

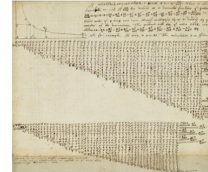
0 Let Newton be !

Dans l'histoire de la mécanique, de l'astronomie, de l'optique, de l'analyse, il y a eu un avant Newton, et un après Newton. Eh bien c'est vrai aussi dans l'histoire de l'informatique.

histoires d'informatique

Let Newton be!

un enfant jouant au bord de la mer



hist-math.fr

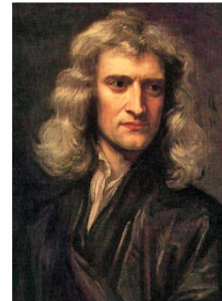
Bernard YCART

1 Isaac Newton (1643-1727)

Le voici peu après la publication des Principia qui l'ont rendu célèbre. Il est difficile d'imaginer maintenant le culte dont il a été l'objet à partir de 1687 et surtout après sa mort.

Isaac Newton (1643-1727)

Godfrey Kneller (1689)



2 Voltaire (1694-1778)

Voltaire a beaucoup fait pour la renommée de Newton sur le continent.

Voltaire (1694-1778)



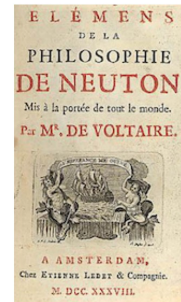
3 Éléments de la Philosophie de Neuton (1738)

Il a publié en 1738 ces « Éléments de la philosophie de Newton », où il fait ce qu'il peut pour vulgariser ce qu'il a compris, c'est-à-dire pas grand-chose.

Comme c'est ce qu'il sait faire de mieux, il entame son livre par un poème à la gloire de son idole. En voici juste une strophe pour vous donner une idée du ton.

Éléments de la Philosophie de Neuton (1738)

Voltaire (1694-1778)



4 Le compas de Neuton mesurant l'Univers

« Ce ressort si puissant l'âme de la nature
Était enseveli dans une nuit obscure,
Le compas de Newton mesurant l'univers ;
Lève enfin ce grand voile et les cieus sont ouverts. »

Le compas de Neuton mesurant l'Univers

Voltaire, Éléments de la Philosophie de Neuton (1738)

Ce ressort si puissant l'ame de la Nature
Etoit enseveli dans une nuit obscure,
Le compas de Neuton mesurant l'Univers ;
Leve enfin ce grand voile & les Cieus sont ouverts.

5 Alexander Pope (1688–1744)

En Angleterre, même si le ton était légèrement moins grandiloquent, les sentiments étaient les mêmes. Voici l'épithaphe que propose Alexander Pope à la mort de Newton.

Alexander Pope (1688–1744)



6 and all was light

« La nature et ses lois restaient cachées dans la nuit,
Dieu dit que Newton soit, et la lumière fut. »

Personnellement je préfère. En même temps, on ne m'a pas demandé mon avis, et c'est une autre épithaphe qui a été choisie.

and all was light

Pope, épithaphe de Newton (1727)

Nature and Nature's Laws lay hid in Night :
God said, "Let Newton be!" and all was light.

7 Westminster Abbey

Newton a été enterré en grande pompe, avec tous les honneurs possibles, à l'abbaye de Westminster. Il a eu droit à un magnifique monument, avec une belle représentation allégorique de la sphère céleste, et au-dessous,...

Westminster Abbey

Isaac Newton (1643-1727)

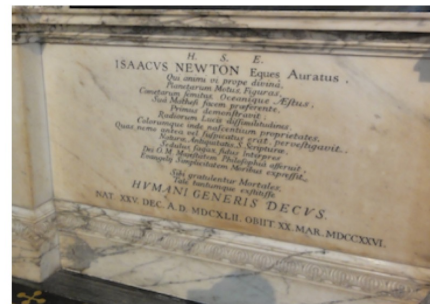


8 Westminster Abbey

une épitaphe en latin, gravée sur une dalle de marbre. Voici ce qu'elle dit.

Westminster Abbey

Isaac Newton (1643-1727)



9 épitaphe de Newton

« Ci-gît Isaac Newton, chevalier, qui par une force d'esprit proprement divine, éclairé par ses mathématiques, a démontré le premier le cours et la forme des planètes, la trajectoire des comètes et les marées de l'océan; Il a exploré les différences des rayons lumineux et les propriétés des couleurs qu'ils produisent, ce que personne avant lui n'avait imaginé. [...]

