

mières expériences des années 1990 sur le rutherfordium (104) et le dubnium (105) suggéraient déjà que ces éléments n'avaient pas les propriétés attendues d'après leur position dans le tableau périodique. Ken Czerwinski et ses collègues, à l'Université de Californie à Berkeley, ont découvert que, en solution, le rutherfordium réagissait de façon similaire au plutonium, qui est très éloigné dans le tableau périodique. De même, le dubnium présentait des signes de comportement comparable à celui du protactinium, élément à nouveau assez éloigné dans le tableau périodique. En l'absence d'effets relativistes, ces deux éléments auraient dû se comporter comme ceux qui se trouvent directement au-dessus d'eux, à savoir le hafnium et le tantale. Ces mesures difficiles restent à confirmer.

Dans les travaux plus récents, les chercheurs ont synthétisé de nouveaux éléments superlourds, mais seulement en nombre limité (la découverte de l'élément 117 repose ainsi sur l'observation de six atomes seulement). De plus, les éléments superlourds sont très instables ; ils se désintègrent en éléments plus légers en une fraction de seconde. Les scientifiques sont réduits à observer les débris de cette décomposition nucléaire, qui fournit des informations sur la physique et la chimie des noyaux éphémères. Ainsi, étudier les propriétés chimiques grâce à la chimie « par voie humide » classique – mettre la substance dans un flacon et observer comment elle réagit avec d'autres composés chimiques – est impossible. Et pourtant les scientifiques ont trouvé des techniques ingénieuses pour étudier la chimie de ces éléments, atome par atome.

Comme le mercure ou comme le radon ?

Les expériences chimiques effectuées sur les deux éléments suivants, le seaborgium (106) et le bohrium (107), ont été décevantes comparées à celles menées sur les éléments 104 et 105. En effet, le seaborgium et le bohrium semblent réagir comme l'anticipent les règles de Mendeleïev, qui ignorent les effets relativistes. Le principe périodique semblait reprendre les commandes !

Dans le cas de l'élément 112, les chimistes et les physiciens ont voulu savoir si cet élément se comporte plutôt comme le mercure, qui se trouve juste au-dessus de lui dans le tableau périodique, ou comme

le radon, un gaz rare, ainsi que le prévoient certains calculs relativistes. Dans quelques expériences, des chercheurs ont synthétisé des atomes de l'élément 112, accompagnés d'isotopes lourds du mercure et du radon. Ces derniers existent à l'état naturel, mais les physiciens utilisent des éléments de synthèse, car ils peuvent les produire dans des conditions identiques à celles qui donnent naissance à l'élément 112.

Les expérimentateurs ont alors déposé ces atomes sur une surface maintenue à très basse température et recouverte en partie d'or et en partie de glace. Si l'élément 112 se comporte vraiment comme un métal, il se liera à l'or. S'il est davantage comparable au radon, il aura tendance à se déposer sur la glace. À ce jour, plusieurs laboratoires ont obtenu des résultats différents, et la situation est encore loin d'être clarifiée.

Les effets relativistes sur l'élément 114 ont aussi été étudiés. Les premiers résultats, rapportés par Robert Eichler et son équipe à l'Institut Paul Scherrer, en Suisse, ont surpris les scientifiques, tant ils vont à l'encontre de la théorie.

La poursuite des recherches sur la chimie des éléments superlourds devrait clarifier les divergences entre résultats expérimentaux et calculs théoriques. Simultanément, de nouveaux éléments seront ajoutés au tableau périodique. Une question plus générale est alors de savoir si ce tableau aura une fin. Le consensus général est que lorsque le nombre de protons devient trop grand, les noyaux ne se forment plus, même pendant un instant. Mais les opinions diffèrent sur le numéro atomique maximal. Selon certains calculs qui considèrent le noyau comme ponctuel, la limite se trouverait à l'élément 137. D'autres, qui ont pris en compte le volume du noyau, estiment que l'élément final sera de numéro atomique 172 ou 173.

On ignore encore si le principe de la périodicité du tableau s'applique aux éléments superlourds. Si les écarts dans les propriétés des atomes deviennent importants et systématiques, le tableau perdra son pouvoir prédictif. Mais cela ne retirera en rien son utilité pour de nombreux éléments. En général, le chimiste n'est pas confronté aux éléments les plus lourds – et instables – du tableau. Ainsi, 150 ans après sa conception, malgré les corrections dues aux effets relativistes, le tableau périodique de Mendeleïev est loin d'être obsolète et rend toujours de nombreux services. ■



Laboratoire Flerov

À la recherche de l'élément 119

Des éléments plus lourds que le 118 existent probablement. Leur découverte obligera à étendre le tableau périodique. Yuri Oganessian (ci-dessus), qui a dirigé l'équipe ayant créé l'élément 117, est maintenant prêt à tenter la synthèse du prochain élément, le 119. Celui-ci sera dans la colonne des alcalins, comme le lithium, le sodium, le potassium et le francium. Mais les effets relativistes pourraient lui donner des propriétés différentes.

■ BIBLIOGRAPHIE

E. Scerri, *A Very Short Introduction to the Periodic Table*, Oxford University Press, 2011.

P. Pykkö, *A suggested periodic table up to $Z \leq 172$, based on Dirac-Fock calculations on atoms and ions*, *Physical Chemistry Chemical Physics*, vol. 13, pp. 161-168, 2011.

