former aux maths **de son temps**
- Le 17 mars 1914, le prodige embarque
- Il cesse de consigner ses découvertes dans des carnets
- À peine Ramanujan arrivé (le 14 avril 1914), la Grande Guerre éclate (4 août 1914)

Ramanujan à Cambridge

- De nombreux problèmes :
Le climat, le régime alimentaire, les vêtements, l'ostracisme, la solitude, une autre culture
- Accentués par la guerre :
Le rationnement, l'explosion des prix, les pénuries, des mathématiciens mobilisés
- L'université de Cambridge :
Hôpital et camp d'entraînement, pas de lumière la nuit, coupures d'électricité

La maladie

- Un séjour qui se prolonge
- Tensions entre sa femme et sa mère
- Privations, travail intense, vie rude, guerre

La maladie (amibiase hépatique ?)

Terrible souffrance physique

Diagnostics erronés (tuberculose...)

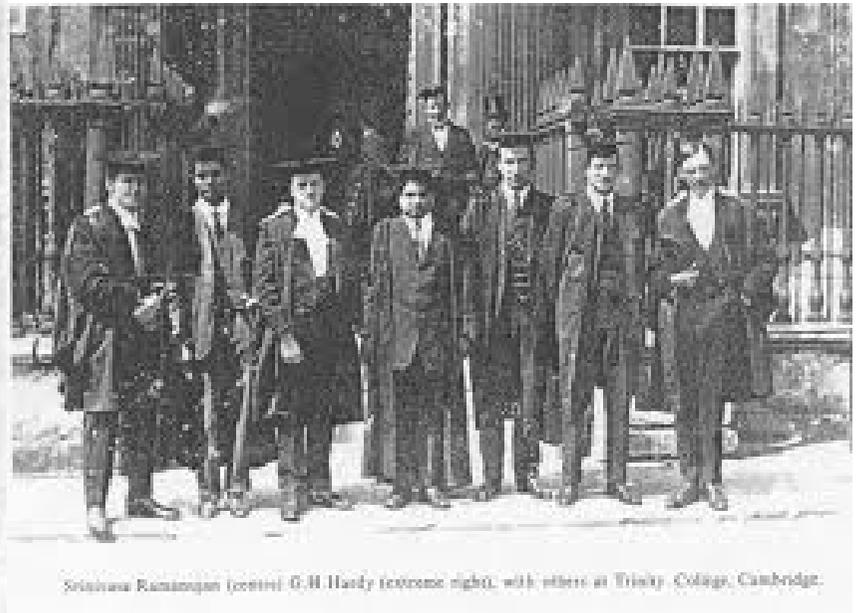
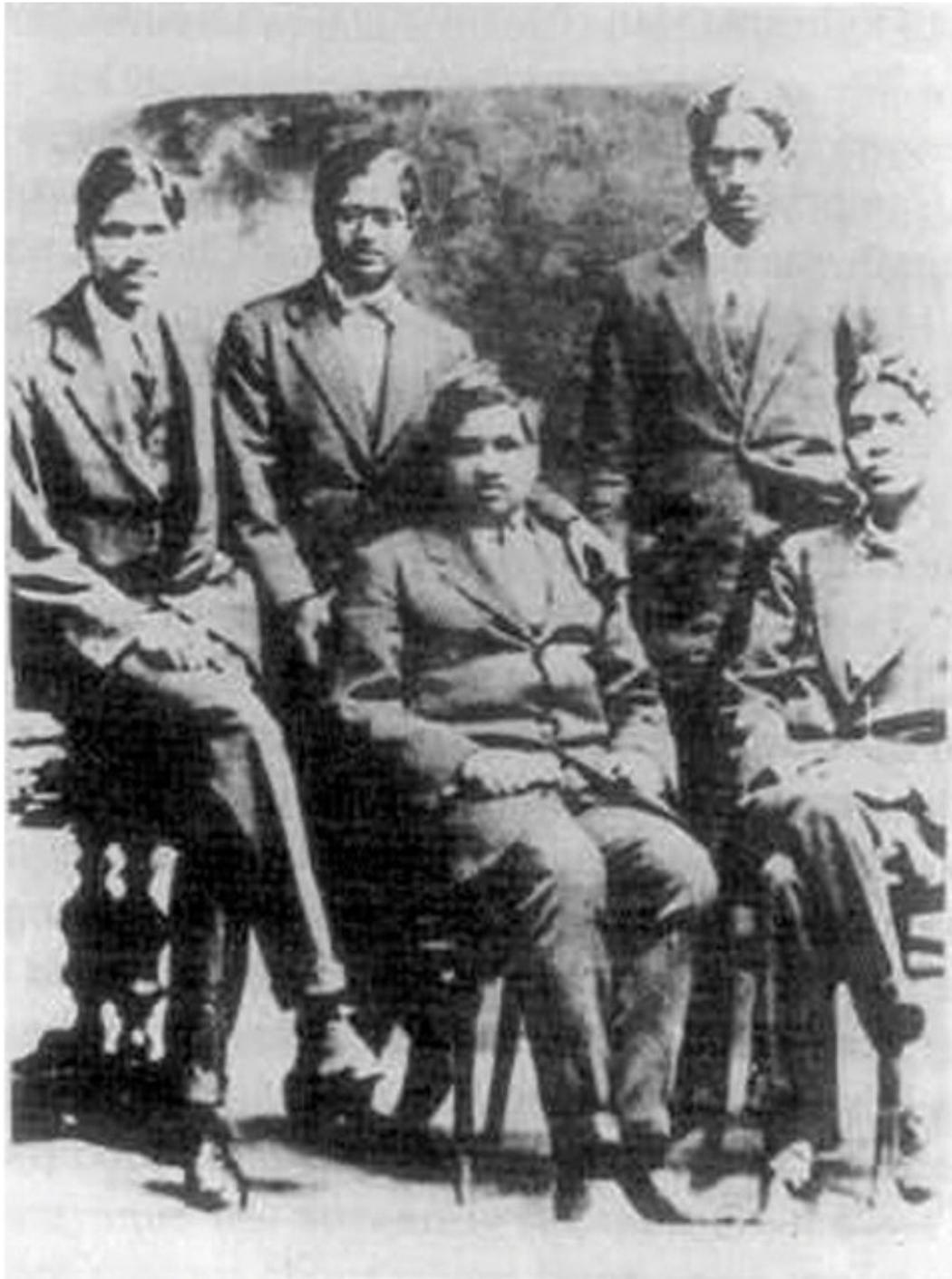
Tensions avec le corps médical

Aucun traitement ne semble efficace

Retour en Inde

- 1917–1918 : sanatoriums (Matlock, Fitzroy...)
- 1917 : Fellow of the London Mathematical Society
- 1918 : Fellow of the Royal Society (30 ans !)
Fellow of Trinity College, Cambridge
retrouve de l'énergie pour ses recherches
- 1919 : de retour en Inde, c'est un héros national
la maladie empire
- 1920 : ultimes contributions mathématiques
décès le 26 avril 1920 (32 ans)





Srinivasa Ramanujan (center), G.H. Hardy (extreme right), with others at Trinity College, Cambridge.

Les contributions mathématiques

De nombreux domaines abordés :

séries (hypergéométriques, de Dirichlet, de Lambert, d'Eisenstein, bilatérales, q -séries), **fonctions spéciales** (fonctions thêta, fausses fonctions thêta, fonctions thêta déguisées, fonctions elliptiques), **analyse combinatoire** (nombres de Bernoulli, transformations, identités remarquables, invariants de classe, équations modulaires, modules singuliers), **théorie des nombres** (fonctions arithmétiques, fractions continues, radicaux imbriqués, nombre de partitions, fonction tau), **analyse** (produits infinis, calcul intégral, développements asymptotiques, formules d'inversion, produit de Hadamard), trigonométrie, géométrie...

Points d'orgue

- Une théorie des séries divergentes
- Une théorie des fonctions elliptiques en bases alternatives
- La fraction continue de Rogers–Ramanujan
- De nouvelles formules pour approximer π
- Travaux et conjecture sur la fonction tau
- La théorie des partitions (partages d'entiers)

Publications

- Une vingtaine d'articles en Europe
- Une vingtaine de notes
- La correspondance avec Hardy
- 3 rapports trimestriels (université de Chennai)
formules d'interpolation, théorème maître de Ramanujan
- 58 problèmes soumis au *Journal of the Indian Mathematical Society*
- ... et **3 carnets**

Les carnets

- Compilés entre 1903 et 1914
- Assemblage grossier de feuilles de papier
- Uniquement des résultats aboutis
 - Absence de développements, d'explications, de définitions, de conventions, de notations...
 - Calculs réalisés sur ardoise
 - Coût du papier
 - « Carte de visite », non destinés à publication