Mortels, réjouissez-vous qu'ait existé un tel ORNEMENT DE LA RACE HUMAINE. »

Comme vous le voyez, c'est la mécanique céleste et l'optique qui sont citées. Les mathématiques n'apparaissent que marginalement. Pourtant, les choses avaient commencé différemment.

épitaphe de Newton

Isaac Newton (1643-1727)

Ci-gît Isaac Newton, chevalier, qui par une force d'esprit proprement divine, éclairé par ses mathématiques, a démontré le premier le cours et la forme des planètes, la trajectoire des comètes et les marées de l'océan; Il a exploré les différences des rayons lumineux et les propriétés des couleurs qu'ils produisent, ce que personne avant lui n'avait imaginé. [...]

Mortels, réjouissez-vous qu'ait existé un tel ORNEMENT DE LA RACE HUMAINE.

10 Le manoir de Woolsthorpe

Elles avaient commencé ici, dans ce manoir, par une enfance plutôt solitaire : il était orphelin de père et un peu délaissé par sa mère qui s'était remariée.

Le manoir de Woolsthorpe

Isaac Newton (1643-1727)



11 toute sorte d'outils

« Newton enfant s'était fait remarquer par un goût aussi vif que singulier pour toutes les inventions physiques ou mécaniques. [...] il s'était fait une provision de scies, de marteaux, de toute sorte d'outils d'une dimension adaptée à son âge ; et il s'en servait avec tant de dextérité et d'intelligence qu'il n'y avait pas de machine qu'il ne sût imiter. »

toute sorte d'outils

J.-B. Biot, *Biographie de Newton* (1858)

Newton enfant s'était fait remarquer par un goût aussi vif que singulier pour toutes les inventions physiques ou mécaniques. [...] il s'était fait une provision de scies, de marteaux, de toute sorte d'outils d'une dimension adaptée à son âge ; et il s'en servait avec tant de dextérité et d'intelligence qu'il n'y avait pas de machine qu'il ne sût imiter.

12 Étudiant à Cambridge (1660–1665)

« Son goût pour l'étude ayant été plus fort que le désir de sa mère de le voir s'occuper de sa propriété, il était allé faire ses études à Cambridge. Puis à l'été 1665 une terrible épidémie de peste s'était déclarée, et l'université avait fermé par mesure de précaution. Il était retourné chez lui et pendant les 18 mois magiques qui ont suivi, alors qu'il n'avait pas encore 23 ans, avait inventé une grande partie de ce qui l'a rendu célèbre : le calcul différentiel, la gravitation universelle, l'optique, etc. »

Voici comment lui-même évoque cette période, une dizaine d'années plus tard.

Étudiant à Cambridge (1660–1665)

Isaac Newton (1643-1727)



13 I am ashamed to say

« En ce temps-là l'épidémie de peste des années 1665, 1666, m'avait obligé à fuir Cambridge, et à tourner mes pensées vers d'autres sujets. »

Puis il évoque les calculs auxquels il s'amusait et il ajoute :

« J'ai honte d'avouer jusqu'à combien de décimales j'ai poussé ces calculs quand j'en avais le loisir, car, en fait, je prenais trop de plaisir à ces recherches en ce temps-là. »

Vous croyez qu'il était occupé à inventer l'optique, la gravitation universelle, et le calcul différentiel ? Non, pas selon lui : comme il n'avait rien à faire, il jouait avec des calculs numériques et il les poussait jusqu'à un nombre de décimales qu'il avait honte d'avouer.

I am ashamed to say

Newton, October 24, 1676

At that time the increasing plague (which fell in the years 1665, 1666) compelled me to fly from this place and to turn my thoughts to other things.

[...]

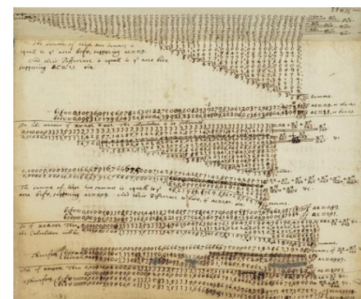
I am ashamed to say to what a number of decimal places I carried these calculations being then at leisure. For, indeed, I took too much pleasure at that time in these investigations.

