



9. LES OMBRES et les autres frontières immatérielles ne sont pas reconnaissables seulement à leurs contours. À gauche, un seul trait noir épais représente les ombres : nous reconnaissons un visage. Ce n'est pas le cas sur le dessin de droite, où les mêmes formes sont dessinées par des contours fins.

tières de brillance qui sont traitées comme des indicateurs de limite de surfaces, pour les aveugles ce sont les frontières de pression qui sont traitées de la même façon.

Les principes qui sont ici en jeu ne sont pas seulement visuels : la région du cerveau qui les accomplit pourrait donc être qualifiée d'amodale. Un tel système amodal reçoit à la fois des informations visuelles et tactiles et les considère comme des informations relatives à des caractéristiques telles que recouvrement, avant-plan, arrière-plan, surfaces planes ou courbes, et points de perspective. Chez les voyants, les signaux visuels et les signaux tactiles sont coordonnés par ce système amodal.

Ce système reste capable d'interpréter les limites des surfaces même lorsqu'il ne reçoit aucun signal visuel. C'est pour cette raison que les aveugles savent identifier des dessins et des symboles graphiques. Cette découverte devrait encourager les spécialistes et les éducateurs à mettre au point pour les aveugles des systèmes utilisant des images. Plusieurs organismes sont sur cette voie. Par exemple, Éducation artistique des aveugles, une organisation associée au Musée Whitney d'art américain et au Musée d'art moderne de la ville de New York, a réalisé des versions en relief de tableaux d'Henri Matisse et d'œuvres de l'art des cavernes. Les images en relief seront-elles bientôt aussi répandues que les textes en braille ?

John KENNEDY est professeur de psychologie à l'Université de Toronto.

Y. HATWELL, *Toucher l'espace. La main et la perception tactile de l'espace*, Presses universitaires de Lille, 1986.

M.A. HELLER, *Picture and Pattern Perception in the Sighted and the Blind : The Advantage of the Late Blind*, in *Perception*, vol. 18, n° 3, pp. 379-389, 1989.

J.M. KENNEDY, *Drawing and the Blind : Pictures to Touch*, Yale University Press, 1993.

J.M. KENNEDY et Y. ERIKSSON, *Profiles and Orientation of Tactile Pictures*, European Psychology Society, Tampere, 2-5 juillet 1993.

C.H. LIU et J.M. KENNEDY, *Symbolic Forms and Cognition*, in *Psyke & Logos*, vol. 14, n° 2, pp. 441-456, 1993.

Y. SHIMIZU, S. SAIDA et H. SHIMURA, *Tactile Pattern Recognition by Graphic Display : Importance of 3-D Information for Haptic Perception of Familiar Objects*, in *Perception and Psychophysics*, vol. 53, n° 1, pp. 43-48, janvier 1993.

A.B. SAFRAN et A. ASSIMACOPOULOS, *Le déficit visuel. De la neurophysiologie à la pratique de la réadaptation*, éditions Masson, 1995.

D. BURGER, *New Technologies in the Education of the Visually Handicapped*, éditions INSERM - John Libbey Eurotext, 1996.

Les réfrigérateurs d'Einstein et de Szilard

GENE DANNEN

Dans les années 1920, deux physiciens théoriciens visionnaires unirent leurs efforts pour perfectionner les réfrigérateurs domestiques.

En juillet 1939, Leo Szilard rendit visite à Albert Einstein, à Long Island, pour discuter des dangers de la bombe atomique. Szilard s'alarmait de la découverte de la fission de l'uranium et de la possibilité de «réactions en chaîne» qu'il avait observée six ans auparavant. Einstein fut persuadé de la faisabilité des armes atomiques et inquiet d'une utilisation éventuelle de telles armes par l'Allemagne nazie ; c'est pourquoi il écrivit à Franklin Roosevelt une lettre célèbre, qui exhortait le président des États-Unis à augmenter les efforts de recherche.