MANUSCRIPT BOOK 1
OF
SHRIVASA BHARUKHAN

MANUSCRIPT BOOK 2
OF
SHRIVASA BHARUKHAN

$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6} + \frac{2}{6} = \frac{5}{6}$
 $\frac{1}{4} + \frac{1}{5} = \frac{5}{20} + \frac{4}{20} = \frac{9}{20}$
 $\frac{1}{6} + \frac{1}{8} = \frac{4}{24} + \frac{3}{24} = \frac{7}{24}$
 $\frac{1}{10} + \frac{1}{12} = \frac{6}{60} + \frac{5}{60} = \frac{11}{60}$
 $\frac{1}{15} + \frac{1}{20} = \frac{4}{60} + \frac{3}{60} = \frac{7}{60}$
 $\frac{1}{25} + \frac{1}{30} = \frac{6}{150} + \frac{5}{150} = \frac{11}{150}$
 $\frac{1}{35} + \frac{1}{40} = \frac{8}{280} + \frac{7}{280} = \frac{15}{280}$
 $\frac{1}{45} + \frac{1}{50} = \frac{10}{450} + \frac{9}{450} = \frac{19}{450}$
 $\frac{1}{55} + \frac{1}{60} = \frac{12}{660} + \frac{11}{660} = \frac{23}{660}$
 $\frac{1}{65} + \frac{1}{70} = \frac{14}{910} + \frac{13}{910} = \frac{27}{910}$
 $\frac{1}{75} + \frac{1}{80} = \frac{16}{1200} + \frac{15}{1200} = \frac{31}{1200}$
 $\frac{1}{85} + \frac{1}{90} = \frac{18}{1530} + \frac{17}{1530} = \frac{35}{1530}$
 $\frac{1}{95} + \frac{1}{100} = \frac{20}{1900} + \frac{19}{1900} = \frac{39}{1900}$
 $\frac{1}{105} + \frac{1}{110} = \frac{22}{2310} + \frac{21}{2310} = \frac{43}{2310}$
 $\frac{1}{115} + \frac{1}{120} = \frac{24}{2760} + \frac{23}{2760} = \frac{47}{2760}$
 $\frac{1}{125} + \frac{1}{130} = \frac{26}{3250} + \frac{25}{3250} = \frac{51}{3250}$
 $\frac{1}{135} + \frac{1}{140} = \frac{28}{3780} + \frac{27}{3780} = \frac{55}{3780}$
 $\frac{1}{145} + \frac{1}{150} = \frac{30}{4350} + \frac{29}{4350} = \frac{59}{4350}$
 $\frac{1}{155} + \frac{1}{160} = \frac{32}{4960} + \frac{31}{4960} = \frac{63}{4960}$
 $\frac{1}{165} + \frac{1}{170} = \frac{34}{5610} + \frac{33}{5610} = \frac{67}{5610}$
 $\frac{1}{175} + \frac{1}{180} = \frac{36}{6300} + \frac{35}{6300} = \frac{71}{6300}$
 $\frac{1}{185} + \frac{1}{190} = \frac{38}{6990} + \frac{37}{6990} = \frac{75}{6990}$
 $\frac{1}{195} + \frac{1}{200} = \frac{40}{7800} + \frac{39}{7800} = \frac{79}{7800}$
 $\frac{1}{205} + \frac{1}{210} = \frac{42}{8580} + \frac{41}{8580} = \frac{83}{8580}$
 $\frac{1}{215} + \frac{1}{220} = \frac{44}{9360} + \frac{43}{9360} = \frac{87}{9360}$
 $\frac{1}{225} + \frac{1}{230} = \frac{46}{10170} + \frac{45}{10170} = \frac{91}{10170}$
 $\frac{1}{235} + \frac{1}{240} = \frac{48}{11040} + \frac{47}{11040} = \frac{95}{11040}$
 $\frac{1}{245} + \frac{1}{250} = \frac{50}{11970} + \frac{49}{11970} = \frac{99}{11970}$
 $\frac{1}{255} + \frac{1}{260} = \frac{52}{12960} + \frac{51}{12960} = \frac{103}{12960}$
 $\frac{1}{265} + \frac{1}{270} = \frac{54}{14010} + \frac{53}{14010} = \frac{107}{14010}$
 $\frac{1}{275} + \frac{1}{280} = \frac{56}{15120} + \frac{55}{15120} = \frac{111}{15120}$
 $\frac{1}{285} + \frac{1}{290} = \frac{58}{16290} + \frac{57}{16290} = \frac{115}{16290}$
 $\frac{1}{295} + \frac{1}{300} = \frac{60}{17520} + \frac{59}{17520} = \frac{119}{17520}$
 $\frac{1}{305} + \frac{1}{310} = \frac{62}{18810} + \frac{61}{18810} = \frac{123}{18810}$
 $\frac{1}{315} + \frac{1}{320} = \frac{64}{20160} + \frac{63}{20160} = \frac{127}{20160}$
 $\frac{1}{325} + \frac{1}{330} = \frac{66}{21570} + \frac{65}{21570} = \frac{131}{21570}$
 $\frac{1}{335} + \frac{1}{340} = \frac{68}{23040} + \frac{67}{23040} = \frac{135}{23040}$
 $\frac{1}{345} + \frac{1}{350} = \frac{70}{24570} + \frac{69}{24570} = \frac{139}{24570}$
 $\frac{1}{355} + \frac{1}{360} = \frac{72}{26160} + \frac{71}{26160} = \frac{143}{26160}$
 $\frac{1}{365} + \frac{1}{370} = \frac{74}{27810} + \frac{73}{27810} = \frac{147}{27810}$
 $\frac{1}{375} + \frac{1}{380} = \frac{76}{29520} + \frac{75}{29520} = \frac{151}{29520}$
 $\frac{1}{385} + \frac{1}{390} = \frac{78}{31290} + \frac{77}{31290} = \frac{155}{31290}$
 $\frac{1}{395} + \frac{1}{400} = \frac{80}{33120} + \frac{79}{33120} = \frac{159}{33120}$
 $\frac{1}{405} + \frac{1}{410} = \frac{82}{35010} + \frac{81}{35010} = \frac{163}{35010}$
 $\frac{1}{415} + \frac{1}{420} = \frac{84}{36960} + \frac{83}{36960} = \frac{167}{36960}$
 $\frac{1}{425} + \frac{1}{430} = \frac{86}{39030} + \frac{85}{39030} = \frac{171}{39030}$
 $\frac{1}{435} + \frac{1}{440} = \frac{88}{41160} + \frac{87}{41160} = \frac{175}{41160}$
 $\frac{1}{445} + \frac{1}{450} = \frac{90}{43350} + \frac{89}{43350} = \frac{179}{43350}$
 $\frac{1}{455} + \frac{1}{460} = \frac{92}{45600} + \frac{91}{45600} = \frac{183}{45600}$
 $\frac{1}{465} + \frac{1}{470} = \frac{94}{47910} + \frac{93}{47910} = \frac{187}{47910}$
 $\frac{1}{475} + \frac{1}{480} = \frac{96}{50280} + \frac{95}{50280} = \frac{191}{50280}$
 $\frac{1}{485} + \frac{1}{490} = \frac{98}{52710} + \frac{97}{52710} = \frac{195}{52710}$
 $\frac{1}{495} + \frac{1}{500} = \frac{100}{55200} + \frac{99}{55200} = \frac{199}{55200}$
 $\frac{1}{505} + \frac{1}{510} = \frac{102}{57750} + \frac{101}{57750} = \frac{203}{57750}$
 $\frac{1}{515} + \frac{1}{520} = \frac{104}{60360} + \frac{103}{60360} = \frac{207}{60360}$
 $\frac{1}{525} + \frac{1}{530} = \frac{106}{63030} + \frac{105}{63030} = \frac{211}{63030}$
 $\frac{1}{535} + \frac{1}{540} = \frac{108}{65760} + \frac{107}{65760} = \frac{215}{65760}$
 $\frac{1}{545} + \frac{1}{550} = \frac{110}{68550} + \frac{109}{68550} = \frac{219}{68550}$
 $\frac{1}{555} + \frac{1}{560} = \frac{112}{71400} + \frac{111}{71400} = \frac{223}{71400}$
 $\frac{1}{565} + \frac{1}{570} = \frac{114}{74310} + \frac{113}{74310} = \frac{227}{74310}$
 $\frac{1}{575} + \frac{1}{580} = \frac{116}{77280} + \frac{115}{77280} = \frac{231}{77280}$
 $\frac{1}{585} + \frac{1}{590} = \frac{118}{80310} + \frac{117}{80310} = \frac{235}{80310}$
 $\frac{1}{595} + \frac{1}{600} = \frac{120}{83400} + \frac{119}{83400} = \frac{239}{83400}$
 $\frac{1}{605} + \frac{1}{610} = \frac{122}{86550} + \frac{121}{86550} = \frac{243}{86550}$
 $\frac{1}{615} + \frac{1}{620} = \frac{124}{89760} + \frac{123}{89760} = \frac{247}{89760}$
 $\frac{1}{625} + \frac{1}{630} = \frac{126}{93030} + \frac{125}{93030} = \frac{251}{93030}$
 $\frac{1}{635} + \frac{1}{640} = \frac{128}{96360} + \frac{127}{96360} = \frac{255}{96360}$
 $\frac{1}{645} + \frac{1}{650} = \frac{130}{99750} + \frac{129}{99750} = \frac{259}{99750}$
 $\frac{1}{655} + \frac{1}{660} = \frac{132}{103200} + \frac{131}{103200} = \frac{263}{103200}$
 $\frac{1}{665} + \frac{1}{670} = \frac{134}{106710} + \frac{133}{106710} = \frac{267}{106710}$
 $\frac{1}{675} + \frac{1}{680} = \frac{136}{110280} + \frac{135}{110280} = \frac{271}{110280}$
 $\frac{1}{685} + \frac{1}{690} = \frac{138}{113910} + \frac{137}{113910} = \frac{275}{113910}$
 $\frac{1}{695} + \frac{1}{700} = \frac{140}{117600} + \frac{139}{117600} = \frac{279}{117600}$
 $\frac{1}{705} + \frac{1}{710} = \frac{142}{121350} + \frac{141}{121350} = \frac{283}{121350}$
 $\frac{1}{715} + \frac{1}{720} = \frac{144}{125160} + \frac{143}{125160} = \frac{287}{125160}$
 $\frac{1}{725} + \frac{1}{730} = \frac{146}{129030} + \frac{145}{129030} = \frac{291}{129030}$
 $\frac{1}{735} + \frac{1}{740} = \frac{148}{132960} + \frac{147}{132960} = \frac{295}{132960}$
 $\frac{1}{745} + \frac{1}{750} = \frac{150}{136950} + \frac{149}{136950} = \frac{299}{136950}$
 $\frac{1}{755} + \frac{1}{760} = \frac{152}{141000} + \frac{151}{141000} = \frac{303}{141000}$
 $\frac{1}{765} + \frac{1}{770} = \frac{154}{145110} + \frac{153}{145110} = \frac{307}{145110}$
 $\frac{1}{775} + \frac{1}{780} = \frac{156}{149280} + \frac{155}{149280} = \frac{311}{149280}$
 $\frac{1}{785} + \frac{1}{790} = \frac{158}{153510} + \frac{157}{153510} = \frac{315}{153510}$
 $\frac{1}{795} + \frac{1}{800} = \frac{160}{157800} + \frac{159}{157800} = \frac{319}{157800}$
 $\frac{1}{805} + \frac{1}{810} = \frac{162}{162150} + \frac{161}{162150} = \frac{323}{162150}$
 $\frac{1}{815} + \frac{1}{820} = \frac{164}{166560} + \frac{163}{166560} = \frac{327}{166560}$
 $\frac{1}{825} + \frac{1}{830} = \frac{166}{171030} + \frac{165}{171030} = \frac{331}{171030}$
 $\frac{1}{835} + \frac{1}{840} = \frac{168}{175560} + \frac{167}{175560} = \frac{335}{175560}$
 $\frac{1}{845} + \frac{1}{850} = \frac{170}{180150} + \frac{169}{180150} = \frac{339}{180150}$
 $\frac{1}{855} + \frac{1}{860} = \frac{172}{184800} + \frac{171}{184800} = \frac{343}{184800}$
 $\frac{1}{865} + \frac{1}{870} = \frac{174}{189510} + \frac{173}{189510} = \frac{347}{189510}$
 $\frac{1}{875} + \frac{1}{880} = \frac{176}{194280} + \frac{175}{194280} = \frac{351}{194280}$
 $\frac{1}{885} + \frac{1}{890} = \frac{178}{199110} + \frac{177}{199110} = \frac{355}{199110}$
 $\frac{1}{895} + \frac{1}{900} = \frac{180}{204000} + \frac{179}{204000} = \frac{359}{204000}$
 $\frac{1}{905} + \frac{1}{910} = \frac{182}{208950} + \frac{181}{208950} = \frac{363}{208950}$
 $\frac{1}{915} + \frac{1}{920} = \frac{184}{213960} + \frac{183}{213960} = \frac{367}{213960}$
 $\frac{1}{925} + \frac{1}{930} = \frac{186}{219030} + \frac{185}{219030} = \frac{371}{219030}$
 $\frac{1}{935} + \frac{1}{940} = \frac{188}{224160} + \frac{187}{224160} = \frac{375}{224160}$
 $\frac{1}{945} + \frac{1}{950} = \frac{190}{229350} + \frac{189}{229350} = \frac{379}{229350}$
 $\frac{1}{955} + \frac{1}{960} = \frac{192}{234600} + \frac{191}{234600} = \frac{383}{234600}$
 $\frac{1}{965} + \frac{1}{970} = \frac{194}{240000} + \frac{193}{240000} = \frac{387}{240000}$
 $\frac{1}{975} + \frac{1}{980} = \frac{196}{245450} + \frac{195}{245450} = \frac{391}{245450}$
 $\frac{1}{985} + \frac{1}{990} = \frac{198}{250950} + \frac{197}{250950} = \frac{395}{250950}$
 $\frac{1}{995} + \frac{1}{1000} = \frac{200}{256500} + \frac{199}{256500} = \frac{399}{256500}$

Le voyage des carnets

- Ne quittent jamais Ramanujan en Inde
- Aujourd'hui à l'université de Chennai
- 1927 : édition des œuvres complètes *publiées* de Ramanujan, par Hardy
- 1957 : le Tata Institute of Fundamental Research à Bombay publie un Photostat des carnets (2 volumes, aucune édition)

Le premier carnet

- 351 pages, 16 chapitres
- Une recension des recherches menées par Ramanujan
- Un premier chapitre datant de l'enfance (!)
- Peu d'organisation
- Gestion confuse des pages

Le deuxième carnet

- 356 pages
- Une réorganisation du premier carnet en 21 chapitres
- Volonté de publier ces résultats
- Contient 100 pages de contenus mathématiques divers et non organisés

Le troisième carnet

- 33 pages
- Aucune structuration logique apparente
- Carnet plus tardif que les deux premiers

Remarques : Sur les trois carnets, moins d'une vingtaine de résultats sont accompagnés d'une quelconque indication
De nombreux résultats sont déjà connus

Un style lacunaire

- Des carnets personnels, pas destinés à être lus
- Ramanujan adopte un style proche de celui de Carr : des formules sans preuves
- Il sait (ou croit savoir) prouver ce qu'il écrit
- Au lecteur de se fabriquer ses démonstrations
- Ramanujan refuse de dévoiler ses techniques

Il faut les éditer !

- 1920 : Hardy plaide pour une édition des trois carnets de Ramanujan
- Pour les résultats déjà connus : produire une référence précise
- Pour les résultats corrects : en fournir une preuve, si possible dans l'esprit de l'auteur
- Pour les résultats faux : un résultat correct n'est sans doute pas loin, il faut le chercher...

L'édition

- 1920–1947 : Hardy produit une vingtaine d'articles inspirés des carnets
- 1927 : pas d'argent pour l'édition des carnets avec les œuvres complètes
- 1929–1940 : travail d'édition systématique entrepris par **Bertram Martin Wilson** et **George Neville Watson**

Watson et Wilson

- 1929–1931 : début du chantier
- 1931 : la tâche est estimée à cinq ans
- Le carnet 2 est privilégié (Wilson : chapitres 2 à 14, Watson : chapitres 15 à 21)
- 1935 : décès de Wilson (38 ans)
- Années 1930 : Watson produira des notes et plus de 30 articles, avant d'abandonner

La transition

- 1923 : manuscrits envoyés à Hardy
- 1934–1947 : documents transmis à Watson
- 1947 : mort de Hardy (70 ans)
- 1965 : mort de Watson (79 ans)

que faire des documents retrouvés ?