14 to what a number of decimal places

Et il avait raison d'avoir honte ! Encore il ne savait pas que l'université de Cambridge mettrait en ligne ses cahiers, et que le monde entier pourrait voir jusqu'à combien de décimales il poussait ses calculs.

to what a number of decimal places

Newton, 1666



15 quadrature de l'hyperbole

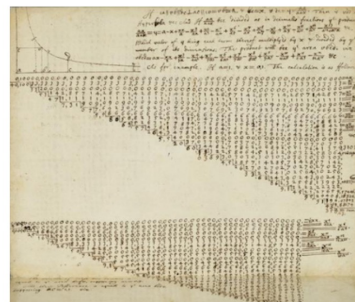
Quels calculs ? Celui que vous voyez sur cette page concerne la quadrature de l'hyperbole, qui est dessinée en haut à gauche.

On sait bien maintenant qu'une primitive de $1/x$ est $\log(x)$ et que donc la surface sous l'hyperbole entre 1 et x est le logarithme de x . Mais on ne l'exprimait pas encore aussi clairement : Newton était précisément en train d'inventer le calcul intégral.

Le calcul que vous voyez sur cette page est celui de l'aire sous l'hyperbole entre 1 et 1,1, donc le logarithme de 1,1, qu'il calcule avec plusieurs dizaines de décimales.

quadrature de l'hyperbole

Newton, 1666

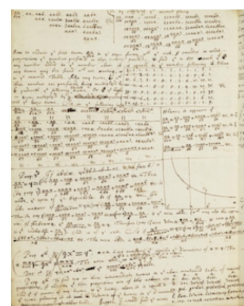


16 développement en série

Comment Newton s'y prend-il ? Son outil favori est le développement en série. En gros, il traite chaque résultat comme la somme d'une série (sans jamais bien sûr se poser la question de la convergence). C'est comme si, pour lui, n'importe quelle fonction était une série entière, ou plutôt un polynôme de degré infini. C'est comme cela qu'il dérivait, qu'il intégrait, et finalement qu'il résolvait des équations différentielles.

développement en série

Newton, 1666



17 développements de binômes

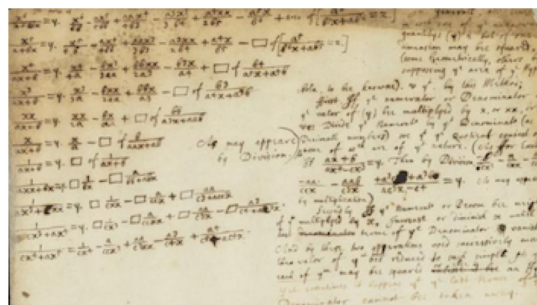
Il était donc amené non seulement à ajouter et multiplier des séries, mais aussi à les composer. Et dans ces opérations, une série revenait souvent, l'inverse de $(ax + b)$, vous la voyez plusieurs fois en haut à gauche. Le développement en série de $(ax + b)$ élevé à une puissance quelconque, non entière, éventuellement négative, eh bien c'est ça la formule du binôme de Newton. Le cas d'une puissance entière positive était connu de très longue date. Ce qu'a fait Newton pour le binôme, c'est d'écrire le développement en série pour une puissance quelconque.

Pendant ces dix-huit mois où Newton, entre guillemets, « perdait son temps à calculer », on a l'impression qu'il se fabriquait ses propres outils, un peu comme quand il était petit. Sauf que les outils en question étaient le binôme de Newton, le calcul intégral et les équations différentielles.

Il n'y avait pas que cela. Il se fabriquait aussi des méthodes de calcul numériques. Et elles étaient diablement efficaces. Au point que ce sont celles que nous utilisons toujours : les meilleures possibles. La plus connue des méthodes de Newton est l'algorithme d'approximation des racines d'une équation.

développements de binômes

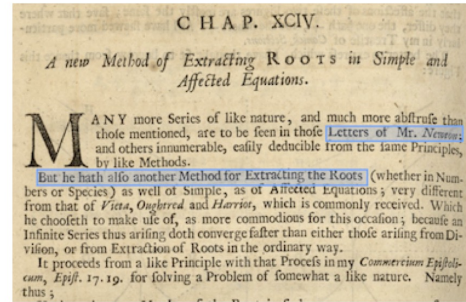
Newton, 1666



18 La méthode de Newton

Elle apparaît dans le « treatise of Algebra » de Wallis, en 1685. Il faut dire que Newton lui même a très peu publié, et encore assez tard. Wallis dédie un chapitre à une « Nouvelle méthode pour extraire les racines d'une équation ». Il explique qu'il a vu cette méthode dans les lettres de M. Newton. Il fait aussi référence aux prédécesseurs, Viète, Oughtred, Harriot. Il est vrai que la méthode de Newton était assez proche de ce qu'avait fait Viète. En plus, Newton ne l'avait pas écrite comme une suite d'approximations, et il ne l'appliquait qu'à des polynômes.