E. Scerri, *Le tableau périodique des éléments, d'hier à demain*, *Pour la Science* n° 369, pp. 22-27, juillet 2008.

E. Scerri, *The Periodic Table, its Story and its Significance*, Oxford University Press, 2007.

HISTOIRE DES SCIENCES

Innovations et secrets, les « plis cachetés » de l'Académie des sciences

Depuis 1735, il est possible de déposer à l'Académie française des sciences une réflexion scientifique ou une invention sous la forme d'un pli cacheté.

Qui sont les auteurs de ces plis ?

Edgardo D. CAROSELLA et Pierre BUSER

Au XVIII^e siècle, en France, fut créée à l'Académie royale des sciences une procédure grâce à laquelle toute personne pouvait déposer, auprès de son secrétaire perpétuel, des réflexions dans un domaine précis de la science, un point de vue, un message ou une invention qui lui auraient paru dignes d'être conservés. Le pli [jadis nommé paquet, puis paquet] était cacheté, signé par son auteur, et son dépôt était en général accepté. L'auteur pouvait ensuite le retirer ou, au contraire, lui-même ou ses ayants droit avaient la possibilité d'en demander ultérieurement l'ouverture.

Depuis le dépôt du premier pli, en 1735, beaucoup sont restés clos et se sont de la sorte accumulés. C'est pourquoi une Commission fut créée en 1976, sous l'impulsion du secrétaire perpétuel Paul Germain. Sa mission était de procéder à l'ouverture des plis 100 années après le dépôt, à moins que les légataires ayants droit l'aient exigée plus tôt ou que le déposant lui-même, toujours vivant, l'ait demandée.

Jusqu'ici, la Commission s'est toujours pliée à ces diverses règles en essayant (car telle est sa tâche essentielle) de décider, lors de ses réunions (en principe bisannuelles), de l'intérêt d'un pli qui vient d'être ouvert et de désigner d'éventuels rapporteurs qui évalueront sa valeur scientifique. Le cas échéant, elle préconise son insertion, avec commentaires, dans une des publications de l'Académie.

Si cette procédure fut jadis créée, c'est parce que l'Académie royale des sciences avait alors parmi ses attributions premières « l'examen des machines ». Cette mission lui avait été confiée afin que soit déterminé l'intérêt économique des inventions, de façon à les protéger des contrefaçons ou de procédés concurrents. Entre 1666 et 1735, l'Académie a ainsi accordé son agrément à 377 machines, conférant à leurs auteurs un privilège exclusif d'exploiter cette découverte. Et, de fait, le premier pli ouvert le 27 octobre 1976 débute ainsi : « Comme j'appréhende que l'ouvrier qui travaille mes machines ne divulgue mon dessein... »

Mais bientôt s'est imposée une importante restriction à propos des droits que confèrent les plis cachetés. Dès 1844, une loi a spécifié que « l'antériorité ne résulte pas d'un mémoire déposé sous pli cacheté à une société savante et ouvert postérieurement à la demande du brevet », ce qui, bien sûr, incluait ceux qui avaient été déposés à l'Académie. Dès lors a disparu toute stratégie commerciale qui aurait pu tenter certains déposants, les règles en vigueur à l'Académie stipulant que le dépôt d'un pli ne peut en aucun cas constituer une prise de date équivalant à celle d'un brevet. En somme, si un flou a existé à cet égard dans les temps anciens, certains dépôts de plis pouvant être mis au compte d'un tel intérêt, toute tentative d'utiliser les plis cachetés comme dépôt de brevet est ensuite devenue exclue et inopérante.

Quelles motivations animent les déposants ? Que cache ce besoin de mettre au secret ses propres pensées et hypothèses ? C'est ce que nous avons essayé de découvrir en nous livrant à une sorte d'enquête socioculturelle et psychologique sur les plis cachetés et le contexte de leur dépôt. Certes, dans nombre de cas, il reste difficile de déterminer le pourquoi d'un dépôt, que le déposant soit déjà connu ou qu'il ne le soit pas encore, ou encore qu'il soit destiné à rester inconnu. On ne peut toutefois éviter certaines inférences, dont voici quelques exemples.

Plus de 16 000 plis entre 1735 et 1983

Tout d'abord, quelques chiffres. Entre 1735 et 1983, plus de 16 000 plis cachetés ont été déposés, soit environ 6 par an de 1730 à 1830, et 95 par an de 1830 à 1983. Parmi les auteurs de quelque 7 000 plis déposés pendant la période 1760-1960, on dénombre environ 800 membres de l'Académie, 1 500 ingénieurs, 1 400 médecins, 1 360 professeurs et chercheurs, 400 officiers, 280 artisans, etc.

Le nombre de plis fluctue selon les années. Cette variation reflète certes les événements historiques ou politiques de la vie française, mais aussi, nous le verrons, des événements scientifiques ou techniques généralement extérieurs à l'Académie. Ainsi a-t-on noté une affluence de plis au cours de la Première Guerre mondiale, autour de 1917,

de médecins ou d'officiers intéressés par les divers aspects de la défense nationale. En revanche, pendant la Seconde Guerre mondiale, l'Académie, en semi-léthargie, n'a eu à accepter que peu de plis.

De 1983 à 1991, le nombre de plis déposés a été en moyenne de 74 par an. Depuis, l'Académie reçoit chaque année 48 plis en moyenne. La plupart de leurs auteurs ne signalent aucune appartenance à une université ou à un laboratoire de recherche.