Avec cette visite à Einstein, Szilard renouait une collaboration qui datait de l'âge d'or de la physique à Berlin. On a parfois avancé que Szilard et Einstein avaient déposé de nombreux brevets communs pour des réfrigérateurs domestiques sans pièces mobiles, dans les années 1920, mais on avait peu d'informations sur ces brevets. Intéressé par la vie de Szilard, j'ai retrouvé l'histoire détaillée de cette collaboration. À Stockholm, par exemple, le fabricant d'appareils électroménagers *Electrolux* possédait les dossiers de deux brevets déposés par Einstein et par Szilard. Et, à Budapest, l'ingénieur Albert Korodi conservait des souvenirs précieux de l'entreprise. Récemment décédé, à l'âge de 96 ans, Korodi avait conservé des copies des rapports techniques – y compris les seules photographies connues des prototypes d'Einstein et de Szilard – qu'on a longtemps crus perdus. Ces sources, la correspondance de Szilard conservée à l'Université de San Diego et les archives sur Einstein conservées à l'Université hébraïque de Jérusalem révèlent com-

bien Einstein et Szilard furent proches. Leur projet était plus vaste, plus lucratif et techniquement plus ambitieux qu'on ne l'imaginait. Einstein apparaît sous un jour nouveau, avec des pré-occupations d'application des sciences.

Les débuts d'une collaboration

Szilard et Einstein s'étaient rencontrés à Berlin en 1920. Einstein, alors âgé de 41 ans, était déjà le physicien le plus célèbre du monde. Szilard, âgé de 22 ans, était un étudiant bulgare brillant, qui préparait sa thèse de physique à l'Université de Berlin ; il parvint notamment à étendre la thermodynamique classique à des systèmes fluctuants, appliquant la théorie d'une façon qu'Einstein avait jugée impossible. Impressionné, le «Herr Professor» se prit d'amitié pour son cadet. Après la soutenance de thèse, Einstein conseilla à Szilard d'entrer à l'Office des brevets : «Ce n'est pas une bonne chose pour un scientifique de dépendre de la ponte d'œufs en or. Je n'ai jamais été aussi heureux que lorsque je travaillais à l'Office des brevets.» Pourtant Szilard choisit de faire carrière à l'Université, où il résolut bientôt le problème du démon de Maxwell : ce petit diable, imaginé par James Clerk Maxwell, semblait violer le deuxième principe de la thermodynamique en triant les molécules lentes et rapides, déjouant leur tendance naturelle au désordre ; il alimentait alors en énergie une machine à mouvement perpétuel. Szilard démontra que le démon ne pouvait fonctionner comme Maxwell l'avait imaginé, parce que l'ordre gagné

nécessitait de l'information. Son idée devait ultérieurement devenir la base de la théorie de l'information.

À la fin de 1924, le physicien Max von Laue (prix Nobel en 1914) proposa à Szilard un poste d'assistant à l'Institut de physique théorique. À cette époque, Szilard était devenu un visiteur habituel de la maison d'Einstein. Les deux hommes étaient très diffé-



1. LE CHÂSSIS DU RÉFRIGÉRATEUR (au centre), vu de l'arrière, attend l'installation de la pompe électromagnétique inventée par Leo Szilard (à gauche)

rents : Szilard était extraverti et sûr de lui (certains le disaient arrogant) ; Einstein était modeste et renfermé. Cependant, sur les points les plus importants, ils étaient parfaitement d'accord. Ils partageaient le plaisir du maniement des idées, une forte conscience politique et un goût immo-
déré de l'invention.

Selon le physicien Bernard Feld, qui avait recueilli quelques anecdotes de Szilard lui-même, le projet de réfrigérateur était né d'un article de journal qui avait rapporté qu'une famille entière – les parents et plusieurs enfants – avait été tuée dans son sommeil par une fuite de gaz toxiques provenant de la pompe du réfrigérateur. À cette époque, de tels accidents étaient de plus en plus nombreux, car les réfrigérateurs électromécaniques remplaçaient progressivement les traditionnelles glaciers. L'industrie chimique n'avait pas encore trouvé de réfrigérant non toxique : les trois fluides les plus utilisés étaient le chlorure de méthyle, l'ammoniac et le dioxyde de soufre, en quantités suffisantes pour tuer.

Einstein fut affligé par l'accident : «Il doit exister un meilleur moyen que la compression et la détente de ces gaz toxiques», dit-il à Szilard. Les deux physiciens conclurent que le problème ne se limitait pas aux fluides réfrigérants ; des fuites par les roulements et par les joints étaient inévitables dans des systèmes ayant des pièces mobiles.