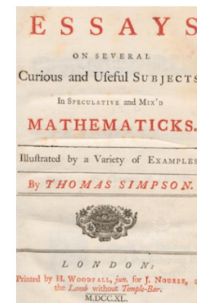
La méthode de Newton
Wallis, A treatise of Algebra (1685)



19 Essays on several subjects (1740)

Cette méthode, dite de Newton-Raphson, a en fait été publiée pour la première fois sous forme moderne par Simpson dans cet ouvrage de 1740. Le nom de Simpson vous dit quelque chose. La méthode de Simpson est une méthode de quadrature, en fait un cas particulier d'une méthode plus générale, dite de Newton-Cotes. Raphson, Cotes, Simpson, sont autant d'émules de Newton qui ont publié et expliqué ses idées.

Essays on several subjects (1740)
Thomas Simpson (1710-1761)

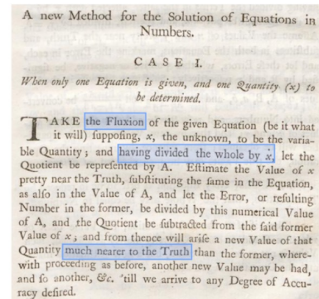


20 La méthode de Newton-Raphson

Voici ce que dit Simpson. Pour résoudre une équation, il faut prendre la dérivée : dans le vocabulaire de Newton c'est la « fluxion » et elle est notée x avec un point au-dessus. Il faut diviser la fonction par \dot{x} donc, retrancher de la valeur précédente, et on obtient une nouvelle valeur, « beaucoup plus proche de la vérité » dit-il. Oui, c'est bien la méthode de Newton-Raphson que nous connaissons.

Mais ce n'est pas elle qui a eu le plus d'importance pour l'histoire de l'informatique, pas plus que les méthodes de quadrature de Newton-Cotes.

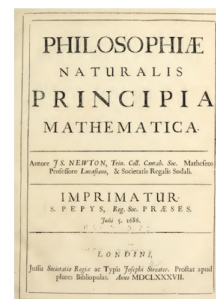
La méthode de Newton-Raphson
Simpson, Essays on several subjects (1740)



21 Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica

La méthode la plus importante, on la trouve dans ce livre, les principes mathématiques de la philosophie naturelle, peut-être le livre qui a eu le plus d'influence dans toute l'histoire des sciences.

Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica
Isaac Newton (1643-1727)



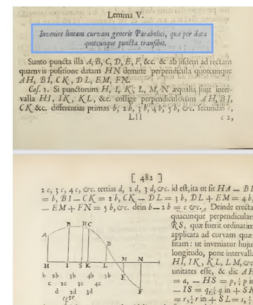
22 une courbe du genre parabole

Vers la fin, Newton donne un lemme pour expliquer comment trouver une courbe « du genre parabole », c'est-à-dire pour nous un polynôme, qui passe par des points quelconques (c'est ce qui est surligné en bleu). Une interpolation donc : c'est ce que nous appelons le polynôme interpolateur de Lagrange, bien que Lagrange ait toujours dit qu'il était dû à Newton.

Regardez la figure en bas de l'image. Au-dessous de la courbe, on voit une sorte de triangle de notations : $b, 2b, 3b, 4b, 5b$, puis en dessous $c, 2c, 3c, 4c$, puis $d, 2d, 3d$, etc. C'est ce que nous appelons les différences divisées.

une courbe du genre parabole

Isaac Newton (1643-1727)