De tous ces plis, seule une faible fraction a été ouverte ou retirée à la demande du déposant, comme si ces documents n'avaient d'intérêt que dans le cas où une réclamation de priorité se serait présentée avant leur publication. Telle est peut-être la raison pour laquelle des documents d'auteurs prestigieux sont parvenus jusqu'à nous, leur ouverture n'ayant pas été demandée, car aucun inventeur en quête de priorité ne s'était déclaré. C'est le cas des plis du chimiste Antoine Laurent de Lavoisier, du physico-chimiste Louis Pasteur, du médecin et physiologiste Claude Bernard, du physicien Henri Becquerel, de l'inventeur Charles Cros, du médecin et physiologiste Étienne-Jules Marey, du mathématicien Henri Poincaré, de l'inventeur Nicéphore Niepce et de bien d'autres.

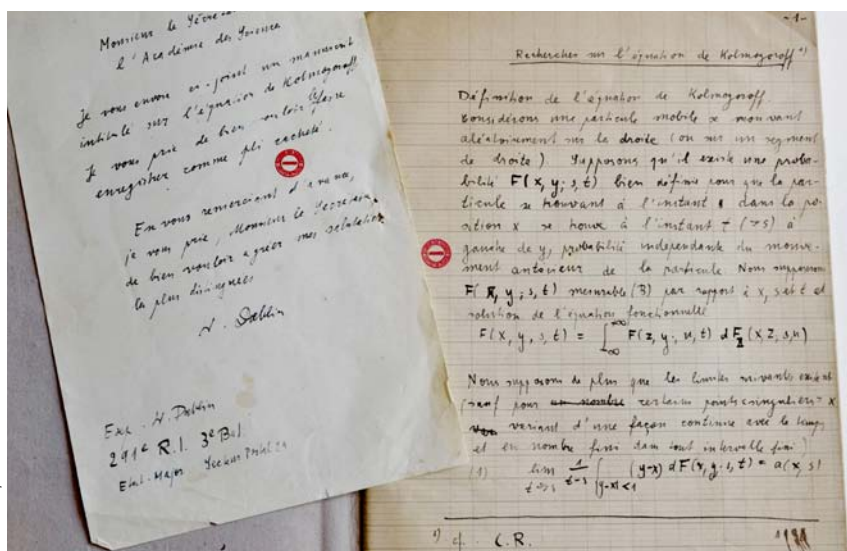
Querelles bernoulliennes

Parmi ces plis d'auteurs passés à la postérité, quelques-uns retiennent particulièrement l'intérêt. D'abord, deux documents anciens, qui vont déjà bien au-delà de la préoccupation première de l'Académie pour les machines et qui marquent ce que sera la suite, c'est-à-dire un intérêt pour la science spéculative. Ces deux plis concernent les frères Jakob (ou Jacques) et Johann (ou Jean) Bernoulli, tous deux mathématiciens, le premier à Bâle, en Suisse, et le second à Groningue, aux Pays-Bas. On lit ainsi dans les *Registres des Procès-Verbaux des séances de l'Académie royale des sciences* que « M. le Marquis de l'Hospital a ouvert le 13 avril 1697 le

1. QUELQUES-UNS DES NOMBREUX PLIS cachetés reçus par l'Académie des sciences. Plus de 18 000 plis ont été déposés entre les années 1735 et 2012.



Adenise Lopes / Académie des sciences



2. TRAGIQUE HISTOIRE que celle du pli du mathématicien Wolfgang Doeblin, d'origine allemande, mais mobilisé dans l'armée française et combattant au front en 1940. Sur de modestes cahiers, il se livre à un travail élaboré sur la résolution de l'équation de Kolmogoroff, qui régit la probabilité des positions d'une particule soumise à un processus de diffusion. Le jeune homme met son travail à l'abri sous forme d'un pli cacheté en février 1940, mais meurt quelques mois plus tard. Le pli n'a été ouvert et analysé qu'en 2000, avec l'autorisation de son frère aîné. Doeblin a alors été reconnu comme précurseur et a reçu de ses pairs une consécration méritée.

pacquet qu'il avait mis cacheté entre les mains du secrétaire le 16^e de mars et a lu la solution qu'il avait trouvée du problème de Mr [Jean] Bernoulli, de *linea celerissimi descensus* ».

Dans la lignée des défis mathématiques que se lançaient les savants au XVI^e siècle, Jean Bernoulli avait invité en 1696 les mathématiciens à résoudre le problème suivant, aujourd'hui connu sous le nom du défi de la brachistochrone : deux points A et B étant donnés dans un plan vertical, quel est le chemin le plus rapide pour un mobile qui descendrait de A vers B sous la seule action de la pesanteur ? Le 1^{er} février 1701, Jean Bernoulli envoyait à son tour un paquet cacheté contenant des solutions au problème dit des isopérimètres « afin qu'il soit gardé et ne soit ouvert que quand les solutions des mêmes problèmes de M. Bernoulli de Basle son frère auraient paru ».

Ici, les motivations paraissent claires – rivalités et souci d'antériorité –, car les chroniques de l'époque rapportent à l'envi

L'affaire des rayons N

L'affaire des rayons N entre dans le cadre de ce que le prix Nobel de chimie Irving Langmuir appela la science pathologique, où les phénomènes étudiés sont à la limite de la perception et ne peuvent être mesurés – avec une étonnante précision – que par leurs découvreurs ou des opérateurs spécialement entraînés.