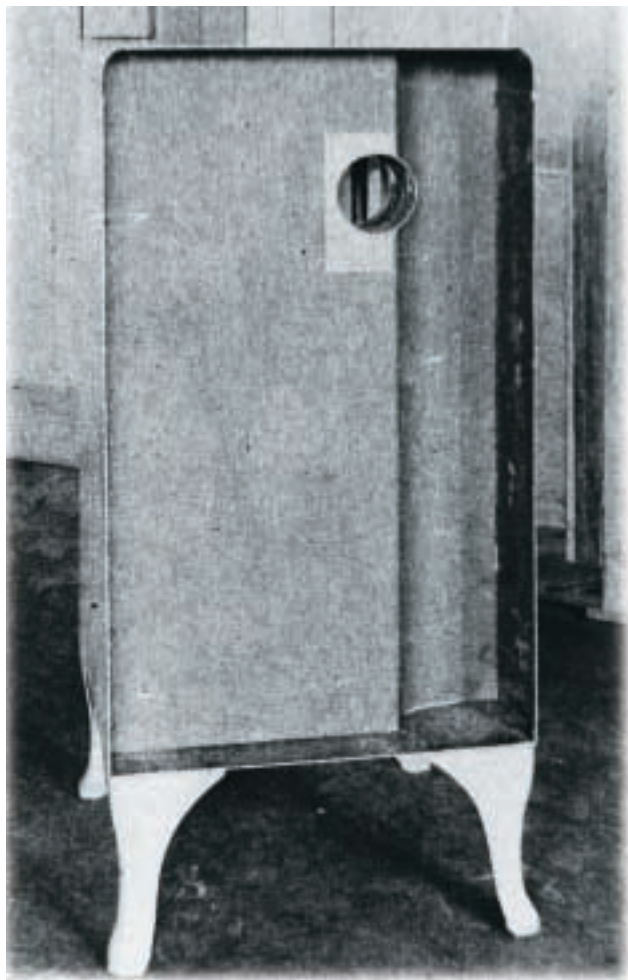
Cependant la thermodynamique permettait d'imaginer plusieurs moyens de produire un refroidissement sans mouvement mécanique. Pourquoi ne pas les mettre en application ? Ce travail aurait, en outre, l'avantage d'aider Szilard, qui, en cet hiver de la fin 1925, préparait son dossier de candidature au professorat, position où, en Allemagne, on devait se contenter de maigres honoraires recueillis auprès des étudiants (tandis qu'il recevait un salaire, tant qu'il était assistant). Les inventions, si elles aboutissaient, faciliteraient les débuts de Szilard.

Désireux d'aider son ami, Einstein accepta une collaboration : une lettre de Szilard à Einstein fixe les conditions

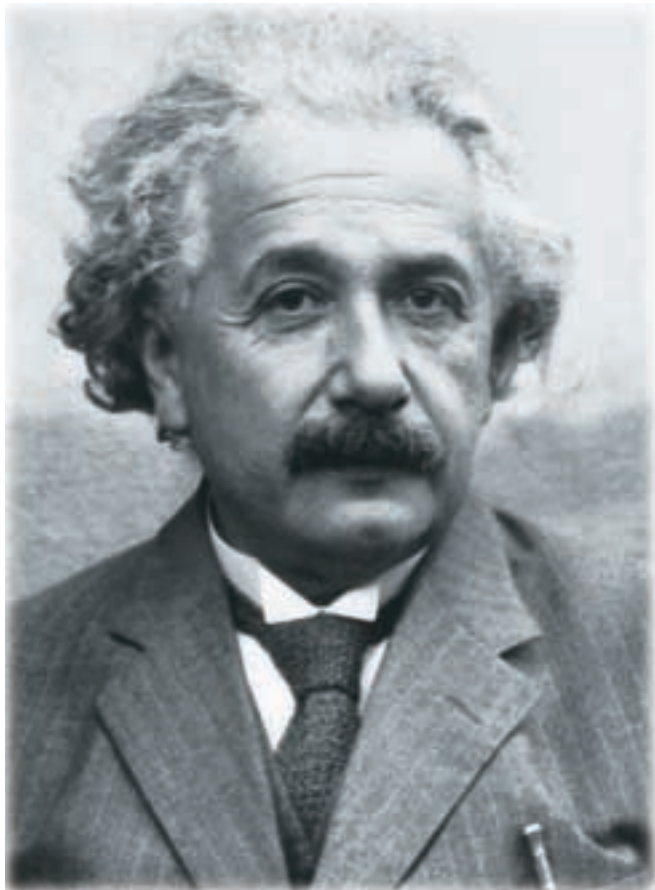
de leur accord. Toutes les inventions de l'un ou de l'autre, dans le domaine de la réfrigération, seraient propriété commune. Szilard serait le premier bénéficiaire si son revenu était inférieur au salaire d'un assistant universitaire ; sinon toutes les redevances seraient réparties à parts égales.

