

Introduction



L'après-midi d'une belle journée ensoleillée en Angleterre (cela arrive parfois...), en l'an 1665, un certain Isaac Newton découvrit la fameuse loi de la gravitation universelle. Il est dit que le brillant professeur de physique, assoupi à l'ombre d'un pommier, fut tiré de sa rêverie par la chute d'un fruit de cet arbre, dont sa tête aurait été la victime. L'incident *a priori* banal plongea Newton dans une profonde méditation. À la fin de laquelle il s'écria :

$$« F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} »$$

Or il faut déplorer que, même si Newton a plutôt bien étudié une partie du problème, il a oublié l'autre : Qu'arrive-t-il à la pomme ? Nul ne s'était intéressé au destin de ce fruit, dont on ne se souvient qu'à travers son influence sur la physique moderne.

Ce T très P et plus ou moins E va tenter répondre à la question lancinante :

« Qu'est devenue la pomme qui est tombée sur la tête de Newton ? »

Ce qui implique bien d'autres interrogations.

Tout d'abord, cette pomme, d'où vient-elle ? Était-elle déjà connue pour ce genre de méfaits ?

Où est-elle tombée, et comment ? Pourquoi ne l'a-t-on pas retrouvée ?

Alors, qu'est-elle devenue ? A-t-elle vraiment disparu depuis cet incident ? En somme-nous *absolument* certains ?

Par souci non spontané d'organisation, le TPE sera divisé en trois parties :

1. Avec préméditation
2. La Chute
3. De quoi demain fut fait

Certains prétendront que c'est la variété McIntosh, en raison de son lien avec une société d'informatique fondée sur la mésaventure de Newton, qui poussait en réalité dans les environs de Woolsthorpe (où Newton s'était retiré pendant l'épidémie de peste à Londres). Mais cette société étant fondée non seulement sur cette anecdote mais surtout à Cupertino par deux étudiants peu recommandables, on ne se fourvoiera point dans cette direction.

C'est pourquoi, étant donné que :

① nous ignorons la nature de la pomme qui aurait éclairé Newton car les autorités anglaises ont refusé à l'auteur la permission d'effectuer des prélèvements d'ADN sur les cheveux de l'intéressé et

② il faudrait alors se procurer cette variété, qui n'existe peut-être plus,

le choix s'est porté au hasard sur la Golden, qui pèse en moyenne 200 g à maturité et qui a l'avantage d'être très commune et bon marché.

1. Avec *préméditation* – le passé de la pomme

A. L'histoire de la chute des pommes

Le pommier qui frappa Newton était en réalité vieux de vingt siècles ! La chute des pommes a en effet reçu diverses explications plus ou moins scientifiques depuis l'Antiquité.

Aristote, au IV^{me} siècle avant JC, imagine que le monde est constitué de quatre éléments fondamentaux (terre, eau, air, feu) répartis dans chaque objet en certaines proportions. Chacun des quatre éléments tend vers une position différente : la terre «tombe» le plus bas possible, l'eau tente de se placer directement dessus, l'air couvre l'eau, et le feu s'élève au-dessus de tout.

Ainsi, la pomme, constituée de terre et d'eau, tend *naturellement* à rejoindre le sol fait de terre, en traversant l'air. De plus, Aristote pense qu'après une courte période d'accélération, un corps tombe avec une vitesse constante proportionnelle à sa masse.

Cette dernière observation ne s'applique pas en réalité dans le cas de la pomme tombant dans l'air d'une faible hauteur.

Pour le philosophe grec et ses disciples des siècles ultérieurs (la philosophie aristotélicienne étant devenue avec Thomas d'Aquin la philosophie officielle de l'Église catholique), le mouvement de chute de la pomme n'est provoqué par aucune force extérieure, il est simplement *naturel*.

Vers l'an 500, Jean Philopon réfute la proportionnalité entre la masse et la vitesse de chute. Il observe que deux objets de masses différentes lâchés d'une même hauteur arrivent au sol presque en même temps.

En 1586, un certain Simon Stevin, qui aimait beaucoup les pommes, eut enfin l'idée de tenter l'expérience décisive, celle qui changerait le destin de l'humanité. Il tenait deux pommes, une petite pomme jaune délicatement parfumée, et une grosse et juteuse pomme bien rouge, et il plongeait son regard sur la planche de bois en contrebas au-dessus de laquelle il s'apprêtait à les lâcher, tel Isildur crispé sur l'Anneau au cœur de la Montagne du Destin*. Alors, un frisson le saisit, qui anéantit son enthousiasme. Il ne put résister à la volonté des Pommes, et il leur substitua deux billes de plomb dont l'une pesait dix fois plus que l'autre, qui frappèrent en même temps la planche tandis que là-haut Stevin dégustait les fruits.