- 1965, 1968, 1969 : envois à Trinity College
- Les documents dorment à la bibliothèque...

1976

- George Andrews (né en 1938) : spécialiste des q -séries et des fonctions spéciales
- Connaît bien les travaux de Ramanujan
- 1976 : visite Trinity College pour consulter les notes de Watson

découvre des manuscrits inattendus



Le carnet perdu

- 138 pages manuscrites de Ramanujan
- 1 200 résultats (q -séries, fonctions thêta...)
- Travaux réalisés durant l'année 1920
- Ni un « carnet », ni « perdu »
- Absence de texte
- Difficile à lire
- 1987 : copie élargie rendue disponible

Un siècle d'édition

- Hardy : une vingtaine d'articles
- Watson, Wilson : 6 à 8 chapitres du carnet 2
- Facs-similés des carnets disponibles, réalisés en 1957
- Fac-similé du carnet perdu, réalisé en 1987
- Andrews : une trentaine d'articles
- Travaux académiques épars

Bruce Berndt

- Né en 1939
- Théoricien des nombres (analyse et séries)
- 1974 : en résidence à Princeton pour un an
lit deux articles de Grosswald
qui prouvent des formules de Ramanujan

Berndt sait les prouver !
peut-il en prouver d'autres ?



Chapitre 14

- Toutes les formules sont dans le carnet 2, chapitre 14
- Mai 1977 : prouver les 87 formules (1 an !)
- Depuis 1978 : éditer les trois carnets
- Démarche systématique, rigoureuse, tenace
- Aide de nombreux mathématiciens, d'étudiants, de Springer, de fondations...

21 ans plus tard...

- L'édition des trois carnets est achevée !!!
- **3 254 résultats** (comptabilité de Berndt)
- **Moins d'une dizaine sont faux**
- **Les deux tiers sont originaux**
- 5 livres (2 300 pages)
- Plus de 100 articles

5 livres

- 1985 : carnet 2 (ch. 1 à 9) + rapports
- 1989 : carnet 2 (chapters 10 à 15)
- 1991 : carnet 2 (16 à 21)
- 1994 : carnets 2 et 3 + carnet 1 (ch. 1 à 16)
- 1998 : carnets 1, 2 et 3
- Plus : édition de la correspondance

The Ramanujan Journal

essais, articles, ouvrages techniques

Quid du carnet perdu ?

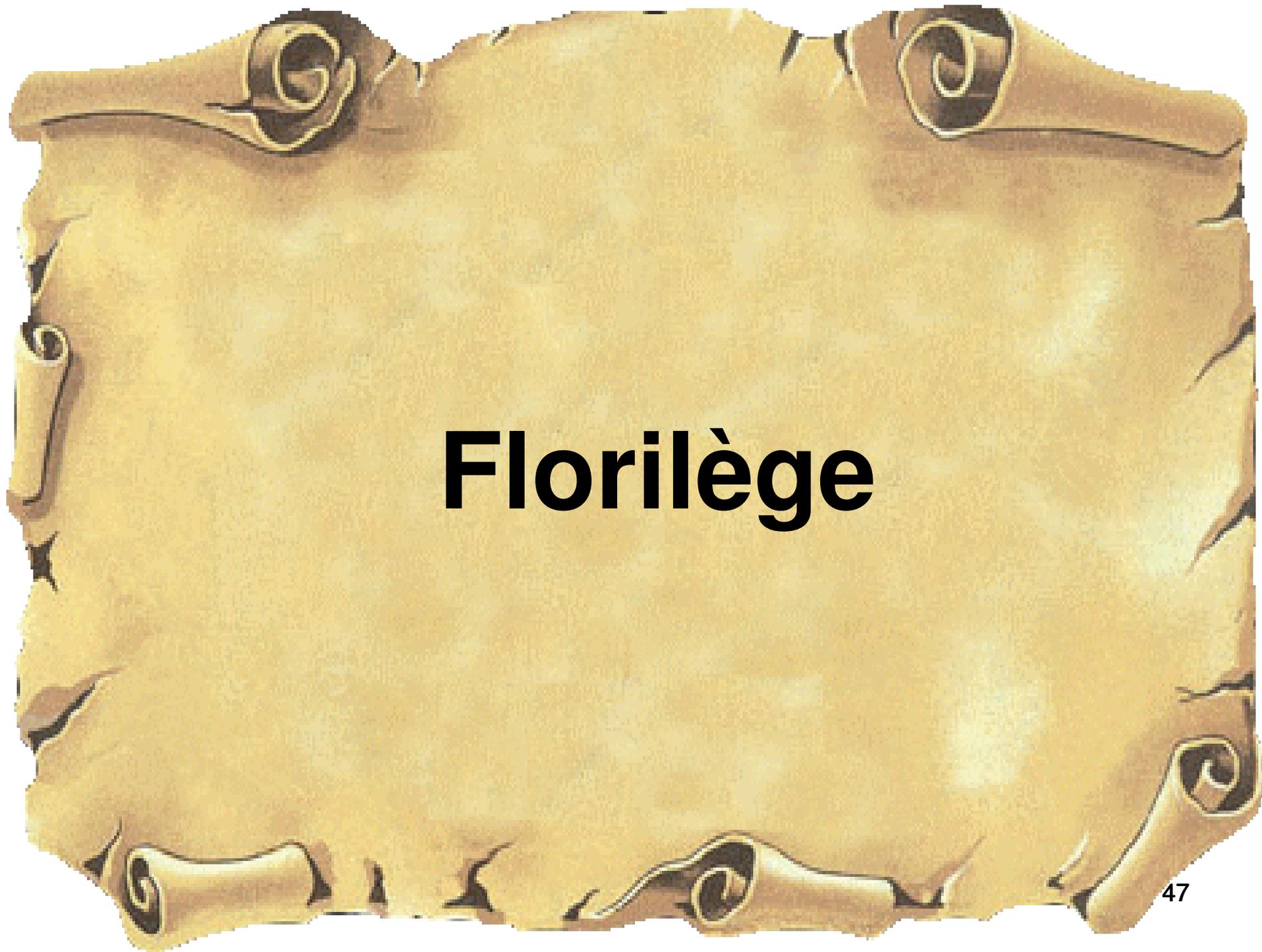
- Plusieurs dizaines d'articles de G. Andrews
- Édition systématique avec B. Berndt :
 - 2005, volume I, 440 pages
 - 2009, volume II, 420 pages
 - 2012, volume III, 446 pages
 - 2013, volume IV, 452 pages
 - Dernier volume attendu (en 2016 ?)

Citations 1

- *« Des formules telles que, s'il ne les avait pas écrites, personne ne les aurait trouvées, même dans cent ans, même dans deux cents ans » (Berndt)*
- *« Sans aucun doute, Ramanujan pensait comme tout autre mathématicien, il pensait simplement "with more insight" que la majorité d'entre nous » (Berndt)*

Citations 2

- « *Ramanujan savait parfaitement quand ses méthodes heuristiques le conduisaient à des résultats corrects, et quand ce n'était pas le cas* » (Berndt)
- « *Personne, dans l'histoire des mathématiques, ne possédait l'habileté de Ramanujan dans le domaine des fractions continues ou des radicaux imbriqués* » (Berndt)



Florilège

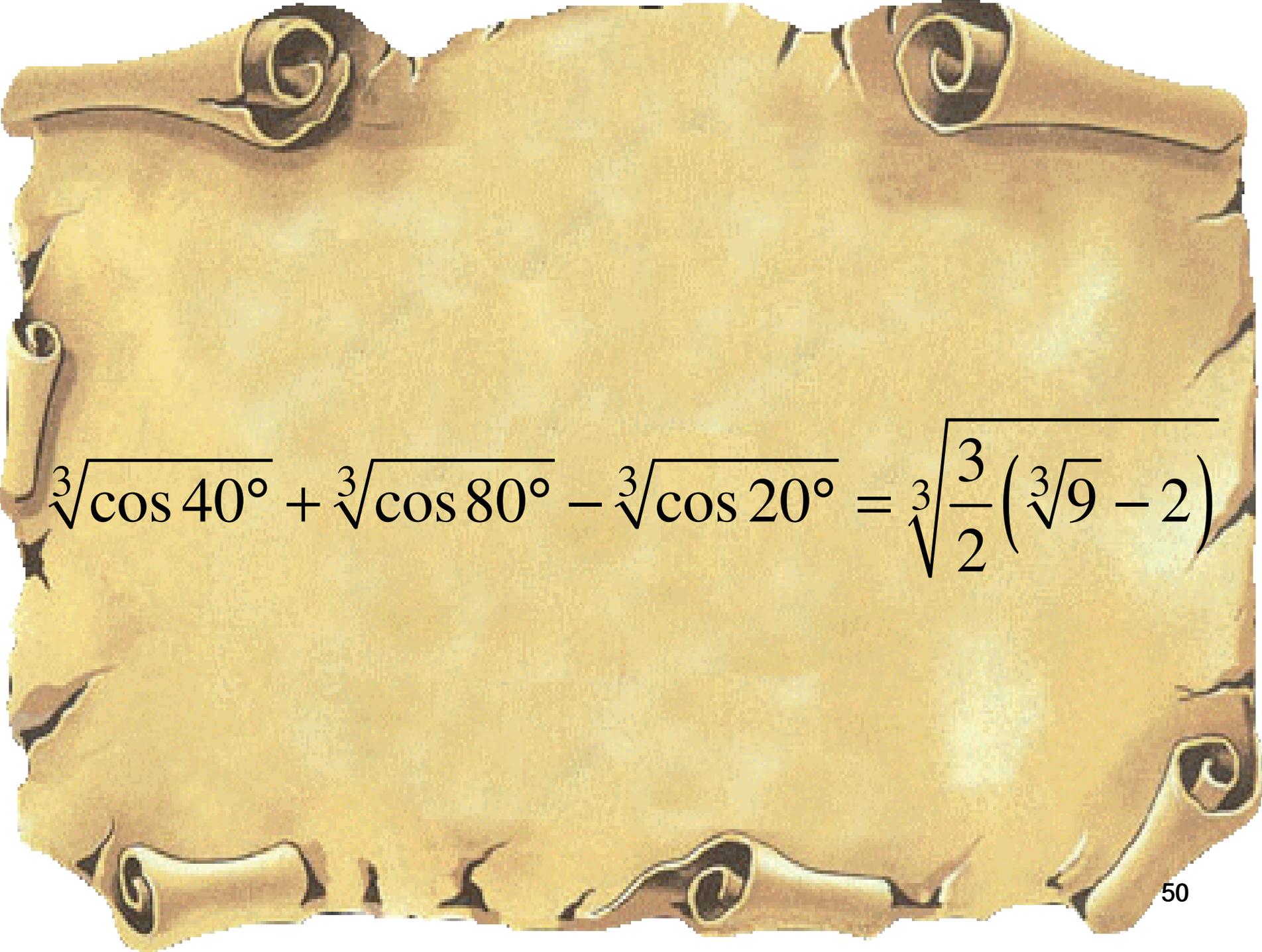
$$\frac{9}{5} + \sqrt{\frac{9}{5}} = 3,1416\dots$$

370

- (1) $\frac{9}{5} + \sqrt{\frac{9}{5}} = 3.14164\dots = \pi + .00005$ (11)
- (2) $\frac{4}{\pi} = 1 + \frac{7}{4} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \frac{13}{4^2} \cdot \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^3 + \frac{19}{4^3} \cdot \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^3 + \dots$
- (3) $\frac{16}{\pi} = 5 + \frac{47}{64} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \frac{89}{64^2} \cdot \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^3 + \frac{131}{64^3} \cdot \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^3 + \dots$ (Klein's)
- (4) $\frac{8(1+\sqrt{5})}{\pi} = (6+\sqrt{5}) + (66+19\sqrt{5}) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \frac{1}{64} \cdot \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^8 + \dots$ Sc. p. 1

$$2 \sin \frac{\pi}{18} = \sqrt{2 - \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 - \sqrt{\dots}}}}}$$

où la suite des signes $-$, $+$, $+$ a pour période 3


$$\sqrt[3]{\cos 40^\circ} + \sqrt[3]{\cos 80^\circ} - \sqrt[3]{\cos 20^\circ} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} (\sqrt[3]{9} - 2)}$$

Partitions

$$4 = 3 + 1 = 2 + 2 = 2 + 1 + 1 = 1 + 1 + 1 + 1$$

On écrit : $p(4) = 5$.