Premières ébauches

Dans les années 1920 comme aujourd'hui, la plupart des réfrigérateurs utilisaient des compresseurs électromécaniques qui liquéfiaient le fluide réfrigérant par compression ; puis, lors de la détente, la vaporisation absorbait la chaleur d'un compartiment intérieur. Einstein et Szilard considéraient que des réfrigérateurs à absorption seraient plus sûrs que ces modèles à compression et à détente. Dans un réfrigérateur à absorption, la chaleur issue de la combustion du gaz naturel alimente le cycle de refroidissement. Un système de ce type avait été inventé par les Suédois Baltzar von Platen et Carl Munters ; il était commercialisé par la Société AB Electrolux. Szilard l'améliora.



Avec l'autorisation d'Albert Korödi, © A.E.G.



UPI/Corbis-Bettmann

et par Albert Einstein (à droite). Le réfrigérateur, mis au point au Centre de recherches de la Société A.E.G., à Berlin, ne fut jamais commercialisé, en partie à cause de la crise économique de la fin des années 1920.

Mieux encore, avec Einstein, il trouva plusieurs conceptions nouvelles. Einstein ayant exercé la profession d'examineur de brevets, ils purent éviter les habituels officiers de brevets et, au début de 1926, Szilard commença de remplir une série de demandes de brevets pour leurs inventions. À l'automne, ils s'étaient décidés sur les trois concepts les plus prometteurs. Chaque type était fondé sur un concept physique particulier : l'absorption, la diffusion et l'électromagnétisme.

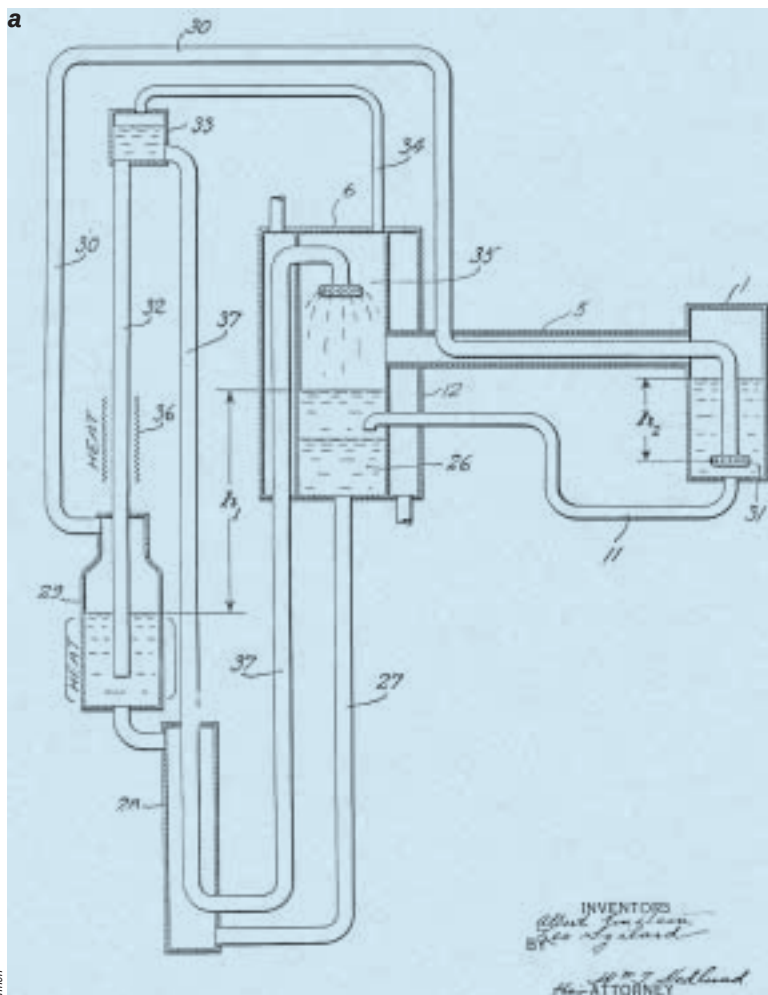
Dans une lettre à son frère Bela, écrite en octobre, Szilard décrivait leurs progrès : «Les demandes de brevets pour les réfrigérateurs, que j'ai déposées avec le professeur Einstein, sont maintenant si avancées qu'il est sans doute temps de prendre des contacts avec l'industrie. Les trois machines fonctionnent sans pièces mobiles et

sont hermétiquement scellées [...] L'une des trois est presque identique à l'un des appareils de la Société *Electrolux* (la meilleure actuellement, à mon avis) [...] Les deux autres sont complètement différentes de toute machine actuellement connue.»