Peu après, Galilée lui aussi lâcha, cette fois-ci de la tour de Pise, deux billes métalliques de dimensions différentes. Il pensait à cette époque que la vitesse de chute d'un corps dépendait de sa nature, puisque la taille, il l'avait vérifié, n'avait pas d'influence. Ainsi une pomme frite devait tomber plus lentement qu'une pomme de pin ... bien que ce corollaire ne lui vint pas à l'esprit.

En 1601, ayant décidé d'observer au lieu de chercher vainement des théories à partir de presque rien, il laissa rouler ses billes sur un plan incliné, ce qui lui permit de mesurer, enfin, le temps de chute assez précisément et de trouver que la distance de chute était proportionnelle au carré du temps. Et donc, que l'accélération d'une pomme en chute libre est constante.

$$y \propto t^2 \Rightarrow v = a \cdot t \Rightarrow a \text{ constante}$$

Mais cela, bien que permettant de calculer la vitesse de la pomme, n'expliqua rien des causes de sa chute et encore moins des conséquences de cette chute.

Et c'est ainsi d'une certaine hauteur déjà que la pomme de Newton tomba sur le sujet de ce TPE...

B. La version de Newton

Car icelui, en la glorieuse année seize-cent soixante-cinq, échappa au fruit lâché sur lui par un pommier Anglais – même leurs pommiers sont perfides ! – et en tira quelques conclusions utiles sur la chute des pommes dans l'Univers.

Notamment, la force de gravitation fut enfin découverte et définie comme une interaction à distance dont l'intensité dépend des masses et de la distance entre les corps concernés. Le terme d'«interaction» étant hélas ! trop souvent pris à la légère dans le cas de la chute des pommes.

Ce qui s'est réellement passé, Newton seul le sait. Il est généralement admis que la pomme serait tombée *devant* lui, et que l'histoire se serait transformée en mythe, faisant tomber la pomme *sur* Newton. Mais peut-être cela est-il réellement arrivé ? peut-être aussi Newton a-t-il inventé sa propre légende, pour amplifier sa découverte et se donner une notoriété que ses contemporains les plus vieux lui refusèrent lors de la parution des *Principia* ?

* cf. *Le Seigneur des Anneaux*. Isildur, ayant vaincu le Seigneur Ténébreux, s'empare de son Anneau au lieu de le jeter comme il aurait dû le faire dans les flammes de la Montagne du Destin, où l'Anneau fut forgé.

C. Mûrissement et rupture de la tige

Pour que la pomme pût tomber, il fallait bien sûr que la Terre et la tête de Newton l'attirassent vers elles. Mais ne tombe pas tout ce qui veut tomber : la pomme, en dépit de sa malveillance, vit passer de nombreux Newtons sous sa branche avant d'être assez lourde et que sa tige ne la refît plus dans le ciel.

Lors de la maturation, qui commence pendant la *crise climactérique*, une grande quantité d'éthylène est produite dont une partie est émise dans l'air. Un kg de pommes peut émettre en une heure jusqu'à 3 mg d'éthylène, dans des conditions optimales (atmosphère bien aérée à 20 °C). L'auxine et les cytokinines, hormones de croissance des végétaux, stimulent la production d'éthylène. L'éthylène est également auto-catalytique (il favorise sa propre synthèse).

L'éthylène est une hormone qui provoque notamment l'abscission.

L'*abscission* : nom barbare désignant la rupture de la tige des fruits ou des feuilles. Au fur et à mesure que le fruit mûrit et que la saison avance, les cellules de la tige produisent plus d'éthylène au-dessus de la *zone d'abscission*. Ce qui provoque la flétrissure et la mort des cellules de cette zone, avec les conséquences que l'on sait...

L'éthylène provoque et accélère aussi et surtout le mûrissement.