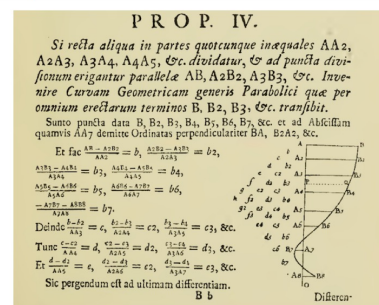


23 Methodus Differentialis (1711)

Newton ne publiera cette méthode en tant que telle qu'en 1711, bien qu'il l'ait utilisée depuis 1665. La figure est plus claire ici. Le principe est simple. Disons qu'on se donne des abscisses régulièrement espacées et qu'on veut calculer les valeurs d'un polynôme en ces abscisses. On considère les différences entre deux valeurs successives, puis les différences entre différences successives, etc. Si le polynôme est de degré n , les différences d'ordre n sont constantes, tout comme la dérivée d'ordre n est constante. La magie est qu'il suffit de partir de cette différence d'ordre n constante, pour calculer les précédentes en remontant. Et donc le calcul des valeurs du polynôme en autant d'abscisses que l'on voudra peut se faire uniquement par des additions. Newton est parfaitement conscient non seulement que c'est le moyen le plus efficace pour calculer une table de valeurs numériques, mais qu'il est applicable à n'importe quelle fonction, pourvu qu'on se donne une approximation polynomiale.

Methodus Differentialis (1711)

Isaac Newton (1643-1727)



24 Tables of this kind

Voici ce qu'il dit, toujours dans cette même lettre d'octobre 1676.

« Ce qui a été dit sur les tables de ce type, peut être appliqué à d'autres qui n'ont rien à voir avec la géométrie. De plus, il suffit d'utiliser la série pour calculer 30 ou 20, ou même moins de termes suffisamment espacés, et les autres termes seront calculés par une méthode que j'avais *presque* décidé de décrire ici pour l'usage des calculateurs. »

Ce qu'il veut dire c'est que jusque-là, on ne savait calculer des tables que pour les fonctions qui avaient une formule de calcul spécifique, comme les fonctions trigonométriques, ou le logarithme. Grâce à sa méthode, c'est n'importe quelle fonction qu'on peut tabuler.

Évidemment, quand Newton emploie le mot *computer*, c'est à des humains qu'il pense.

Tables of this kind

Newton, October 24, 1676

What has been said about Tables of this kind can be applied to others where Geometrical considerations have no place. Moreover, it is sufficient by means of these series to calculate 30 or 20, or even fewer terms at suitable distances apart, since the intermediate terms are easily inserted by a method which I had almost decided to describe here for the use of computers.

25 by the aid of differences

Mais quand Babbage écrit au Président de la Royal Society en juillet 1822, c'est d'une machine qu'il s'agit : celle qu'il appelle « Difference Engine », précisément parce qu'il l'a conçue pour calculer des tables numériques par la méthode de Newton. Voici ce qu'il dit.

« La première machine dont les plans ont été dessinés est capable de calculer n'importe quelle table au moyen des différences. »

Et sur la performance algorithmique, il ajoute :

« Une propriété remarquable de cette machine est que plus grand est le nombre de différences, plus la machine l'emporte sur les calculateurs humains. »

En d'autres termes, si on augmente la précision, donc le degré du polynôme d'approximation, le rapport de performance en faveur de la machine, augmente.

Bon, tout cela était bien théorique ! Je sens que vous aimeriez un petit ragot pour détendre l'atmosphère. Le problème avec Newton est qu'il était plutôt austère : le style people, c'était vraiment pas son genre.

Heureusement, on peut toujours compter sur Voltaire !

26 sans une jolie nièce

« J'avais cru dans ma jeunesse que Newton avait fait sa fortune par son extrême mérite. Je m'étais imaginé que la cour et la ville de Londres l'avaient nommé par acclamation grand-maître des monnaies du royaume. Point du tout. Isaac Newton avait une nièce assez aimable nommée madame Conduit ; elle plut beaucoup au grand-trésorier Hallifax. Le calcul infinitésimal et la gravitation ne lui auraient servi de rien sans une jolie nièce. »

27 The famous witty Miss Barton

La voici cette jolie nièce, qualifiée de célèbre et spirituelle par ses contemporains. C'est la seule image qu'on en ait.

Certes on peut toujours compter sur Voltaire pour les ragots, mais pas pour la vérité historique.

by the aid of differences

Babbage to the President of the Royal Society, July 3rd 1822

The first engine of which drawings were made was one which is capable of **computing any table by the aid of differences**.

[...]