Le 23 mars 1903, René Blondlot, professeur de physique à la Faculté des sciences de Nancy et correspondant de l'Académie des sciences depuis 1894, déposa une note aux *Comptes Rendus*, intitulée *Sur une nouvelle espèce de lumière*. Les radiations, nommées rayons N en l'honneur de la ville de Nancy, présentaient des propriétés inconcevables, et toutes les substances les émettaient, à l'exception du bois vert et de certains métaux traités. En 1903, Blondlot prétendit avoir produit des rayons N à l'aide d'un fil chauffé à l'intérieur d'un tube de fer. Les rayons étaient détectés par un écran de sulfure de calcium

qui brillait légèrement dans l'obscurité lorsque les rayons étaient réfractés par un prisme d'aluminium. Le chercheur affirmait qu'un flux étroit de rayons se réfractait par le prisme et produisait un spectre. Les rayons étaient censés être invisibles, sauf lorsqu'ils frappaient l'écran.

Sceptique, car des laboratoires anglais et allemands n'avaient pu les reproduire, la revue *Nature* demanda au physicien américain Robert Wood, de l'Université Johns Hopkins, d'enquêter sur la découverte de Blondlot. Wood soupçonnait l'erreur scientifique. Afin d'en faire la démonstration, il retira, à l'insu de Blondlot et de son assistant, le prisme du détecteur de rayons N. En principe, sans cette pièce, l'appareil devenait inopérant. Pourtant, l'assistant de Blondlot, qui menait l'expérience devant Wood, aperçut les rayons. Wood tenta alors de remettre le prisme à sa place, mais l'assistant surpris songea et crut qu'il essayait de retirer la pièce. À l'essai suivant, l'assistant jura qu'il

ne voyait pas les rayons, alors que le prisme était à nouveau en place.

Paru en septembre 1904 dans *Nature*, le récit de Wood mit fin à l'engouement pour les rayons N. Sans mettre en cause la bonne foi et l'honnêteté de Blondlot, on le reconnut victime d'un phénomène d'autosuggestion qui entraîna plusieurs autres chercheurs, connus ou non.

En trois ans, plus de 300 articles furent publiés sur le même sujet. Et sur les 14 notes présentées par Blondlot aux *Comptes Rendus* en 1903 et 1904, 4 ont été précédées par le dépôt d'un pli cacheté, de titre très voisin, quelques semaines ou mois auparavant. Il n'a pas été le seul à en déposer tout au long de cette période. Même début 1905, l'Académie reçut encore des plis relatifs aux rayons N. Malgré la faiblesse des arguments en faveur de ces rayons – d'infimes variations subjectives de la luminosité sur un écran –, nombre de savants distingués ont passé du temps à mon-

ter des expériences élaborées destinées à étudier leurs propriétés.

Cet engouement s'explique par l'énorme intérêt que suscitaient à l'époque, chez les physiciens et les physiologistes, les nouveaux rayonnements découverts au tournant du siècle. En 1895, le physicien allemand William Röntgen avait découvert les rayons X et, en 1903, Henri Becquerel et Pierre et Marie Curie avaient reçu le prix Nobel de physique pour leurs travaux sur la radioactivité de l'uranium et du polonium. On conçoit que certains chercheurs se soient précipités pour étudier les rayons N et publier en toute hâte. Dans ce contexte, le dépôt de plis cachetés assurait les découvreurs potentiels que leur priorité ne pourrait être contestée. Mais ni Blondlot ni aucun de ses confrères n'ont demandé l'ouverture des plis déposés. Les rayons N étant tombés dans l'oubli en moins de deux ans, personne n'avait contesté la priorité de leurs « découvertes »...

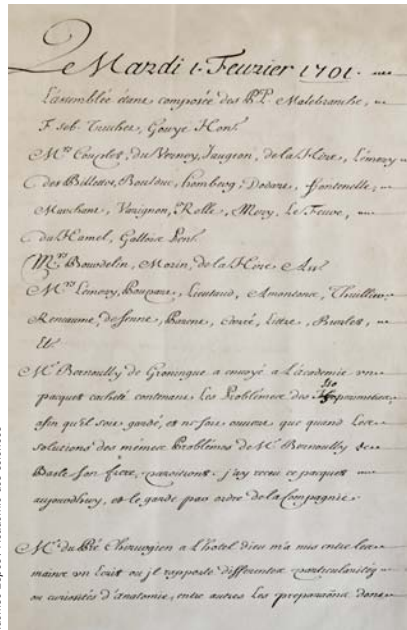
les relations difficiles entre les deux frères Bernoulli. Jean aurait lancé le problème de la brachistochrone, dont il connaissait une solution, pour défier son frère. Celui-ci, dont la solution se révéla lourde et laborieuse, rétorqua en lançant le problème des isopérimètres – que Jean ne sut résoudre correctement. Une controverse s'en est suivie, impliquant l'Académie royale des sciences par le biais du pli cacheté. Quant au marquis de l'Hospital, il a sans doute voulu prendre date...

Un curieux pli de Pasteur

La motivation de Louis Pasteur, lors du dépôt de son dernier pli, est bien plus complexe. Pasteur avait déjà déposé trois plis (un en 1848, deux en 1850), sans en solliciter l'ouverture, sans doute parce qu'il n'avait eu aucun problème d'antériorité sur leur contenu. Ils furent ouverts en 1963 ; l'un portait sur les tartrates, les deux autres sur le pouvoir rotatoire de certaines substances.