La pomme contient au départ près de 25% d'amidon, qui est transformé en sucres solubles (glucose, fructose, saccharose) et dont il ne reste plus que 1 à 2% dans le fruit mûr. Cela provoque un amollissement de la chair, car l'amidon est une grosse molécule filamenteuse et fait place à des petits composés dissous. Une relativement grande quantité d'acides (1 à 2%, surtout l'acide malique dans la pomme) est produite. La chlorophylle disparaît, et les chloroplastes et chromoplastes produisent de nouveaux pigments, qui restent concentrés dans la peau. Ce sont, chez la pomme, en majorité des flavonoïdes qui incluent des polyphénols dont on reparlera. On peut citer les flavones jaunes et les anthocyanes rouges. Ils sont solubles dans l'eau et s'accumulent dans les vacuoles des cellules de la peau.

La pomme est désormais bien mûre, son pétiole ne la retient plus, elle est prête... pour la Chute !

2. La Chute – trajectoire, dégâts

A. Application simple (chute libre verticale)

Dans un manuel scolaire, on traiterai bêtement ce problème en négligeant des tas de choses. On aurait une pomme assimilée à un point, le sol horizontal, les deux absolument rigides, et rien entre les deux qu'une hauteur qui serait sans aucun doute nommée h . Le livre demanderait de calculer, par exemple, le temps de chute de la pomme. Prenons une hauteur de 5 m et un champ de gravitation de $9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$. Le temps de chute est :

$$\Delta t = \sqrt{2h/g} \approx 1,010 \text{ s}$$

La pomme serait alors tombée tout droit à la verticale de sa tige, et se serait figée en touchant le sol :



Mais ce serait trop facile... Tous les chercheurs qui ont tenté de récupérer la relique sacrée de la physique classique à la verticale du pommier de Newton n'ont rien pu trouver là. Ils ont alors commencé par revoir leurs équations.

B. Facteurs supplémentaires

En effet, on n'a pas tenu compte du mouvement de la Terre, du courant d'air qui pouvait traverser les branchages, et autres facteurs qui ont pu jouer un rôle dans l'intérêt et la complexité insoupçonnée de la présente étude.

La pomme, disions-nous, serait tombée à la verticale, mais... la Terre tourne ! et la verticale ne tombe plus au même endroit si le sol se dérobe pendant que la pomme tombe. Donc, elle serait plutôt tombée...



On peut tenter de calculer la position de ce point en assimilant la Terre à une sphère. La Terre tournant sur son axe à une vitesse angulaire de 1 tour par jour soit

$$\omega = 2\pi/24\text{h} \approx 7,272 \cdot 10^{-5} \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

la durée de chute étant de 1,01 secondes la rotation de la Terre pendant la chute a été de

$$\theta = \omega \cdot \Delta t \approx 7,345 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

Soient R_T le rayon de la Terre et φ_W la latitude de Woolsthorpe ($52,9^\circ$). La circonférence de la Terre à la latitude de la ville natale de Newton est

$$C_W = 2\pi \cdot R_T \cdot \cos \varphi_W \approx 2,414273 \cdot 10^7 \text{ m}$$

d'où la distance parcourue par le point situé juste sous la pomme :

$$x_W = (\theta/2\pi) \cdot C_W \approx 282,2268 \text{ m}$$

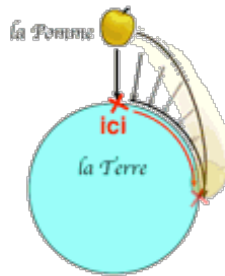
On croit comprendre enfin pourquoi on n'a pas pu retrouver cette pomme !

Cependant l'observation attentive de la chute d'une pomme contredit ces calculs. On ne voit jamais un fruit tomber d'une branche à 1 200 km/h vers l'Ouest, même par vent fort et dans le Lincolnshire.

Comment ? une erreur ?! non, c'est impossible. Un oubli, bien sûr...

En effet, un élément vital manque ici : le pommier ! sans pommier, pas de pomme, et pas de théorie de la gravitation universelle.