On calcule que $p(1) = 1$, $p(2) = 2$, $p(3) = 3...$

$p(7) = 15$, $p(100) = 190\,569\,292...$

Question :

quelles sont les propriétés
de la fonction p ?

Un exemple

- 50,04 % des $p(n)$ inférieurs à 10^6 sont pairs, et 49,96 % sont impairs...

La proportion des nombres pairs est-elle $1/2$?

- 33,1 % des $p(n)$ inférieurs à 3 200 sont multiples de 3. La proportion est-elle $1/3$?
- 34,6 % des $p(n)$ inférieurs à 2 000 sont multiples de 5...
- **Quelle est la distribution des valeurs $p(n)$?**
- Pas le moindre angle d'attaque...

Des réponses

- $p(5k + 4)$ est un multiple de 5
- $p(7k + 5)$ est un multiple de 7
- $p(11k + 6)$ est un multiple de 11

- $$p(n) \sim \frac{1}{4n\sqrt{3}} e^{\pi\sqrt{\frac{2n}{3}}}$$

- Vers une formule *exacte* (Rademacher, 1943)

$$\frac{\sum_{n \geq 0} e^{-7\pi n^2}}{\sum_{m \geq 0} e^{-\pi m^2}} = \sqrt[8]{28} \frac{\sqrt{13 + \sqrt{7}} + \sqrt{13 + 3\sqrt{7}}}{14}$$

Pour $0 < a < b + \frac{1}{2}$,

$$\int_0^{+\infty} \prod_{j \geq 1} \frac{1 + \left(\frac{x}{b+j}\right)^2}{1 + \left(\frac{x}{a+j-1}\right)^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{\Gamma\left(a + \frac{1}{2}\right) \Gamma(b+1) \Gamma\left(b - a + \frac{1}{2}\right)}{\Gamma(a) \Gamma\left(b + \frac{1}{2}\right) \Gamma(b - a + 1)}$$

$$\sum_{n \geq 0} \frac{q^{n^2}}{(1-q)(1-q^2)\dots(1-q^n)} = \prod_{j \geq 1} \frac{1}{(1-q^{5j-1})(1-q^{5j-4})}$$

Soit q un complexe tel que $|q| < 1$.

On définit les fonctions suivantes :

$$\Psi(q) = \sum_{n \geq 0} q^{\frac{n(n+1)}{2}}, \quad f(-q) = \sum_{n \geq 0} (-1)^n q^{\frac{n(3n-1)}{2}} \quad \text{et} \quad R(q) = \frac{q^{1/5}}{1 + \frac{q}{1 + \frac{q^2}{1 + \frac{q^3}{\ddots}}}}$$

On pose $\varepsilon = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$.

$$\mathbf{R}\left(e^{-2\pi}\right) = \left(\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}} - \frac{\sqrt{5}+1}{2} \right) e^{\frac{2\pi}{5}}$$

Une formule pour déterminer $\mathbf{R}\left(e^{-\pi\sqrt{n}}\right)$
pour tout rationnel positif n

Pour $n = 64$:

$$\mathbf{R}\left(e^{-8\pi}\right) = \sqrt{c^2 + 1 - c}, \quad \text{où} \quad 2c = 1 + \frac{a+b}{a-b}\sqrt{5},$$

$$\text{avec} \quad a = 3 + \sqrt{2} - \sqrt{5} \quad \text{et} \quad b = \sqrt[4]{20}$$

$$5^{3/5} \int_0^q \frac{f^2(-t) f^2(-t^5)}{\sqrt{t}} dt$$

$$= 2 \int_{\arccos\left(\left(\varepsilon R(q)\right)^{5/2}\right)}^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \varepsilon^{-5} 5^{-3/2} \sin^2 \varphi}}$$

$$= \sqrt{5} \int_0^{2 \arctan\left(5^{1/4} \sqrt{q} \frac{f^3(-q^5)}{f^3(-q)}\right)} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \varepsilon^{-5} 5^{-3/2} \sin^2 \varphi}}$$

$$= \int_0^{2 \arctan\left(5^{3/4} \sqrt{q} \frac{\Psi(q^5)}{\Psi(q)}\right)} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \varepsilon 5^{-1/2} \sin^2 \varphi}}$$

Page 209
du carnet perdu

$$q = e^{-\pi \frac{K'}{K}}, \quad q' = e^{-\pi \frac{K}{K'}}, \quad 0 < k < 1.$$

$$\left(\prod_{n \geq 0} \left(\frac{1 - (-1)^n q^{\frac{2n+1}{2}}}{1 + (-1)^n q^{\frac{2n+1}{2}}} \right)^{2n+1} \right)^{\log q} \left(\prod_{m \geq 1} \left(\frac{1 + (-1)^m i q'^m}{1 - (-1)^m i q'^m} \right)^m \right)^{2i\pi} = \exp \left(\frac{\pi^2}{4} - k \frac{\sum_{r \geq 0} \frac{((r+1)!)^3 k^{2r}}{r! \left(\frac{3}{2} \times \frac{5}{2} \times \dots \times \frac{2r+3}{2} \right)^2}}{\sum_{j \geq 0} \frac{\left(\frac{1}{2} \times \frac{3}{2} \times \dots \times \frac{2j+1}{2} \right)^2 k^{2j}}{j!(j+1)!}} \right)$$

Déchiffrage

- Formule presque illisible (copie médiocre)
- Seuls les trois premiers termes de chaque série sont écrits
- K et K' non définis
- Aucune telle formule dans la littérature
- Pas même dans les travaux de Ramanujan !

$$K = K(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi}}, \quad K' = K(k'), \quad k' = \sqrt{1-k^2}$$

Explication (?)

- Découle d'une connexion unique et presque miraculeuse entre séries hypergéométriques et fonctions elliptiques
- Cette connexion n'est pas comprise
- Accident, ou y en a-t-il d'autres ?
- Comment concevoir qu'une telle formule existe ?
- Comment en déterminer les éléments ?

Voici cette connexion :

$$\sum_{n \geq 0} \frac{1}{(2n+1)^2 \operatorname{ch} \left(\frac{2n+1}{2} \frac{\operatorname{K}(\sqrt{1-k^2})}{\operatorname{K}(k)} \right)} = \frac{k \sum_{r \geq 0} \frac{r+1}{\left(\frac{3}{2}\right)^2 \left(\frac{5}{2}\right)^2 \cdots \left(\frac{2r+3}{2}\right)^2} \left((r+1)!\right)^2 k^{2r}}{2 \sum_{m \geq 0} \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{3}{2}\right)^2 \cdots \left(\frac{2m+1}{2}\right)^2}{(m!)^2} \frac{k^{2m}}{m+1}}$$

Fonctions elliptiques

Séries hypergéométriques

On trouve cette formule dans le carnet 2...

En physique...

- $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + \dots = -1/12$

(Euler, Riemann, Ramanujan)

- Vingt-six dimensions en théorie des cordes

- Effet Casimir en électrodynamique quantique

- *String Theory* (volume 1). Joseph Polchinski, Cambridge University Press, 2005

... mécanique statistique...

- Les q -séries (les identités de Rogers–Ramanujan)
- Les modèles sur réseaux exactement solubles (le modèle hexagonal dur)
- Le modèle d'Andrews–Baxter–Forrester
- *The hard-hexagon model and the Rogers–Ramanujan type identities. George Andrews, Proceedings of the National Academy of Sciences 78, 1981*

... théorie conforme des champs...

- Algèbres de Lie (algèbres de Kac–Moody)
- Combinatoire (identités de Macdonald), représentations, partages d'entiers
- Identités de Rogers–Ramanujan et fonction tau de Ramanujan
- *Affine Lie algebras and combinatorial identities*. James Lepowsky, *Proceedings of the 1981 Rutgers Lie algebras conference*, Springer, 1982

... et supergravité

- Méthode du cercle
- Entropie et « aire » des trous noirs
- *On the positivity of black holes degeneracies in string theory.*
Kathrin Bringmann et Sameer Murty,
arXiv:1208.3476v2, 2012

Un génie

« Son talent était exceptionnellement hors du commun, et il est l'un des rares mathématiciens contemporains que je qualifierais de génie au sens populaire du terme » (Tao)

Mystères...

« Ses méthodes pour calculer les invariants de classe demeurent en grande partie dans une obscurité impénétrable ; c'est regrettable qu'il ne nous ait laissé aucun indice » (Berndt)

« Bien que des progrès considérables aient été réalisés, un rideau noir nous a empêchés de voir ce qui se passe sur la scène, à savoir quelles furent les idées de Ramanujan derrière ses découvertes » (Berndt, 2016)

Références

The Man Who Knew Infinity – A Life Of The Genius Ramanujan. Robert Kanigel, Washington Square Press, 1991

Les carnets indiens de Srinivasa Ramanujan. Bernard Randé, Cassini, 2002

Ramanujan. Letters And Commentary.

Bruce Berndt et Robert Rankin,
American Mathematical Society, 1995.

An Overview Of Ramanujan's Notebooks.

In: *Charlemagne And His Heritage:
1 200 Years Of Civilization And Science
In Europe*, volume 2 (*Mathematical Arts*),
édité par P.L. Butzer, H.T. Jongen et
W. Oberschelp, Brepolz, Turnhout, 1998

Ramanujan's Notebooks – Part I.

Bruce Berndt, Springer, 1985

Ramanujan's Notebooks – Part II.

Bruce Berndt, Springer, 1989

Ramanujan's Notebooks – Part III.

Bruce Berndt, Springer, 1991

Ramanujan's Notebooks – Part IV.

Bruce Berndt, Springer, 1994

Ramanujan's Notebooks – Part V.

Bruce Berndt, Springer, 1998

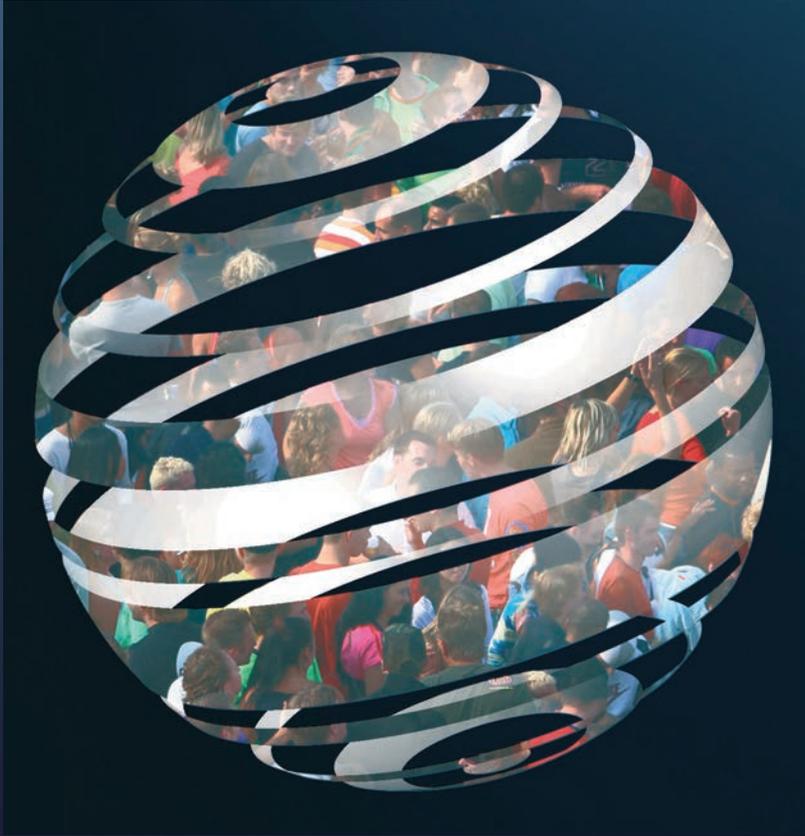
A scroll with a yellowish-brown, aged appearance, featuring several rolled-up sections at the top and bottom. The text is centered on the scroll.