Bien plus tard, le 26 juillet 1869, devenu membre de l'Académie des sciences, Pasteur déposa un dernier pli qu'il ne fit jamais ouvrir. L'ouverture eut lieu en février 1988. Motif du pli : une maladie du ver à soie, dite pébrine, alors très dévastatrice, en particulier pour les éleveurs du Gard. Pasteur avait été sollicité par des autorités politiques locales pour tenter d'y remédier ; il travailla sur cette maladie à partir de 1865, sans y avoir été préparé. Or une équipe autrichienne avait progressé sur ce problème et avait publié un document le 15 juillet 1869, dont Pasteur prit connaissance le 20 juillet. Après la lecture de ce document, il rédigea un pli à la hâte et, six jours plus tard, le déposa « pour écarter tout débat de priorité », refusant point par point, microphotographies à l'appui, les conclusions des Autrichiens.

On peut s'interroger sur la raison de ce dépôt effectué à propos d'un sujet qu'il connaissait mal. La parution d'un ouvrage l'année suivante rendit inutile l'ouverture du pli, puisqu'il reprenait les mêmes conclusions et qu'aucune polémique de priorité avec les Autrichiens ne s'en était suivie. En fait, Pasteur semble avoir répondu à des attentes politiques dans une région durement touchée. Il n'avait pas l'antériorité, mais il souhaita sans

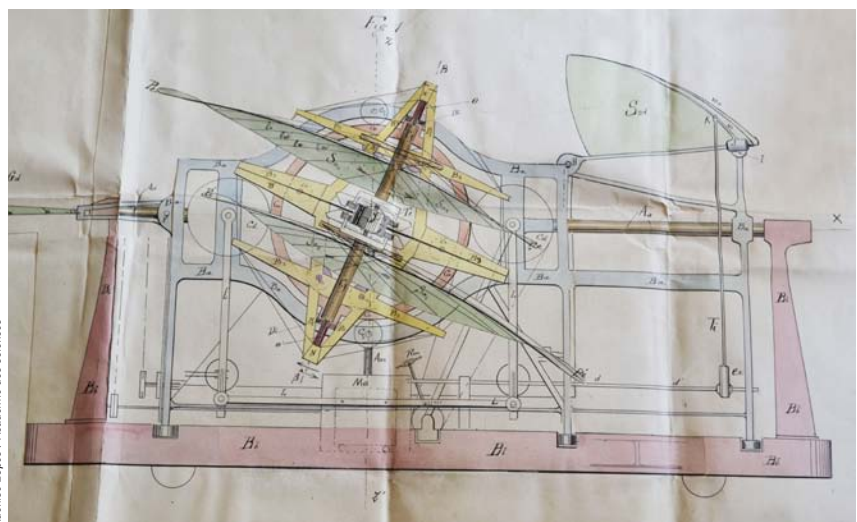


3. DANS LES PROCÈS VERBAUX des séances de l'Académie des sciences du 1^{er} février 1701, il est fait mention du pli cacheté déposé par « M. Bernoulli de Groningue ». Jean Bernoulli y répond au problème des isopérimètres posé par son frère Jacques : rechercher la courbe fermée qui décrit la plus grande aire à périmètre égal, lorsque celle-ci passe par quatre points donnés qui ne sont pas sur un cercle. Ce pli témoigne de la rivalité entre les deux frères.

doute en être le plus près possible. Déjà en mauvaise santé, il a peut-être été animé par le souci de vite porter ses constatations à la connaissance du plus grand nombre, ce qui fit dire à un médecin qui suivait l'affaire, Gémilien Luppi, que « par les efforts de M. Pasteur, quoique venu le dernier, tendant à vulgariser les idées de ses devanciers, toutes les sciences depuis six ou sept ans n'ont cessé de s'occuper de cette trouvaille ».

L'exemple suivant reflète la portée internationale de certains plis. En décembre 1846, l'Académie enregistre un paquet cacheté adressé par un Américain du nom de Charles Jackson. Dans le pli, ouvert le 18 janvier 1847, figure une découverte, celle de l'insensibilité produite par l'inhalation d'éther, constatée au cours d'interventions dentaires. Jackson encouragea ensuite l'extension du procédé à d'autres interventions plus conséquentes. Ce sont finalement deux personnages, Jackson et un dénommé William Morton, qui revendiquèrent la découverte et, en octobre 1849, à Boston, une première intervention importante fut réalisée sous éther par un autre Américain, John Warunt. S'appuyant sur l'information contenue dans le pli de Jackson, l'Académie attribua deux prix de médecine, l'un à Jackson et l'autre à Morton.

Parfois, le dépôt est lié à des circonstances locales et momentanées, attachées



4. DANS LE PLI N° 7299 DÉPOSÉ LE 12 FÉVRIER 1908 par un certain Charles Louis Legrand, on trouve la description d'un appareil d'aviation fondé sur le vol des coléoptères et sur la structure anatomique de ces insectes.