Le pommier est solidement enraciné dans le sol, *ergo* il transmet à la pomme le mouvement de la Terre, *ergo* la pomme tourne avec la Terre et conserve la composante de rotation vers l'Est pendant sa chute. Ouf ! finalement, la pomme serait bel et bien tombée



Sauf que... elle n'est *pas* tombée là. Il y a une erreur dans la correction. Le mouvement commun à la Terre et au pommier est un mouvement *circulaire* mesuré par une vitesse angulaire. Or la pomme ne peut conserver qu'une vitesse linéaire qui est reliée à la vitesse angulaire par le rayon. Et le rayon est différent selon qu'on se trouve au ras du sol ou dans les branchages d'un grand pommier millénaire. La vitesse linéaire du haut du pommier était donc plus grande, et on peut reprendre les calculs précédents pour trouver la distance horizontale parcourue par la pomme :

$$x_p = (\omega / 2\pi) \cdot C_p = \omega \cdot (h + R_T) \cdot \cos \theta_W$$

et la déviation par rapport à la trajectoire parfaitement verticale est

$$\begin{aligned} \Delta x &= x_p - x_W = \omega \cdot (h + R_T) \cdot \cos \theta_W - \omega \cdot (R_T) \cdot \cos \theta_W \\ &= \omega \cdot h \cdot \cos \theta_W \approx 2,2156 \cdot 10^{-4} \text{ m} \end{aligned}$$

Un écart impressionnant de 0,2 mm ! la pomme n'est donc pas tombée là où on l'attendait, mais un peu plus à l'Est.

Il est possible qu'un courant d'air ait dévié la pomme en plus de cet écart de vitesse initiale. On ne connaît rien des conditions météorologiques de l'événement, hormis la saison : l'automne vraisemblablement.

N'ayant aucune donnée, on peut néanmoins imaginer (juste pour le plaisir) qu'il y avait du vent. Ce vent fait vibrer les branches du pommier et, par résonance, de plus en plus fort. À tel point que la pomme aurait pu avoir une vitesse initiale de plusieurs $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, ce qui se traduirait au sol par un écart significatif de plusieurs centimètres du point d'impact.

De plus, la vitesse horizontale aurait été suffisante pour faire rouler la pomme... et pour peu qu'il y eut une légère pente, qui sait où elle a pu finir ?

Malgré tout, elle n'a pas pu aller bien loin toute seule. Comme on l'a cherchée sur un certain périmètre, plus large même que les 0,2 mm qu'on avait pas prévus, il doit bien avoir une autre explication à sa disparition.

C. Dégâts

Une pomme qui tombe de cinq mètres sur un sol suffisamment dur (dans l'expérience, une plaque de carton), ça donne ceci :



La pomme est fendue et la partie inférieure n'est plus que de la compote, qui va brunir rapidement.

Ce brunissement n'est pas du au fer comme on le pense souvent, mais à l'action de la polyphénoloxydase sur les phénols (voir I. C) comme l'acide chlorogénique et le catéchol en présence d'oxygène. Les composés bruns issus de cette réaction sont les orthoquinones, qui se polymérisent pour former des substances plus intensément colorées.

Dans les conditions de l'expérience la pomme a rebondi une fois de 70 cm environ, et n'a pas déformé le carton ondulé. Au départ, la pomme (de masse 0,2 kg) avait une énergie potentielle de pesanteur

$$\mathcal{E}_{pp_0} = m \cdot g \cdot h \approx 9,8 \text{ J}$$

Pendant sa chute elle acquiert de la vitesse jusqu'à l'impact où son énergie cinétique égale l'énergie potentielle de départ. À ce moment-là une petite partie de l'énergie est reconvertie par élasticité en énergie potentielle dont on connaît la valeur, ce qui permet de calculer l'énergie globale perdue lors du premier impact :

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{pp_0} - 0,7 \cdot m \cdot g \approx 8,4 \text{ J}$$

Une grande partie de cette énergie est encaissée par la chair qui s'amollit et, le choc étant trop rapide, se fend également. Une autre partie est transformée en chaleur et en bruit.

Eh bien, la pomme n'a toujours pas disparu. Au pire, elle a roulé à quelques mètres du pommier. Elle est toujours là, entière, un peu traumatisée, et pourtant personne ne l'a retrouvée. Où est-elle ? ou plutôt : que *fait*-elle ?...

3. *De quoi demain fut fait* – conséquences

Comme on ne la trouve toujours pas, elle ne doit plus être là. Pourtant...

A. Si Newton la mange

Newton, soit par vengeance si la pomme lui est réellement tombée dessus, soit par pur instinct de survie, de même que n'importe quel animal affamé, a pu manger la pomme. Dans ce cas, que ce soit Newton ou un vers qui s'en soit chargé, la pomme est digérée.

Dans le cas où Newton lui-même aurait métabolisé la pomme, on peut peut-être en retrouver des traces dans un certain tombeau de l'abbaye de Westminster. Sinon, nul ne sait où la chaîne alimentaire a pu la disperser. La digestion récupère notamment les sucres, les protéines et les vitamines, mais ne laisse pas l'intégralité de ses produits dans l'organisme. Il reste des déchets solides et des gaz, dont le dioxyde de carbone, l'ammoniac et le méthane.