Ramanujan's Lost Notebook – Part I.
George Andrews et Bruce Berndt,
Springer, 2005

Ramanujan's Lost Notebook – Part II.
George Andrews et Bruce Berndt,
Springer, 2009

Ramanujan's Lost Notebook – Part III.
George Andrews et Bruce Berndt,
Springer, 2012

Ramanujan's Lost Notebook – Part IV.
George Andrews et Bruce Berndt,
Springer, 2013



ARCHÉOLOGIE DE L'IMPRESSION 3D

Avertissement aux lecteurs présents et à venir.

Si, par un heureux concours de circonstances, la petite nouvelle de science-fiction que j'ai écrite l'an de grâce 2016, pour donner ma vision sur la Fabrication Additive, et autres sujets de rencontre entre la technologie et la société, parvenait jusqu'à un lecteur de 2165, nul doute que j'aurais donné à celui-ci l'occasion de sourire, voire de franchement rigoler, car le futur ne se décrit pas, il se construit, tant bien que mal. Néanmoins, je me réjouis par anticipation de l'hilarité ou de la perplexité que j'aurais eu la chance de provoquer. Ceux qui me lisent aujourd'hui ont probablement des réactions voisines, mais pour des raisons assez différentes, puisque les sujets ici abordés avec le masque de la fantaisie sont d'actualité dans le carnaval de notre époque. Je me suis permis de glisser quelques informations authentiques et sérieuses dans mon texte, avec toutefois le soucis d'écrire plaisamment, au sens littéraire et positif du mot.

Christian LAVIGNE, mai 2016.



En ce début du mois de juillet 2165, le jeune Maxime-Anastase TCHAKMIREFF, que ses amis appelaient tout bonnement "Max-tase", orthographiant d'ailleurs ce diminutif "Maxtaz" quand il s'agissait d'écrire un tant soit peu - dans certaines occasions où les logogrammes internationaux ne suffisaient pas -, le jeune Maxtaz, donc, roulait à très grande vitesse dans le train à lévitation magnétique (MLT) reliant Paris à l'Est de l'Europe et à la Russie. Cette ligne reprenait jusqu'à Strasbourg le tracé de l'antique TGV, dont les rails avaient été retirés à la fin du siècle précédent, lorsque plusieurs découvertes importantes dans les domaines de l'électricité et de la supraconduction avaient permis de généraliser la sustentation électromagnétique, tout en réduisant la quantité d'énergie nécessaire au déplacement de divers moyens de transports individuels ou collectifs. L'optimisation énergétique était devenue une priorité depuis que le réchauffement climatique avait dépassé les bornes – dans tous les sens du terme.

Par les vitres froides de son wagon climatisé, Maxtaz, l'esprit vagabond entre la rêverie et la science, observait un paysage qui lui était familier : de vastes plantations d'arbres fruitiers alternant avec des champs de lavande et des vignobles, dans un relief assez plat, qui se vallonnait franchement aux abords de l'Argonne. De temps à autre, il apercevait une machine robotisée de grande taille qui prenait soin des cultures, ou bien ramassait les fruits arrivés à maturité. Différents drones surveillaient le territoire, ou effectuaient le transport des récoltes vers les grandes villes de la région. Son grand-père lui avait expliqué qu'au temps jadis des hommes conduisant des "tracteurs" (c'était le mot employé – pour voir l'engin, il fallait se rendre au musée) sillonnaient les champs pour les labours, la fenaison, la moisson, et que lui-même avait participé aux dernières vendanges manuelles dans sa jeunesse, du côté de Reims. Ce n'était pas la vitesse du train qui donnait l'illusion d'un paysage désert : personne ne le traversait jamais à pied, sauf les randonneurs, les clandestins, et les chasseurs – dont le lobby résistait à tous les changements de climat. Pour le moment, la température extérieure, proche des 40°, rebutait les derniers marcheurs de la campagne.

En voyant les machines agricoles autonomes s'activer dans leur travail, le Docteur Maxtaz se mit à penser au temps héroïques de la modernisation de la ligne qui aujourd'hui le

conduisait au but de son voyage : la bibliothèque ancienne de Verdun, située depuis des lustres dans le vieux Palais Épiscopal, devenu Centre Mondial de la Paix à la fin du XXe siècle, qui s'était justement illustré par des conflits et massacres à vous dégoûter de l'humanité. Le Docteur Maxtaz et ses collègues jugeaient sévèrement cette époque, aussi responsable d'autres problèmes, que les hommes de la fin du XXIe siècle avaient encore bien du mal à résoudre – tel celui du "cadeau" des déchets nucléaires. Maxtaz était un chercheur, fraîchement diplômé, d'une discipline où les femmes étaient largement majoritaires (ce qui avait agrémenté ses études, mais il restait prudemment discret sur ce point, étant donné le nombre des lois qui régissaient les rapports entre individus) : la discipline en question était l'*archéo-recording*, qui demandait des qualités d'historien, d'ingénieur, et d'archéologue des supports anciens – analogiques ou numériques. Malgré une situation désastreuse en termes d'archives, surtout depuis le début de l'ère informatique, ce métier n'attirait pas assez d'étudiants, non seulement parce qu'il n'était pas payé à sa juste valeur, parce qu'il exigeait de vastes connaissances, mais encore parce qu'il demandait une bonne maîtrise des langues mortes, comme le Français et l'Anglais dits "classiques", que l'on parlait et comprenait encore vaguement jusqu'au milieu du XXIe siècle. Maxtaz aimait visiblement la difficulté : il s'était tourné vers les documents scientifiques et techniques.

Contrairement à la masse des voyageurs ferroviaires, qui se fichaient complètement de l'Histoire, et aussi du paysage traversé, qui avaient la tête dodelinante, plongée dans des images et des sons interactifs, distribués par l'INI (*International Numospher Inc.*) via un système d'excitation neuronal direct – qui pouvait soit être inséré dans les oreilles, soit porté comme des lunettes personnalisées (reçues en moins de 24H après la commande, laquelle donnait à l'INI l'autorisation d'accès au fichier mondial des *morphoscanners* humains) – , notre chercheur, lui, savait qu'une brillante équipe avait imaginé, voilà 70 ans, un gros 3DP (imprimante 3D) pouvant rouler sur les anciens rails avec tout un ensemble de robots, une plate-forme technique mobile donc, qui, après des simulations concluantes, avait démarré depuis la gare de l'Est, avec, au fur et à mesure de son avance, la mission d'arracher les rails d'acier et d'absorber les divers matériaux de la vieille ligne pour les recycler habilement, puis, après avoir ajouté de nouveaux éléments, la fonction de poser au centre de la voie bien nettoyée le monorail électromagnétique multicouches du nouveau système. On aurait dit une machine à extruder géante, qui s'alimentait du passé pour fabriquer l'avenir. De part et d'autre du rail, s'étendaient les habituels champs d'éplantes, qui fournissaient la ligne en *phytoélectricité* – complémentaire des éoliennes et des voiles solaires, discrètement intégrés au paysage selon un procédé de camouflage nanotechnologique.

Pour une fois, Maxtaz, ordinairement curieux de tout, n'était pas ravi de la mission qui lui avait été confiée. L'année prochaine, en 2166, une poignée d'associations locales et internationales, qui regroupaient à la fois des nonagénaires dynamiques et des *teenagers* passionnés de jeux en réseau, avaient prévu de célébrer le 250e anniversaire de la Bataille de Verdun, moment tragique d'une guerre d'un autre âge, bien lointaine dans les esprits, quasi oubliée – surtout qu'une multitude d'autres événements, géographiquement moins concentrés mais encore plus graves quant aux résultats, avaient eu lieu depuis un siècle. Mais le puissant LRH (*Lobby des Reconstitutions Historiques*) avait soutenu le projet, y voyant une source potentielle de profit pour ses membres tels que *Google Entertainment*, *MicroApple Quantic Inc.* la *New Walt Disney Company*, sans oublier l'incontournable *INI*, et puis *Materialize 4D* – entreprise moins connue, mais florissante, spécialisée dans la reproduction d'objets de toutes époques, imprimés à la demande. En vérité cette commémoration donnait le prétexte d'un événement multimondes, à la fois sur

le terrain, avec des participants habillés et accessorisés comme il se doit, et dans des espaces numériques immersifs qui permettraient de revivre sans danger "l'enfer des tranchées" – pour reprendre le vocabulaire du XXe siècle. Les gouvernants européens avaient labellisé ce projet...pour mieux y jeter un coup d'œil, car ils savaient bien qu'autrement il aurait eu lieu, de toutes manières, via des réseaux informatiques et humains parallèles et incontrôlés.

Une commission d'étude scientifique avait été nommée : Maxtaz en faisait parti, et voilà pourquoi il filait en ce moment vers la Meuse. On lui avait demandé de fouiller, avec ses collègues in situ, dans les réserves de la bibliothèque verdunoise, à la recherche d'éventuels documents inédits, d'archives non encore numérisées sur cette époque de la Première Guerre Mondiale. Il n'avait malheureusement aucun enthousiasme pour ladite période : seule la prime offerte par le LRH lui donnait quelque motivation, vu ses problèmes financiers de jeune travailleur intellectuel au bas de l'échelle UP (*Useful Producer*) imposée par les trusts. La diffusion d'une voix féminine, neutre mais caractéristique de la SETEM (*Société Européenne des Transports ÉlectroMagnétiques*), tira le chercheur de ses rêveries : le MLT allait se séparer en trois tronçons, l'un à destination de Verdun, l'autre de Bar-le-Duc, et le troisième continuant sa route vers Strasbourg, Munich, Vienne, et plus loin vers l'Est selon les convois. Les voyageurs qui déambulaient, ou consommaient au wagon-bar-restaurant, étaient invités, si besoin, à rejoindre leurs compartiments respectifs. Malgré une petite faim, Maxtaz n'avait pas jugé utile d'envoyer une commande au *cybercooker*, robot installé au milieu du wagon-restaurant : son palais et son estomac n'appréciaient guère les plats cuisinés en *Quick AdMaf* (Fabrication Additive Rapide) même si les ingrédients de base étaient déclarés *organic food* (aliments bio, maintenant pour l'essentiel produits en Afrique équatoriale, dont les pays copieusement arrosés de pluies avaient saisi cette opportunité depuis que le réchauffement climatique désertifiait beaucoup de zones agricoles). Révolutionnaire dans ses pensées, et parfois dans ses actes (sa hiérarchie se méfiait de ses initiatives), Maxtaz se tournait vers les anciennes traditions quant à la gastronomie et aux plaisirs des sens.

Le train s'arrêta en gare de Verdun. Maxtaz sauta prestement sur le quai, ses deux valises en mains. L'une contenait ses effets personnels, l'autre du matériel et des instruments scientifiques : il aimait se servir d'outils améliorés par ses soins, et non de l'équipement standard de l'archéo-archiviste. Quand ses talents de bricoleur ne suffisaient pas, il faisait appel aux nombreux services d'*Intelligent Mass Customization* disponibles sur Internet, pour faire fabriquer et recevoir les pièces dont il avait besoin, non sans avoir préalablement dialogué avec une *Artificial Valuation Entity*, autrement dit un système expert, dédié en l'occurrence au sur-mesure industriel. Le terme d' "*Intelligence Artificielle*" avait été mis au rancard dès le XXIe siècle, lorsque les cybernéticiens avaient dû reconnaître la stupidité d'un tel vocabulaire ...car personne n'avait jamais réussi à donner une définition précise de l'intelligence *naturelle*.

La Directrice des Affaires Culturelles du Grand Verdun s'était personnellement déplacée pour accueillir son collègue parisien, avec sa voiture électrique semi-autonome tous-terrains (indispensable dans les campagnes, puisque seules les voies principales – connectées et informatisées – étaient entretenues et acceptaient les véhicules automatiques). Adhira MANGIN du KÉRALA, lointaine descendante d'une aristocratie autrefois installée dans le comptoir de Mahé, portait bien son prénom indien ("l'éclair") : elle avait le regard vif et pétillant, un corps souple et mince, des gestes rapides qui dénotaient l'énergie et l'autorité. Lors de conversations en *holochat*¹, Maxtaz avait vite saisi qu'Adhira souhaitait être vue comme une jeune femme de caractère, mais qu'en

1 Échanges visuels et scripturaires en 3 dimensions, par réseau de télécommunication.

réalité elle était surtout addict à toutes les nouveautés, à tous les gadgets de la robotique et de l'électronique, à toutes les modes auxquelles les classes aisées pouvaient se consacrer sans risque d'endettement – les autres étant prisonnières de crédits interminables, et relevant de ce que Maxtaz, avec ses libres amis, appelait le *servage financier* (comme il fallait avoir un minimum de culture pour comprendre le mot "servage", l'expression n'avait eu aucun succès dans les médias). Bref, notre archéo-archiviste avait le mauvais goût de distinguer entre l'agitation et la personnalité.