à des problèmes de personnes : tel auteur souhaite placer au secret ses idées pour les publier plus tard, lorsque, par exemple, la consécration sera venue. Ainsi, le médecin Duchenne de Boulogne, alors inconnu, avait l'idée d'explorer l'excitabilité musculaire chez l'homme, à l'aide de l'électricité amenée au contact d'un muscle donné, par des électrodes de sa conception. Grâce à ce dispositif, il put analyser les modalités de fonctionnement d'une série de muscles, notamment du visage, dans le cadre de consultations obtenues dans des services hospitaliers, en particulier à l'Hôtel-Dieu. À cette époque, « l'homme à la petite machine », tout juste toléré, souhaita mettre au secret ses idées et ses résultats, et ne les publia qu'après avoir acquis quelque renommée.

Étienne-Jules Marey, quant à lui, déposa en 1885 un pli à l'Académie afin qu'il profite exclusivement à l'armée française. Ce spécialiste de la photographie instantanée y décrivait des techniques originales pour « former des tireurs sur but mobile, c'est-à-dire dans des conditions pratiques de guerre ». Certains plis, enfin, révèlent de

tragiques histoires, tel celui envoyé en 1940 par le mathématicien d'origine allemande Wolfgang Doeblin (voir la figure 2).

À l'attaque du phylloxéra

La Commission des plis cachetés n'a pas uniquement eu à connaître des dépôts d'auteurs défunts ayant acquis la célébrité. Nombre de noms inconnus n'ont été rencontrés qu'un instant, au cours des séances du Comité des plis. Parfois, il s'agit d'un officier en retraite ; il s'ennuie, réfléchit et décide de reprendre ses compas, son T et sa règle, et de confier à la postérité l'épure du projet d'un dispositif nouveau, par exemple un système pour s'auto-déplacer, de communication optique ou de perfectionnement du télégraphe, alors dans sa phase balbutiante. Un siècle plus tard, le pli, examiné avec une curiosité sympathique, est classé sans suite ou, au mieux, communiqué à un service spécialisé dans la muséologie technique, tel le Conservatoire des arts et métiers. Quels qu'ils soient, ces dispositifs n'ont presque jamais préfiguré l'évolution technique telle qu'elle s'est déroulée.

D'autres déposants, plus au contact des réalités de leur époque, ont tenté de proposer des solutions à divers problèmes. L'un des épisodes les plus poignants est sans aucun doute l'invasion de la vigne par le phylloxéra, il y a plus d'un siècle. L'abondance des plis sur ce sujet marque bien une préoccupation à l'échelle du pays devant les meurtrissures économiques créées par le fléau. Une foule de penseurs-chercheurs de tous horizons se sont employés à préconiser des solutions aussi variées que fantaisistes, mais un seul semble avoir proposé la solution qui a triomphé : la greffe de la vigne française sur des plants américains résistants. L'histoire est instructive à deux titres : d'une part, une fois encore, aucun des déposants n'a eu l'intuition de la bonne méthode ; d'autre part, elle dépeint une population d'obscur savants qui pensaient avoir une vérité, n'avaient pas les moyens de la diffuser et ont éprouvé le besoin de prendre rang.

Au nombre de ces plis « banals » figure un autre ensemble, moins ciblé que celui du phylloxéra, mais tout autant lié à l'air du temps. À la fin du XIX^e siècle, les synthèses organiques se développent et il n'est

Charles Bertolus et la lampe incandescente

Concis et bien écrit, le pli 6319 envoyé le 25 février 1901 par Charles Bertolus, de Saint-Étienne, au secrétaire de l'Académie des sciences et ouvert par la Commission des plis cachetés le 28 janvier 2010, présente une idée intéressante : remplacer les filaments de carbone des lampes utilisées pour l'éclairage électrique par des métaux réfractaires, tel le tungstène. Les filaments de carbone ne supportant pas une température élevée, leur rendement lumineux était faible (quelques pour cent), la majorité de l'énergie étant émise dans l'infrarouge. Bertolus avait compris (sans en donner de justification physique claire) que pour augmenter le rendement de ces lampes à incandescence, il fallait élever la température d'émission. Il proposait donc d'utiliser des corps supportant mieux les hautes températures.

Si Bertolus avait continué ses recherches, aurait-il pu avoir la priorité dans la découverte des lampes à filament de tungstène, utilisées jusqu'à ces dernières années ? Passûr, car l'histoire des lampes à incandescence est aussi celle de batailles d'avocats pour la priorité en matière de brevets, guerre entamée dès les brevets des inventeurs Joseph Swan (1878), en Angleterre, et Thomas Edison (1879), aux États-Unis, pour les lampes à filament de carbone fait de bambou carbonisé.

Les premières lampes à filament de tungstène semblent avoir été fabriquées au tout début du XX^e siècle à Budapest, dans l'actuelle Hongrie, par une compagnie nommée *Tungsram*. Fondée en 1896, l'entreprise au nom évocateur (« Tungs » est le début de tungstène et « ram », la fin de Wolfram, nom allemand du même métal)

posa son premier brevet de lampe à filament de tungstène en 1903.

La principale difficulté, non évoquée dans le pli de Bertolus, était la fabrication de filaments fins de tungstène, métal cassant et rigide. Les Hongrois formaient ces filaments en recouvrant un fil de carbone avec du tungstène précipité et en évaporant ensuite le carbone par chauffage. La production en masse de filaments de tungstène et donc de lampes à incandescence de bon rendement n'a été possible qu'après 1910, grâce à l'idée d'un ingénieur de *General Electric*, William Coolidge : étirer les filaments de tungstène pour les amincir. Un peu plus tard, l'Américain Irving Langmuir eut l'idée de vriller ces filaments pour accroître le rendement et la rigidité. En 1989, après de nombreuses péripéties, *Tungsram* a été incorporée dans *General Electric*.