Szilard négocia rapidement un contrat avec la Société *Bamag-Meguïn*, un gros fabricant d'équipements fonctionnant au gaz et dont les usines se trouvaient à Berlin et à Anhalt. À la fin de 1926, il commença à superviser la mise au point de prototypes dans les laboratoires de l'Institut de technologie de Berlin. Albert Kornfeld, un Hongrois qui travaillait au Laboratoire de génie électrique de l'Institut, participa au travail (Kornfeld se fit ultérieurement appeler Korodi, nom que j'utiliserai dans toute la suite). En 1916, il avait remporté le prix Eötvös, la pres-

tigieuse compétition hongroise de mathématiques ouverte aux étudiants âgés de 18 ans. Après avoir rencontré Szilard lors de cette compétition, Korodi avait étudié avec lui à l'Université technique de Budapest. Plus tard, il avait suivi Szilard à Berlin où, vivant dans le même immeuble, ils devinrent bientôt des amis intimes.

Malheureusement, l'accord passé avec la Société *Bamag-Meguïn* dura moins d'un an. «*Bamag-Meguïn* avait des difficultés, à cette époque. Je pense qu'ils ont abandonné tous les projets incertains», se souvient Korodi. Toutefois, moins de quelques mois plus tard, les deux physiciens passèrent de nouveaux accords avec deux autres sociétés, l'une suédoise et l'autre, allemande. La société suédoise était *AB Electrolux* : le 2 décembre 1927, la Division des systèmes réfrigérants *Platen-*



2. EINSTEIN ET SZILARD mirent au point plusieurs réfrigérateurs qui fonctionnaient selon des principes différents. Un système à absorption (a), vendu à la Société *AB Electrolux*, utilisait une source de chaleur et une combinaison de fluides pour faire circuler du butane dans un circuit complexe. Initialement liquide, le butane se vaporis-

sait en présence d'ammoniac dans la chambre 1 de réfrigération (sur la droite), captant de la chaleur. Le mélange gazeux passait ensuite dans la chambre 6 (au centre), où l'eau absorbait l'ammoniac, libérant du butane liquide qui était recyclé. La pompe électromagnétique (b) mise au point par la Société *A.E.G.* poussait un

Munters du groupe *Electrolux*, à Stockholm, acheta le brevet du réfrigérateur à absorption pour la somme de 3150 reichsmark. Les deux parties étaient satisfaites de la transaction : les dossiers de la Société *Electrolux* montrent qu'elle considérait le prix d'achat comme «très faible» ; néanmoins Szilard et Einstein touchèrent environ 55 000 francs d'aujourd'hui.

La demande d'un brevet américain pour le réfrigérateur à absorption causa l'étonnement de l'officier des brevets chargé du dossier : «Je serais curieux de savoir si cet Albert Einstein est la même personne qui a proposé la théorie de la relativité, déclara-t-il. Dans ce cas, l'Office des brevets ne devrait pas être gêné par la double citoyenneté suisse et allemande du demandeur, car le dictionnaire indique, sous la rubrique «einsteinienne», la définition : «relatif