Adhira et Maxtaz échangèrent une cordiale poignée de main – qui avait aussi l'avantage de permettre une vérification discrète de l'identité de chacun, par analyse ADN immédiate, réalisée dans leur montre-bracelet reliée par onde cryptée à un capteur minuscule glissé dans une bague spéciale qu'ils devaient porter dans leur travail. Les progrès de la biologie et de la chirurgie avaient rendu les administrations fort prudentes, après certaines affaires d'usurpation d'identité pour des raisons d'escroquerie ou de terrorisme. D'ailleurs beaucoup d'entreprises, et même de citoyens – dont la paranoïa était assez rentable –, avaient adopté cette technologie – que les esprits chagrins dénonçaient comme une illusion sécuritaire de plus, le piratage du système n'étant pas impossible. En fait, il avait été déjà mis au point, secrètement, dans un laboratoire de bioprinting : des "gants de peau", littéralement, avaient été fabriqués avec les cellules d'un chercheur du labo, cultivées et structurées par un bioplotter. Le résultat donnait même les empreintes digitales du type en question. Il suffisait donc d'enfiler ces sortes de gants, invisibles car ultra-fins, et les analyseurs d'identité n'y voyaient que du feu.

Tout en s'installant dans la voiture de son hôtesse qui venait de pointer du doigt une destination sur la carte affichée sur le pare-brise (en fait un écran tactile transparent), Maxtaz examinait du coin de l'œil l'habillement soigné d'Adhira. Mis à part une broche ancienne, qui était probablement un héritage familial, elle semblait ne porter que des créations originales, faites pour elle, sur-mesure, et fortement inspirées d'un créateur en vogue il y a deux siècles, qui venait de faire l'objet d'une exposition retentissante à Londres, et dont les modèles, évidemment tombés à la fois dans le domaine public et dans l'oubli depuis des lustres, avaient été revisités par les stylistes du moment, toujours avides de pseudo-nouveautés. Comme Maxtaz cherchait le patronyme de ce créateur en fixant un peu trop Adhira, celle-ci s'aperçut de l'attention qui lui était portée. Au moment où le chercheur retrouvait le nom d'André COURRÈGES, la jeune femme lui dit :

– Ma tenue vous intéresse ? Figurez-vous que j'ai trouvé sur l'*hyperbiz*² une boîte qui fabrique des vêtements et des accessoires de mode à l'ancienne manière. Vous choisissez ce qui vous plaît dans leur catalogue, vous modifiez ça comme vous voulez en vous regardant dans l'*holomiroir*³, et quand vous êtes décidée vous leur envoyez votre *bodyscan*⁴ et la commande.

– Effectivement ce style vous va bien, répondit Maxtaz, toujours complimenteur avec les femmes. Mais il restait perplexé :

– Quand vous dites "à l'ancienne manière", vous parlez des courants de mode des siècles passés, que l'on retrouve ces derniers temps ?

– Pas du tout! , se mit à rire Adhira, Je parle de leur technologie ! Ils ont restauré ou refabriqués – je ne sais pas – des machines de nos arrière-arrières grand parents. Vous voyez, genre machine à coudre, à tricoter, à tisser, et même ces premières imprimantes 3D du XXI^e siècle, qui sont limitées mais tellement amusantes ! Regardez mes bijoux : l'imitation des plastiques de l'époque n'est-elle pas adorable?

2 Sous-réseau Internet dédié au commerce en ligne.

3 Miroir électronique interactif, visualisant votre image en relief (hologramme) à l'identique ou modifié.

4 Scanner 3D complet d'une personne. Cas particulier des morphoscanners.

Maxtaz devait convenir que Miss MANGIN du KÉRALA, avec son teint bronzé, était fort jolie dans sa combinaison moulante, blanche, brillante, avec ses curieuses chaussures à moitié bottes à moitié escarpins, ouvertes et visiblement de la même matière, avec ses bracelets et ses boucles d'oreilles translucides et légèrement fluorescents ; mais il ne voyait pas du tout ce que le plastique des XXe et XXIe siècles pouvait avoir d'adorable. C'était oublier un peu vite la monstrueuse pollution que la chimie du pétrole avait causée, avant d'être interdite voilà une cinquantaine d'années – comme par hasard au moment où ledit pétrole venait à manquer sérieusement. L'archéo-archiviste se mit à sourire en pensant à l'ironie d'une histoire qui se répétait, sans que personne ou presque s'en rende compte : lors de son invention, le plastique s'était ingénié à imiter le bois, l'ivoire ou le verre. Trois siècles plus tard, une entreprise voulait imiter le plastique de "l'ancien temps" ! Chaque époque a ses nostalgies et ses antiquités. Pour les machines anciennes, qui visiblement excitaient Adhira dans sa recherche d'originalité, Maxtaz était dans son élément : une partie de sa thèse abordait le sujet. Il demanda :

– Comment s'appelle la boîte qui vous habille ?

– *Wired Loomers*...vous connaissez ?, répondit Adhira.

– J'ai entendu parler d'eux...Il me semble que c'est un petit collectif international d'anciens étudiants d'art, de design, de robotique et d'histoire, qui ont monté leur entreprise avec l'aide d'un milliardaire néo-zélandais qui a fait sa fortune dans les énergies propres, ...et qui soutient aussi des commandos écologiques...

– Mais oui, c'est bien ça !, s'écria la jeune femme,...vous êtes donc aussi client ?

Maxtaz se retint de dire que ces fantaisies de luxe étaient bien trop chères pour lui. Il se contenta de préciser :

– Comme vous le voyez, je m'habille un peu moins rétro, avec des formes simples, et des tissus naturels, imprimés selon des couleurs et des motifs de mon choix, par un atelier d'artisanat numérique à côté de chez moi.

– Alors, vous allez vous entendre avec notre bibliothécaire, Yasséguéré BAO, fit Adhira. Elle est même à l'origine d'un atelier de ce genre, dans son village, près de Verdun. Elle a voulu revivifier une tradition datant du siècle dernier...C'est curieux, quand on y pense, des entreprises comme ça, qui fabriquent selon les désirs particuliers du public, on n'en trouve pas beaucoup...Évidemment je ne parle pas des sous-traitants des grosses industries, mais des boîtes tournées vers le consommateur...

– Le consommateur! s'écria Maxtaz, vous avez dit le mot qui explique tout!

– Comment donc ?

– Oh c'est malheureusement bien simple, poursuivit Maxtaz. Je tiens l'explication d'un vieux livre du début du XXIe siècle, que j'ai la chance d'avoir chez moi, écrit par deux pionniers de la *computer sculpture* : Mary VISSER, une américaine, et Christian LAVIGNE, un français. C'était un ami d'un de mes ancêtres, l'écrivain Sami TCHAK. Le bouquin s'appelle "*La CYBERSCULPTURE - Mythologie et Histoire de la sculpture et de ses machines*". Il est bilingue, et le traducteur est un autre écrivain, Charles LEWIS. LAVIGNE s'est occupé de la partie historique. Mais j'y pense, il avait une maison de famille dans le coin...

– Effectivement, c'est un nom connu ici. Mais poursuivez votre explication, Maxtaz.

– Dans ce livre, il est brièvement question de la mode des imprimantes 3D personnelles qui a existé dans les années 2010. L'auteur avait d'autant mieux analysé ce mouvement, qu'il avait commencé à utiliser des robots pour fabriquer ses sculptures dès le milieu des années 1980...

– Et bien vous en avez une mémoire !

– C'est mon métier, Adhira, la mémoire, et figurez-vous que je la cultive aussi à titre personnel, alors que depuis des décennies tout le monde s'en remet aux infos numériques

et aux *robosseekers*⁵. Mais je reviens à notre sujet. À la fin du XXe siècle, il y a eu un premier débat sur la mass-customization. Les ingénieurs voulaient y croire parce que de nouvelles machines de production arrivaient, sur le principe de l'Additive Manufacturing : la Fabrication Additive, dans notre langue de l'époque.

– Ah oui ! Une invention française...il me semble que la ville de Nancy a une rue qui porte le nom des créateurs de la sté...de la sté...nographie ?

Maxtaz éclata de rire : – Mais non ! la sté-réo-litho-graphie, articula-t-il, mise au point par Jean-Claude ANDRÉ, Alain LE MÉHAUTÉ et Olivier de WITTE, en 1984, un mois avant l'américain Charles HULL .

– Vous avez potassé la question on dirait !

– Effectivement. Surtout que le livre dont je vous parle donne des infos importantes, difficiles à trouver ailleurs. Donc, les industriels pensaient que la mass-customization, c'était l'avenir. Certains croyaient à un modèle centralisé, par fabrication professionnelle sur commande, puis livraison express chez le consommateur. D'autres imaginaient que tout un chacun allait avoir son imprimante 3D chez lui, et se faire des objets comme on se fait un café. D'un point de vue technique, le débat venait trop tôt, car les petites machines grand public ne furent disponibles qu'après le moment où certains brevets arrivèrent à échéance, vers la fin des années 2000. Elles étaient d'ailleurs médiocres.

– 150 ans plus tard, c'est ce qui fait leur charme, dit en souriant Adhira, qui secouait ses bracelets en *plastique vintage*.

– Certainement, et moi-même je suis amateur de pièces de musées, répliqua Maxtaz, mais n'oublions pas la nocivité de certaines vieilles techniques : savez-vous que des particuliers ou même des établissements publics utilisaient ces machines à plastique ou à résine sans précaution particulière, sans ventilation spéciale ?!

– Incroyable ! On ne fait plus ce genre d'erreur aujourd'hui !

– Détrompez-vous, Adhira, chaque époque a ses imprudences ; d'ailleurs il n'y a aucune évolution possible sans imprudence. Vous savez bien que notre Ministère des Risques Sociaux passe son temps à faire des calculs sur ce sujet, en liaison avec le Ministère du Développement Écologique. On ne voit pas très bien ce que ça donne, sinon un flicage de plus de la population.

– Maxtaz, ne dites pas des choses pareilles dans ma voiture, elle est connectée !

– Ah oui, désolé ! Alors, vers 2010 on voit naître un engouement pour les printers 3D. La folie se propage avec d'habiles discours commerciaux, utilitaires, et messianiques ! Les journalistes, qui ne savaient même pas que cette "nouveau-té" avait 25 ans, relayaient les propos les plus délirants. On avait découvert "la machine à tout faire". Même l'Afrique allait être sauvée si elle se mettait à l'impression 3D ! On en se rend pas bien compte de l'inanité de ce genre d'idéologie sans se rappeler tous les problèmes du continent à l'époque : difficulté d'accès aux soins, à l'eau potable, chômage de masse, guérillas interminables, distensions ethniques et religieuses, exodes, etc.

– C'est vrai, on a fini par oublier tout ça, tellement l'Afrique est prospère aujourd'hui...

– En fait, elle a toujours été riche, mais elle avait un grave problème de gouvernance politique et économique ; quand je dis "problème"...c'était plutôt un avantage pour certains. Revenons à notre deuxième décennie du XXIe siècle : le Cycle du Hype (émergence, enthousiasme débridé, désillusion, usage rationnel) est arrivé à son sommet pour ces fameuses imprimantes 3D. Les analystes les plus lucides offrent enfin un vrai regard critique, mais la plupart espèrent encore une adoption "à long terme" de cette technologie par le grand public. Comme vous le savez, Adhira, le pronostic était faux !

⁵ *Robots qui cherchent des infos pour celui qui les demande, ou ne les demande pas ! Mais leurs recherches s'effectuent d'une manière pas vraiment transparente, certains résultats étant privilégiés, d'autres censurés en douce. Au départ seulement informatiques, les robosseekers sont devenus aussi des machines (généralement des drones) qui se rendent physiquement dans les lieux concernés. Les médias et la police les utilisent abondamment.*

Vous en avez, chez vous, un 3D printer, version actuelle ?

– Ben non, pourquoi faire ?

– La réponse est dans la question : pour faire quoi ? Les grandes entreprises de l'époque ont d'abord cru à un marché de masse pour leurs machines de petit format, puis elles se sont repliées sur les systèmes à vocation professionnelle. Autour de 2020, la situation était devenue claire : il y avait bien une niche économique pour les petites machines qui séduisaient les geeks et les bricoleurs de la 3D du dimanche, mais le gros de la recherche et des ventes concernaient les domaines que nous connaissons encore : fabrications industrielles (y compris architecture et design), expérimentations scientifiques, médecine et chirurgie. Sauf que nos machines n'ont plus qu'un vague rapport avec celle de l'époque, surtout depuis qu'on a développé les *nanoconstructeurs*⁶. Et si quelqu'un comme vous, Adhira, veut une pièce ou un accessoire spécial, et bien il commande ça en ligne.