La firme fondée par Bertolus, spécialisée dans les applications des métaux non ferreux, a quant à elle disparu au début des années 1950.

Ce pli est emblématique de la recherche appliquée non « académique » qui fleurissait dans les plis cachetés du début du XX^e siècle. Son étude montre que cette recherche s'inscrivait déjà dans une compétition à l'échelle mondiale, au moins sur des sujets tels que les applications de l'électricité, alors à la pointe du progrès. Pour de tels sujets, il est bien difficile, sinon impossible, de se faire une idée de la distance séparant l'auteur du pli d'une prise de brevet qui lui aurait assuré un avantage sur ses concurrents. La recherche appliquée se pratiquait alors sans intervention de l'État et impliquait un vaste tissu d'entreprises privées (pharmacie, chimie, mécanique, etc.).

donc pas surprenant que beaucoup d'isolés – pharmaciens, ingénieurs souvent retraités, quelques rares universitaires – aient eu pour souci de confier un pli cacheté sur ce thème. À l'ouverture cependant, rares sont ceux qui ont retenu l'attention. Nombre de plis comportaient une erreur fondamentale, du fait des connaissances limitées de l'époque. D'autres décrivaient une méthode de synthèse chimique certes possible, mais dépassée. Dans certains cas, la méthode préconisée n'était pas fautive, mais le procédé avait été découvert juste après la date du dépôt. Dans ces cas favorables, mais rares, qui aurait pu reconnaître une antériorité ? Tout était depuis longtemps tombé dans le domaine public. Et qui, hormis les historiens, s'intéresserait à une antériorité lointaine ?

Depuis une cinquantaine d'années, une autre sorte de plis – volumineux, touffus, de contenu ambitieux – est apparue, qui a conduit à amender le règlement. L'auteur méconnaît ou rejette les avancées de la science contemporaine. Animé d'une idée, d'une théorie qui l'inspire, il élabore son propre système, sans tenir compte de faits établis ou de la simple logique. Il demande en général l'ouverture de son pli au bout de plusieurs années, dans l'espoir toujours vain de faire reconnaître ses travaux sans passer par des canaux de publication habituels.

Une absence de plis conceptuels

Pourquoi confier un résultat, une pensée, un nouveau dispositif technique au secret de l'Académie des sciences ? Pourquoi ne pas diffuser ses idées ou ses résultats ? Pourquoi les occulter un temps, et parfois pour toujours ? Il est curieux que, à part les écrits volumineux et récents de marginaux, peu de plis aient développé un point de vue conceptuel. Dans les années dont nous analysons aujourd'hui les dépôts (après le délai réglementaire de 100 ans), des discussions fondamentales animaient le monde scientifique, en physique comme en biologie, sur la structure de la matière ou l'évolution des espèces, par exemple. Les déposants auraient pu apporter une contribution critique sur ces spéculations théoriques. Or ils n'abordent



5. TROIS PLIS DÉPOSÉS SOUS FORME D'OBJETS : un flacon scellé, non ouvert, ayant un dépôt de nature non précisée (à gauche avec sa boîte, 1760), un succédané de café destiné à remplacer la chicorée (au centre, 1864) et de la théobromine cristallisée, un composant des graines de cacao, et donc du chocolat (à droite avec sa boîte, 1907).

■ LES AUTEURS

Edgardo D. CAROSELLA est président de la Commission des plis cachetés de l'Académie des sciences. Il a rédigé cet article avec Pierre BUSER, ancien président, en étroite collaboration avec Yves Pomeau, ancien président, Roger Balian, Yves Jeannin, Jean Normant et Jean-Paul Poirier, membres de la commission, et l'aide précieuse de Sabine Clabecq, des Archives de l'Académie des sciences.

■ À ÉCOUTER

Jeudi 26 septembre, Edgardo Carosella et Sabine Clabecq reviendront sur les nombreux trésors que recèlent les plis cachetés dans l'émission *La marche des sciences*, sur *France Culture*. www.franceculture.fr

■ BIBLIOGRAPHIE

J. Peiffer, Jacob Bernoulli, maître et rival de son frère Johann, *Journ@l'Électronique d'Histoire des Probabilités et de la Statistique*, vol. 2, n° 1, juin 2006.

P. Berthon, *Les plis cachetés de l'Académie des sciences*, *Revue d'Histoire des Sciences*, vol. 39, pp. 71-78, 1986.

presque jamais ces questions, leur préférant des sujets techniques ou appliqués. Est-ce le fruit du hasard ? L'appartenance socioculturelle des déposants a-t-elle été déterminante ? Aucune réponse évidente n'apparaît à l'étude des plis.

La motivation du dépôt n'est pas plus simple. On évoque celui qui veut flatter son ego en lançant, un peu comme une bouteille à la mer, ses idées qu'il estime nouvelles en direction d'une assemblée de haute compétence, avec le secret espoir (même à peine conscient) qu'il sera lu et, qui sait, immortalisé. Ou encore le savant reconnu qui souhaite mettre à l'abri, de manière plus formelle que dans ses dossiers personnels, des idées préliminaires ou des résultats encore douteux ; leur confirmation ou invalidation ultérieure lui ôte en général tout intérêt à demander l'ouverture de son pli.