En tous cas, pas moyen de retrouver la pomme, puisque, comme je l'ai dit auparavant, les autorités anglaises refusent que le corps du premier scientifique anobli du royaume soit exhumé.

B. Si on en fait de l'eau-de-vie

Un autochtone a pu la ramasser et la distiller. Mais pour faire du bon calvados, il faut d'abord que la pomme macère – et devienne du cidre. Des bactéries transforment les sucres en alcool, et éventuellement produisent certains acides plus ou moins agréables.

La distillation consiste à chauffer le cidre de préférence dans un alambic de cuivre (car le cuivre fixe certains composés indésirables dont les acides gras) et à refroidir la vapeur, que l'on récupère. Après filtrage et élimination de divers produits dont les alcools primaires à odeur de solvants ou de métaux, les alcools tertiaires à odeur végétale ou aigre, et des acides, l'eau-de-vie contient de l'éthanol, des esters, des aldéhydes dont l'éthanal (odeur de pomme), et d'autres composés selon la distillation et la macération préalable.

Le reste, tout ce qui a été rejeté ou émis pendant la macération, contient – ô surprise ! – du CO₂ et du méthane.

Si quelqu'un voit «Made with Newton's apple» sur une bouteille de 1666, qu'il me prévienne ! en attendant, il faut se résigner à abandonner la pomme si cette hypothèse était la bonne.

C. Si elle se décompose

Et si personne n'y a touché, elle n'est pas restée là longtemps.

Des bactéries se sont chargées de la décomposer et elle a subi en partie les mêmes transformations que si elle avait macéré pour donner du cidre, mais d'autres mécanismes interviennent car la pomme n'était pas en milieu fermé et anaérobie.

Bref, la matière solide a été intégrée au sol et des morilles ont pu pousser dessus (ces champignons affectionnent en effet la terre sous les pommiers). Comme les chercheurs ne cherchaient que des pommes, ils n'ont pas fait attention, et on ignore si des morilles poussaient 0,2 mm devant le pommier.

Et là encore, la décomposition entraîne l'émission de CO₂, de méthane, d'ammoniac, et encore de divers composés azotés et organiques en moins grande quantité.

A priori, donc, dans ce cas-là aussi, la pomme est portée disparue. Il faudrait qu'un descendant d'un habitant de Woolsthorpe retrouve un manuscrit de son ancêtre racontant que l'année 1665 fut excellente pour la cueillette des morilles sous un certain pommier.

D. Conséquences imprévues

La chute de la pomme est due à la gravité. Surprenant, non ? évident ? non ! car (voir I. A), la gravitation est une interaction, et cette notion a mis des siècles pour être acceptée, et n'a jamais été perçue comme évidente. En vérité, la Terre elle-même a changé lors de la chute de la pomme, et pas seulement au second degré.

La chute de la pomme a rapproché une – infime, et alors ? – partie de la masse de la Terre de 5 mètres vers le centre. Donc... le centre de masse de la Terre a bougé. Grâce à Kepler, dont Newton a par ailleurs révisé les lois bien que sa correction n'est pas utile ici, on peut calculer que le centre de masse de la Terre a été décalé vers la pomme de

$$\Delta O = (R_T + h) \cdot m_p / (m_T + m_p) - R_T \cdot m_p / (m_T + m_p) \\ = h \cdot m_p / (m_T + m_p) \approx 1,672 \cdot 10^{-25} \text{ m}$$

Le fait que la pomme se soit rapprochée du centre de la Terre n'a pas modifié que la position de ce point : la chute de la pomme a aussi diminué le moment d'inertie de la planète, et a du coup, comme le moment cinétique de l'ensemble n'a pas changé, accéléré sa rotation. La vitesse angulaire de la Terre a été multipliée par

$$\square = (m_p \cdot (R_T + h)^2 + 2 \cdot m_T \cdot R_T^2 / 5) / (m_p \cdot R_T^2 + 2 \cdot m_T \cdot R_T^2 / 5) \\ \approx 1 + 1,313 \cdot 10^{-31}$$

soit, à l'équateur pour changer, $6,080 \cdot 10^{-29} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ de plus qu'avant la chute de la pomme !