– Vous avez raison Maxtaz ! Je n'en connais pas beaucoup qui veulent transformer leur appartement en atelier...sauf justement les artistes ou les designers. Mais dites-moi, pourquoi le mot "consommateur" vous intéressait-il ?

– C'est un point délicat, que LAVIGNE, et peu d'autres à l'époque, ont soulevé, forts de leur expérience. Je vous explique ça rapidement, car je crois que nous arrivons à la bibliothèque ?

– Effectivement, et nous y serions déjà si je ne vous avais pas fait faire un petit tour par le centre ville ! Mais tant pis pour le tourisme : vous aurez le temps plus tard...

– Avec plaisir. Bon, je termine : notre auteur, un artiste de formation scientifique, appelait "*civilisation du moule*" l'époque née avec la première révolution industrielle (vous savez, à la fin du XVIIIe siècle), qui avait conduit effectivement à des productions uniformisées, en séries, pour les masses. C'était le passage de l'artisanat, avec ses créations locales, la maîtrise des villageois sur la plupart de leurs objets quotidiens (utilitaires ou symboliques), à l'industrie, qui déstructurait les campagnes, réorganisait la société en faveur des villes, et centralisait les fabrications, de plus en plus normalisées au fil des décennies. Bien entendu, seuls les produits de luxe, appelés d'une manière significative "produits d'*exception*", échappaient à ce mouvement, et gardaient une singularité de plus en plus coûteuse.

– C'est logique, Maxtaz, quelle que soit l'époque, ce qui est rare est cher !

– Permettez-moi de vous contredire, ma chère Adhira. C'est plus compliqué : oui, généralement, ce qui est rare est cher...mais à condition qu'il y ait une demande pour le rare en question ! Si vous trouvez ou si vous réalisez quelque chose d'exceptionnel...mais que personne n'en veut, alors, d'un point de vue basement matériel, ça ne vaut rien ! Les inventeurs, les poètes et les artistes le savent bien. En outre, le jugement sur la valeur de ces choses peut être révisé d'une époque à l'autre. Il faut aussi penser à un autre *coût*, non pas financier, mais social. Il y a des singularités à la portée de tout le monde, mais que seules de fortes personnalités osent assumer, prenant le risque d'être marginalisées, d'avoir une vie difficile...Je vois que vous avez un joli tatouage qui remonte dans le cou...

Un peu gênée du compliment, Adhira se mit à rire : – Merci Maxtaz, mais vous savez, tout le monde est tatoué ! J'ai juste dessiné un motif très personnel...

– Bien sûr qu'en 2165 tout le monde est tatoué, comme vous le dites, sauf quelques originaux, ou les membres de certaines sectes ; et tout le monde peut s'amuser avec ses cheveux, les mettre en couleurs comme il l'entend.

– Les miens sont naturels !, déclara fièrement Adhira, en secouant légèrement sa chevelure.

– Oui, mais nos ancêtres ne prenaient pas ce genre de liberté à la légère : il y a 200 ans, en 1965 en Europe, être tatoué c'était suspect ; et il y a 300 ans, se promener avec les

⁶ *Systèmes, robots nanoscopiques, cellules modifiées, permettant l'assemblage de briques élémentaires qui finissent par former le tout voulu et programmé.*

cheveux verts comme le fit Charles BAUDELAIRE, c'était être fou. Voilà où je veux en venir : chaque époque, chaque culture a ses conformismes.

– Maxtaz, ce n'est pas une grande découverte !

– Certes, mais il faut toujours se souvenir qu'on voit très bien le conformisme des autres, et très mal le sien propre ! Avec la production en série, la lente élévation du pouvoir d'achat de la majorité des gens, et la diminution progressive du temps de travail, commence l'ère des consommateurs, qui se mondialise au cours du XXe siècle. On voit alors naître un conformisme planétaire, fondé sur la technologie, et qui s'accommode avec des pensées archaïques ou des particularismes régionaux, voire des idéologies qui prétendent contester la technologie elle-même !

– Comment ça ?

– Oh par exemple il nous reste quelques archives de ce que les gens du XXIe siècle appelaient "réseaux sociaux", où l'on voit de purs réactionnaires passer leur temps sur Internet à critiquer le progrès.

– Je vois. C'est comme si un ennemi de GUTENBERG avait consacré sa vie à publier des livres contre l'imprimerie !

Maxtaz se mit à rire. – Bien vu, Adhira. Quoi qu'il en soit, le seul mouvement de contestation sérieux né à cette époque, et dont nous sommes les héritiers, c'est celui de la prise de conscience des graves problèmes écologiques de notre planète. Il était temps. Il était parfois trop tard. Je reviens à mon histoire de consommateurs : l'industrie avait donc réussi, au delà des différences culturelles et religieuses, à mondialiser des conformismes, des habitudes, des gestes, des goûts, des comportements...

– C'est sans doute que l'humanité était prête à cette sorte de manipulation, interrompit Adhira.

– Vous avez raison. D'ailleurs, elle l'est toujours : il suffit de regarder notre civilisation. Je ne dis pas que tous les changements furent ou sont mauvais, je dis que notre esprit grégaire est effrayant. Les modes et les totems habilement lancés attirent les foules, car la plupart des individus n'ont aucune imagination. Voilà pourquoi la mass-customization fut un échec, comme le marché des imprimantes 3D personnelles - après des débuts trompeurs.

– Vous êtes sévère Maxtaz !

– J'avoue reprendre à mon compte les analyses de Christian LAVIGNE. Lui-même souligne que son opinion a évolué entre les années 1990 et les années 2000. Il a cru un temps à la victoire du sur-mesure industriel pour tous, bien qu'il fut toujours sceptique quant à l'adoption générale, dans tous les foyers, des machines de fabrication numérique additive. À ce sujet il y voyait plutôt une chance pour les petites entreprises, les artisans, les créateurs indépendants, les designers, les architectes, les artistes...bref, certains professionnels pour qui les premiers équipements disponibles étaient trop chers ou trop complexes à installer. En fait, LAVIGNE s'est aperçu que deux paramètres avaient été négligés en matière de psychologie sociale, par les chantres de la "révolution" des imprimantes 3D.

– C'était l'idée de cette époque ?

– Une idée majoritaire dans les médias et chez les experts auto-proclamés de l'innovation : les véritables connaisseurs et praticiens du domaine ont toujours été plus prudents à ce sujet. D'un point de vue technique, on assistait en fait à une lente évolution, qui ouvraient des possibilités nouvelles formidables, complémentaires aux techniques d'usinage par fabrication soustractive, et aux procédés classiques de moulage. Comme vous le savez, Adhira, la médecine a aussi tiré grand profit des images et des objets numériques. On ne peut pas en dire autant pour la nourriture : les *cybercookers*, comme dans le MLT, sont une insulte à la gastronomie !

– Maxtaz vous m'étonnez : c'est une réflexion de bourgeois, comme on disait au XXe

siècle.

– Parce que vous, vous croyez que la gastronomie doit être réservée aux élites ? Malgré le fait que nos productions agricoles soient maintenant toutes "organic food", il est vrai que la manière de les cuisiner diffère selon les classes sociales, leurs habitudes et leurs préjugés. Ainsi nous revenons aux deux paramètres qui avaient été négligés : celui dont je vous ai déjà parlé, Adhira, le conformisme, et un autre : la créativité. Le premier se manifestait hier comme il se voit aujourd'hui : au plan matériel (pour ne rien dire du spirituel) les gens foncent vers ce que la publicité, ou la propagande, ou un petit malin, leur désigne comme indispensable, incontournable, *good for the mood*. Ce phénomène a pris une dimension nouvelle au milieu du XXe siècle : la crainte d'être "ringard" a saisi la majorité de la population occidentale, suivie bientôt par celle des autres régions de notre planète. À propos, vous connaissez la dernière *fashion* sur notre base martienne ?...Les concours de scoubidou ! Un 3DP avait dysfonctionné et sorti des centaines de mètres d'une fine gaine plastique souple, multicolore, sans la partie conductrice. Un type s'est amusé à en couper des petits bouts et à les tresser...maintenant tout le monde s'y est mis !

– Maxtaz vous employez des vieux mots que je ne connais pas : "scoubidou" j'ai compris, nos pionniers appellent ça des "wiregames", mais "ringard" ?

– C'est de l'argot ancien : ça veut dire dépassé, désuet, minable. Nous n'avons pas le temps de voir toutes les manières d'être conformiste...ou anti-conformiste. Passons à la question de la créativité. Quand nous parlions de vos vêtements, vous m'avez signalé que vous avez choisi une entreprise de fabrication sur commande qui réactualise d'anciennes machines

– Mais oui ! Ils font un travail superbe, des choses qu'on ne trouve pas ailleurs ! – Et ces choses, que vous portez si bien, ...

– Maxtaz, vous êtes un terrible flatteur !

– Je suis sincère. Donc ces choses originales que vous appréciez, vous les voyez beaucoup autour de vous ?

– Ah mais non ! Encore heureux !

– Vous dites ça parce que vous aimez vous singulariser. Croyez-vous que ce soit le cas le plus général ?

– Voyons, Maxtaz, je sais bien que non ! Il suffit de regarder autour de soi : les gens forment des tribus plus ou moins grandes, mondialisées depuis longtemps, et chacun porte sa panoplie standardisée de signes de reconnaissance.

– Oui, mais ils se reconnaissent sans vouloir se connaître, car ils cherchent alternativement une sorte d'anonymat confortable et de célébrité éphémère. Ce qui est affiché, porté, montré, ce sont des signes de méconnaissance... L'Homme a toujours eu besoin de masques pour se montrer. Les nôtres sont numériques, et croyez-moi, ils n'ont pas gagné en qualité ! Vous qui avez un grand sens de la créativité - peut-être avez-vous une activité artistique ?...

– Effectivement, je fais de la calligraphie. Nous avons un maître chinois, peintre et poète, grand voyageur, qui s'est installé en Argonne, dans une vieille ferme au milieu des bois, à la fin du XXIe siècle, et qui a fondé une école prestigieuse.

– Il doit être centenaire !

– Oui, on va bientôt fêter ses 110 ans.

– Magnifique ! Bien, je disais que vous-même, pourtant créative, il ne vous semblait pas utile d'avoir un 3DP chez vous.

– C'est vrai, il ne me servirait à pas grand chose, et puis j'ai déjà assez de robots à la maison...

– Celui-là, vous finiriez par l'oublier dans un placard ! Et bien, ce fut l'intuition de LAVIGNE. Autour de 2012, il chercha un point de comparaison entre les premières

imprimantes 3D "grand public" de l'époque et des machines plus anciennes, comparables en termes de fonctions. Comme il avait démontré la filiation entre les imprimantes 3D, la poterie et le tissage (en fait, l'impression 3D est une version moderne du colombin préhistorique), l'exemple de la machine à tricoter lui parut excellent. Or il s'aperçut que ces machines, en vogue dans les années 1960 et 1970 avaient disparu du commerce. Notre auteur consulte alors les statistiques de production et de vente de ces machines, et aussi des machines à coudre, sur environ un siècle pour celles-ci, plus anciennes. Il va même consulter le syndicat professionnel du secteur. L'information est sans équivoque : seuls les professionnels de la couture et de l'habillement achètent ces équipements depuis la fin du XXe siècle. Il n'y a plus aucun fabricant de machine à tricoter grand public, et les ventes de machines à coudre sont en chute libre. À cette époque, la majorité des gens n'ont en fait ni le temps ni l'envie de créer, n'ont pas la moindre idée d'une fabrication originale, et après qu'ils aient copié tel ou tel modèle proposé dans un magazine papier puis sur Internet, ils se sont vite lassés de leur *Do It Yourself*. Le *shopping* était moins fatiguant, plus amusant, et permettait d'acquérir immédiatement le dernier truc à la mode - pour ceux qui pouvaient se le payer. Quant aux pièces de rechange, d'ailleurs trop rares dans une société qui jetait sans cesse, une commande sur le Net, ou un tour dans un FabLab, suffisaient bien. Ainsi, Adhira, la prétendue "révolution" des imprimantes 3D n'a pas eu lieu...faute d'esprits révolutionnaires ! Comme je vous l'ai dit, les grands fabricants de ces machines, après un moment de distraction, se sont retournés vers leurs clients de base : les professionnels. Mais les brevets arrivés à échéance, la production de machines peu chères, le buzz médiatique, les prédictions pharamineuses, ont eu des effets positifs, d'abord pour les travailleurs indépendants, les petites entreprises qui ont eu enfin accès à des équipements jadis hors de prix ; et puis pour la recherche : toute cette agitation a débloqué des budgets, suscité des vocations d'ingénieurs ou de scientifiques. Et tout le monde a enfin réalisé que l'idée "numérique = virtuel" était absolument fautive. Le *retour au réel* des objets numérique était un des combats de LAVIGNE et de ses amis cybersculpteurs.