Certains ont peut-être obéi à des impératifs plus concrets et matériels, en considérant que leur pli serait un élément décisif dans une future campagne de candidatures. D'autres se sont juste fait plaisir, en déposant, dans le sein d'une assemblée d'experts accueillante, un projet dont ils n'auraient su que faire. D'autres enfin se sont tournés vers l'Académie parce que leur manuscrit avait été refusé pour publication. Peut-être existe-t-il d'autres motifs encore. Entre une mise au secret utilisée comme moyen et une démarche gratuite, presque ludique, dont la finalité est difficile à cerner, connaissons-nous jamais la vérité ou, mieux, les vérités ? ■

LOGIQUE & CALCUL

Les pavages pentagonaux : une classification qui s'améliore

L'énumération des pavés convexes pentagonaux a plusieurs fois été proposée. À chaque fois, elle s'est révélée incomplète. Heureusement, les amateurs s'en mêlent.

Jean-Paul DELAHAYE

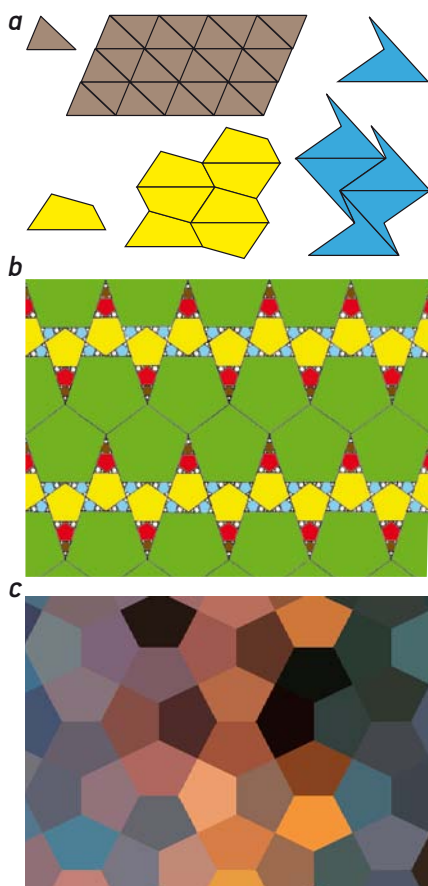
Des énumérations de figures qui n'en finissent pas ; les travaux d'une mère au foyer qui perturbent les certitudes des mathématiciens professionnels ; un chercheur japonais qui progresse dans l'étude de l'énigme fondamentale des pentagones, mais ne parvient pas à la résoudre ; un passionné de casse-tête qui écrit un programme et améliore les résultats dans un domaine où, pourtant, de nombreux chercheurs ont tenté tout leur possible ; une infinité de figures optimales là où on n'en attendait qu'une seule. Voilà ce que réserve l'histoire et l'actualité de la géométrie des pavages pentagonaux.

Trois, quatre ou cinq côtés

Les pavages du plan par des triangles équilatéraux, des carrés ou des hexagones réguliers sont familiers. Le fait que n'importe quel triangle et n'importe quel quadrilatère (convexe ou non) pavent parfaitement le plan (voir la figure 1a) l'est un peu moins. Une question vient immédiatement à l'esprit : et pour cinq côtés ? Autrement dit : peut-on paver le plan avec des pentagones, et si oui, comment ?

Pour le pentagone régulier – cinq côtés égaux, cinq angles égaux –, on y arrive... en acceptant de prendre des pavés de tailles de plus en plus réduites (voir la figure 1b).

Nous nous interdirons cette astuce, car tout serait alors sans intérêt : on montre que n'importe quelle forme pave aussi le



1. ON PEUT PAVER LE PLAN (sans laisser de trous) avec n'importe quel triangle ou quadrilatère, convexe ou non [a]. Avec des pentagones réguliers, c'est possible, à condition d'accepter une infinité de tailles différentes [b]. Le « pavage du Caire » est obtenu avec un pentagone équilatéral [c].

plan quand on accepte d'en prendre des copies de différentes tailles.

En cherchant à paver le plan avec des pentagones réguliers de même taille, on échoue. En effet, les angles intérieurs du pentagone font 108° ($180^\circ - 360^\circ/5$) ; il est donc impossible de placer un nombre entier de pentagones réguliers autour d'un point : en plaçant trois pentagones autour d'un point, on obtient 324° , ce n'est pas assez ; en plaçant quatre pentagones autour d'un point, cela donne 432° , c'est trop !

Tant pis pour le pentagone régulier, il y en a bien d'autres. Les paveurs de rue égyptiens savent qu'il existe des pentagones recouvrant le plan sans laisser d'espace vide. Le « pavage du Caire » est réalisé avec un pentagone équilatéral, dont les cinq côtés sont égaux, mais pas les cinq angles (voir la figure 1c). Ce pentagone comporte deux angles de 90° et trois de 120° . C'est un pavé convexe : tout segment AB qui joint deux points A et B du pavé reste dans le pavé.

Trois questions de base

Les formes non convexes (tel le quadrilatère bleu de la figure 1a) compliquent la question des pavages du plan. Aussi, dans la plupart des problèmes, nous n'envisagerons que des pentagones convexes.

Trois types de questions principales se posent alors.

— Quels sont les pavés pentagonaux convexes qui autorisent au moins un pavage du plan ?