Que la pomme soit digérée, distillée, ou décomposée, elle a émis du méthane et du dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre en moins grande quantité.

On voudrait penser que cette quantité infime, quelques milligrammes, s'est fondue dans les émissions énormes dues à l'activité de la vie et plus tard de l'industrie sur Terre. On aurait *évidemment* raison. Et si, malgré tout, la pomme était toujours là ? Si les restes de sa disparition se manifestaient encore aujourd'hui ?

Il faut donc s'intéresser à l'imprévisible, justifier l'imprévisible, et faire appel à la *Théorie du Chaos*...

De quel droit peut-on le faire au sujet d'une insignifiante pomme ? Nous sommes partis des gaz à effet de serre, donc, d'un problème climatique ; le climat est justement un *système chaotique* dont la pomme et ses résidus font partie. Dans un système chaotique on peut observer « l'effet papillon » qui a inspiré la théorie du chaos. Laquelle dit entre autres propriétés :

« *Dans un système chaotique, les effets ne sont pas toujours proportionnels aux causes.* »

De fait, la simulation informatique a montré qu'en quelques mois la moindre perturbation de l'atmosphère peut s'amplifier et conduire à un changement météorologique palpable.

La pomme de Newton serait alors responsable des dérèglements climatiques qu'a subi l'Europe ces dernières années. Un phénomène particulier, El Niño, naît parfois au-dessus de l'Indonésie grâce à l'interaction des vents et des mers, qui se comportent comme un système oscillant : une variation infime peut là aussi s'amplifier et déclencher El Niño. Pourquoi pas les perturbations provoquées par la pomme ?

Si l'on veut retrouver finalement la pomme de Sir Isaac Newton, il faut donc faire un tour dans l'ISS*, admirer la Terre et en particulier, ses nuages et son mouvement dans l'espace. La-haut, il faut penser que c'est peut-être la chute d'une pomme devant un professeur de Cambridge qui fit tomber la neige sur Paris cet hiver.

* International Space Station

Conclusion

L'énergie de l'inutile

La pomme qui tomba devant ou sur Newton avait un lourd passé connu des philosophes. Il fallait qu'elle chut sur Newton, pour des raisons purement biologiques.

Quant à cette chute inoubliable, elle laissa longtemps des zones d'ombre qui n'ont pas toutes été éclaircies dans ces pages, mais dont certaines y ont révélé des comportements insoupçonnés que l'on a pris la fâcheuse habitude de négliger. La négligence entraînant l'oubli, et l'oubli engendrant la faute, on se retrouva avec cette pomme courant dans la nature sans surveillance.

Quelle que fut sa «fin», l'Histoire ne s'arrêta pas, la chute de la pomme entraîna des bouleversements irréversibles.

À chaque déception lors de la quête de la pomme, il a fallu trouver dans le fruit la petite bête qui complique les choses, et même invoquer le Chaos pour en finir avec les résidus volatils qu'on croyait perdus.

C'est ainsi qu'une anecdote légendaire dont on ne saurait rien sans la présence d'Isaac Newton dévia la Terre de son orbite, accéléra sa rotation, donna naissance à des tempêtes, inspira Apple Computer, la R. à B., ce TPE ici juste sous vos yeux, et accessoirement la théorie de la gravitation universelle.

Au fait, savez-vous pourquoi cette pomme 🍏 est croquée ?

Touffy_

Crédits

Remerciements :

Michel Gouet, professeur d'électronique à Paris XII

Fabienne Rouxel, professeur de SVT au lycée Jean Jaurès

Sources :

Physique 1 : Mécanique seconde édition, Harris Benson, éd. De Boeck Université

T.I.P.E. Physique mode d'emploi, Chérif Zananiri, éd. ellipses

Agriculture et Agro-alimentaire Canada <http://www.agr.ca>

La distillation charentaise pour l'obtention des eaux-de-vie de Cognac, Cantagrel-Lurton-Vidal-Galy

Online journey through astronomy <http://csep10.phys.utk.edu/>

The history of Apple Computer <http://www.apple-history.com>

Images :

Touffy Imaging Studios ®

Pour contacter l'auteur : touffy@wanadoo.fr

Ce TPE est téléchargeable sur <http://heleneboucher.free.fr/tpe/touffy.pdf>

Format original RTFD. Première publication définitive : 2 Février 2003.

Version 1.0 du 2/02/2003 • Copyright David Junger © 2003 Tous droits réservés.