– Voilà une histoire passionnante et aujourd'hui peu connue, Maxtaz.

– Qui s'intéresse encore à l'Histoire, Adhira ? Nous ne sommes plus très nombreux.

– Mais pourtant vous êtes là grâce à des passionnés de la première guerre mondiale !

– Il y aura toujours des amateurs et des collectionneurs sincères et véritables (ne parlons pas des spéculateurs!), comme des artistes, des philosophes et des créateurs...mais je ne crois pas que ceux-là mènent le monde. Nos dirigeants parlent de l'ignorance et la paresse des peuples, et ils perdent rarement à ce jeu-là !

– Maxtaz, ou bien vous êtes un misanthrope, ou bien vous êtes un anarchiste !

– Ce sont des qualités auxquelles j'aspire, mais il m'arrive encore parfois de manquer de lucidité, car certains *homo sapiens* entretiennent une lueur d'espoir pour notre espèce, répliqua-t-il. Et, posant la main sur le cœur tout en levant la tête d'une manière tragico-comique vers le toit de la voiture, il déclama : J'informe le *Semantic Network Monitoring* que mes opinions n'engagent que moi ! ...Voilà, comme ça si notre conversation est écoutée, vous ne risquez rien.

– Vous êtes un drôle de numéro, fit Adhira, mais, tout de même, vous oubliez les immenses progrès que nous avons faits depuis un siècle en matière d'école et d'éducation ; comme nous avons stimulé l'innovation, amélioré les conditions de vie...tenez, le 3DP dont vous parlez y a contribué !

– Il me semble que vous confondez éducation et instruction. Nous avons théoriquement accès à des milliards de données, mais seuls quelques uns ont les plans de ce labyrinthe, ou nous font croire qu'ils s'y retrouvent. Alors, selon le guide que l'on se choisit, nos destins sont très différents. Oui, la gouvernance mondiale exhibe de belles avancées : l'information et les objets circulent aujourd'hui librement partout sur Terre, ce qui n'était pas

le cas au siècle dernier. Mais le pouvoir politico-économique est devenu plus subtil, plus sournois. L'information n'est pas la connaissance, et le commerce n'est pas la fraternité. Bien des peuples sont assignés à résidence, nos voyages sont extrêmement contrôlés.

– Maxtaz, je ne vois pas beaucoup de protestations à ce sujet.

– Évidemment, c'est grâce au *Revenu Universel de Base*, mis en place quand il est devenu évident que la robotisation privait de travail une grande partie des citoyens. Chacun ayant de quoi vivre dans le territoire fédéral où il est né, les inégalités sont devenues moins révoltantes. Et puis il y a toutes ces technologies consolatrices. Les mêmes qui nous détruisent ! Tenez, à propos d'innovation et d'imprimantes 3D au XXI^e siècle, savez-vous que les premières machines *low cost* furent déjà utilisées pour fabriquer des armes ? J'ai vu passer un article de l'époque, où l'on racontait qu'un particulier s'adonnait à cet exercice...tout en se vantant par ailleurs d'offrir des prothèses, sorties du même 3DP, à des enfants victimes de fusillades dans les écoles ? La morale de l'histoire est bien difficile à trouver, Adhira.

– C'est peut-être qu'il n'y en n'a pas. Mais nous voilà arrivés Maxtaz. Voici Yasséguéré qui vient à notre rencontre. Elle m'a l'air bien agitée!

Maxtaz et Adhira sortirent de la voiture, qui alla se ranger automatiquement sur une des places réservées à l'administration. Yasséguéré BAO, dont le prénom venait d'un ancêtre africain, et le nom de son ascendance chinoise, était un peu plus jeune qu'Adhira. Son visage, très mobile, ne pouvait cacher ses passions. En l'occurrence, elle manifestait le plus grand enthousiasme.

– Docteur Maxime-Anastase TCHAKMIREFF, je suis ravie de vous recevoir enfin dans notre bibliothèque !

– "Maxtaz", s'il vous plaît, chère collègue, c'est plus court et plus sympa. Franchement, votre accueil et celui d'Adhira me touchent beaucoup. Le sujet qui va nous occuper est grave, mais l'ambiance sera chaleureuse !

Il entrèrent dans le bâtiment du XVIII^e siècle, dont la température et l'hygrométrie étaient fort heureusement contrôlées depuis une centaine d'année. Yasséguéré fit apporter quelques rafraîchissements par son *robomestic*.

– Bien, maintenant je vais vous laisser travailler, fit Adhira.

– Attendez un peu, répliqua Yasséguéré, le regard pétillant. J'ai une surprise pour Maxtaz, et je pense que la Directrice des Affaires Culturelles doit être mise au courant !

– Vous m'intriguez, dit Maxtaz, ...des documents inédits sur 1914-1918 ?

– Pas du tout. Suivez-moi.

La bibliothèque de Verdun, héritière d'une longue tradition remontant au moins à l'an mil, était riche d'ouvrages rares et anciens, trop riche même, si l'on peut dire, car la place avait fini par manquer à la fin du XX^e siècle. Une annexe moderne conservait les documents les plus récents, et ce qui avait pu être sauvé des archives numériques. En effet, outre la désagrégation des supports et la disparition progressive des ordinateurs et des logiciels qui pouvaient les lire, à deux reprises, entre 2050 et 2120, des éruptions solaires massives avaient perturbé gravement les réseaux électriques et informatiques, endommagé des millions de machines. Les livres, les imprimés et les manuscrits n'avaient pas ce genre de problème. Ils étaient installés dans de longues salles, à l'abri de la lumière et de l'humidité, sur quelques kilomètres de rayonnages superposés, sur trois étages - y compris les sous-sols et souterrains du Palais, aménagés tardivement à cet effet. Il faut bien dire que certains ouvrages ne sortaient qu'une à deux fois par siècle, et quelques zones de la bibliothèque étaient peu fréquentées. Yasséguéré entraîna justement Adhira et Maxtaz vers le coin des archives du milieu du XXI^e siècle, dont l'inventaire était resté approximatif en raison des urgences du moment, que nous avons rappelées, et d'un manque de temps et de personnel qualifié par la suite. La bibliothécaire

s'arrêta devant une série d'étagères encombrées et mal éclairées.

– Voilà ! dit-elle simplement, tout en désignant une large cantine peinte en bleu sombre, posée à même le sol, glissée sous la première rangée de livres.

– Robby ! appela-t-elle. Le *robomestic* humanoïde, qui devait son surnom à un antique film de science-fiction, arriva sur le champ.

– Robby, tire cette malle vers nous, merci.

Maxtaz s'écria : – Je rêve, où vous dites "merci" à un robot ?

– Oui, c'est un prototype qui nous a été récemment prêté. Il paraît que c'est mieux d'être poli avec lui.

– Sans blague ! dit Maxtaz, qui allait ajouter un propos ironique bien dans son style, quand il resta bouche bée : sur la haute cantine bleue était écrit en gros caractères, presque effacés avec le temps, "ARS MATHEMATICA". – Mais ...Mais c'est le nom de l'association qui avait été fondée par LAVIGNE et VITKINE à la fin du XXe siècle, pour rassembler les pionniers de la sculpture numérique, des artistes et des scientifiques de tous genres ! Je viens d'en parler avec vous, Adhira, avant d'arriver ici !

– C'est extraordinaire, fit Adhira. Mais pas si étonnant, puisque sa famille avait une origine locale...

– Et il aura fait don de ses archives à notre bibliothèque, ajouta Yasséguéré. J'ai redécouvert ça il y a quelques jours, mais j'ai attendu votre arrivée, Maxtaz, pour ouvrir la malle, qui est cadenassée. Je suppose que personne ne s'en est occupé depuis son dépôt. Robby, fais sauter le cadenas que tu vois devant toi.

– Merci Robby !, ajouta Maxtaz en faisant un clin d'œil.

Yasséguéré, Adhira et Maxtaz se penchèrent sur la cantine maintenant ouverte. Elle contenait une modeste imprimante 3D, que Maxtaz, aux anges, pensa pouvoir dater des années 2010, une grande boîte qui abritait des petites sculptures emballées et étiquetées, ainsi que de nombreux livres et documents que l'archéo-archiviste n'avait jamais vus.

– Yasséguéré, vous avez mis la main sur un véritable trésor. Nous en aurons pour des mois d'étude. Je crois que je vais rester ici bien plus longtemps que prévu, dit-il en lui souriant. Nous allons faire venir un historien de la cybersculpture, et un de nos collègues spécialisé dans l'électronique ancienne...Si on pouvait rallumer cette machine !... Pour bien comprendre l'esprit d'une époque, il faut en connaître les rêves mais aussi les outils. Ceux qui n'y voient aucun intérêt oublient qu'ils en sont les héritiers inconscients .

Christian LAVIGNE, mars-avril 2016.

*Ce complément d'enquête
de la brochure Maths Société express
a été réalisée par le*
Comité International des Jeux Mathématiques

sous la direction de
Marie José Pestel et Édouard Thomas

Elle réunit les signatures de

Édouard Thomas

Christian Lavigne

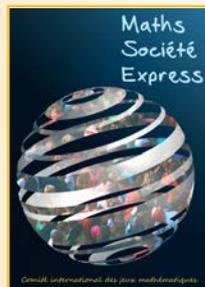
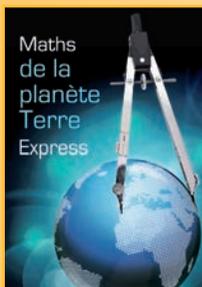
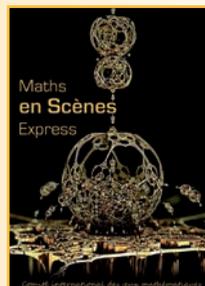
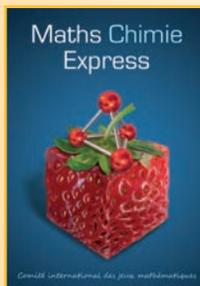
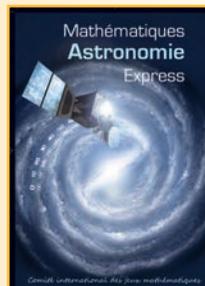
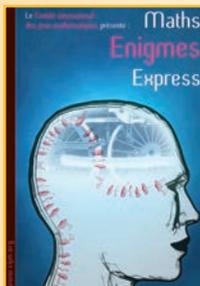
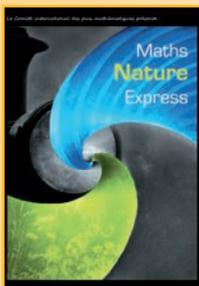
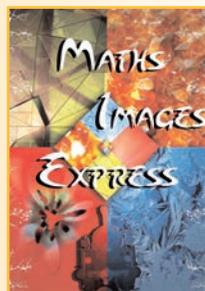
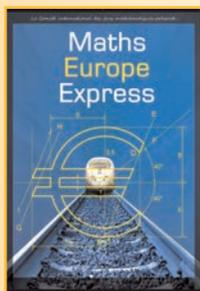
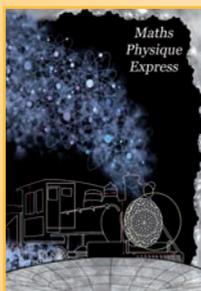
Que ces auteurs soient ici remerciés pour leur enthousiasme,
leur patience et leur gentillesse. Grâce à eux, nous espérons
que le lecteur prendra plaisir à découvrir que mathématiques et société
sont indissociables dans l'histoire des hommes, de leurs cultures
mais surtout de leur avenir.

Réalisation : Patrick Arrivetz

Maquette de couverture et bandeau : Elsa Godet – www.sciencegraphique.com

Maths Express

une collection CIJM - www.cijm.org





MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

CIJM

Institut Henri Poincaré
11 rue Pierre et Marie Curie
75231 Paris Cedex 05

www.cijm.org