One remarkable property of this machine is, that the greater the number of differences the more the engine will outstrip the most rapid calculator.

sans une jolie nièce

Voltaire, Dictionnaire philosophique, 1757

J'avais cru dans ma jeunesse que Newton avait fait sa fortune par son extrême mérite. Je m'étais imaginé que la cour et la ville de Londres l'avaient nommé par acclamation grand-maître des monnaies du royaume. Point du tout. Isaac Newton avait une nièce assez aimable nommée madame Conduit ; elle plut beaucoup au grand-trésorier Hallifax. Le calcul infinitésimal et la gravitation ne lui auraient servi de rien sans une jolie nièce.

The famous witty Miss Barton

Catherine Barton (1680–1739)



Catherine Barton

28 Lord Halifax, Chancellor of the Exchequer

Lord Halifax était bien ministre des finances. S'il a nommé Newton grand-maître des monnaies, c'était parce qu'il l'avait connu à Cambridge, qu'il l'admirait et qu'il avait confiance en lui. Certainement pas à cause de sa nièce : elle était enfant au moment de la nomination de Newton, il ne l'avait pas encore rencontrée.

Bon certes, il se sont rattrapés ensuite : il lui a confié l'intendance de sa maison, et à sa mort il lui a laissé une forte somme d'argent, en précisant dans son testament que c'était « as a small recompense for the pleasure and happiness I have had in her conversation ». Je vous laisse imaginer les ragots. De Morgan (celui des lois de Morgan en logique), qui est une autre mauvaise langue, a écrit tout un livre pour expliquer que Catherine Barton et lord Halifax avaient été secrètement mariés. Rien n'est moins sûr. Ce qui est sûr en revanche est que après la mort de Lord Halifax en 1715, Catherine Barton s'est occupée de Newton, qu'elle est devenue Madame Conduitt et qu'elle et son mari ont continué à héberger Newton jusqu'à sa mort.

29 standing on the shoulders of giants

Dans tout ce qu'on raconte sur Newton, il a effectivement dit qu'il avait vu plus loin parce qu'il était debout sur des épaules de géants. Il l'a dit dans cette lettre à Robert Hooke en 1675, avant que leur relation ne tourne au vinaigre.

De toutes façons, l'expression était connue depuis l'antiquité, et Newton l'utilisait avec Hooke par fausse modestie.

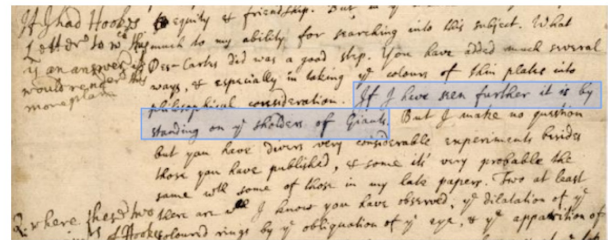
Lord Halifax, Chancellor of the Exchequer

Charles Montagu (1661–1715)



standing on the shoulders of giants

Lettre à Robert Hooke, Cambridge 7 février 1675



30 le grand Océan de la vérité

Ce qui semble plus sincère, et aussi plus sympathique, c'est ceci.

« Je ne sais ce que le monde pensera de mes travaux ; mais pour moi, il semble que je n'ai pas été autre chose qu'un enfant jouant sur le bord de la mer, et trouvant tantôt un caillou un peu plus poli, tantôt une coquille un peu plus agréablement variée qu'une autre, tandis que le grand océan de la vérité s'étendait inexploré devant moi. »

le grand Océan de la vérité

J.-B. Biot, Biographie de Newton (1858)

Je ne sais ce que le monde pensera de mes travaux ; mais pour moi, il semble que je n'ai pas été autre chose qu'un enfant jouant sur le bord de la mer, et trouvant tantôt un caillou un peu plus poli, tantôt une coquille un peu plus agréablement variée qu'une autre, tandis que le grand Océan de la vérité s'étendait inexploré devant moi.

Tout de même, inventer le calcul différentiel et l'analyse numérique tout ça pour jouer à découvrir la gravitation universelle, quel gamin ce Newton !

références

- J. Baillon (1994) Aspects de l'impact culturel et idéologique des découvertes de Newton, *Bulletin de la société d'études anglo-américaines des XVII^e-XVIII^e siècles*, 38, 73–83
- J.-L. Chabert et al. (1994) *Histoire d'algorithmes*, Paris : Belin
- H. H. Goldstine (1977) *A history of numerical analysis from the 16th century through the 19th century*, New York : Springer
- D. C. Fraser (1919) *Newton's interpolation formulas*, London : Layton
- M. Panza (2003) *Newton*, Paris : Les Belles Lettres