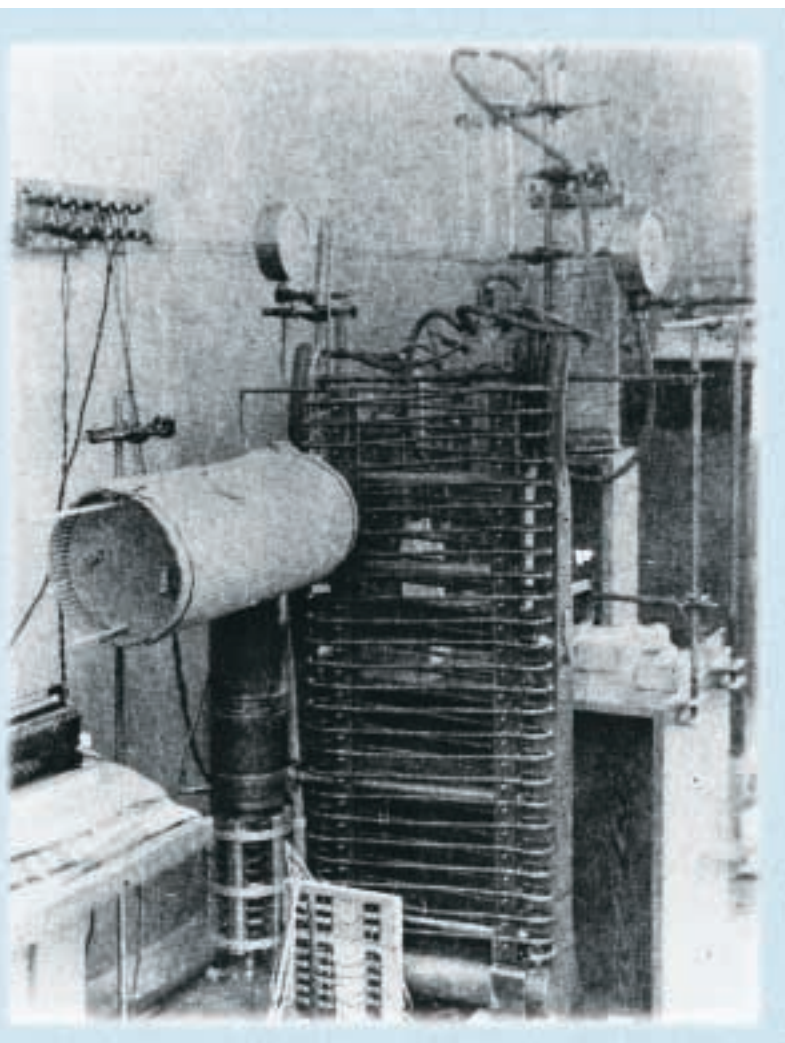
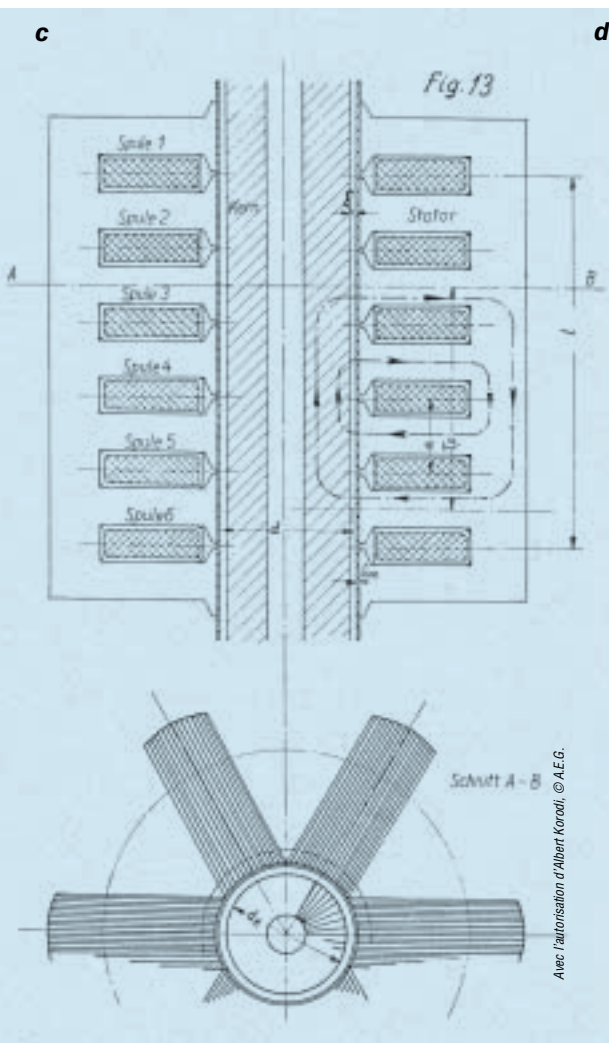
à la théorie de la relativité, vient du nom d'Albert Einstein, un citoyen à la fois de Suisse et d'Allemagne». Avec cette désignation dans l'un des dictionnaires agréés, je crois que l'Office des brevets devra admettre que le professeur Einstein est un citoyen de deux pays différents.»

Ultérieurement, la Société *Electrolux* acheta aussi le projet de réfrigérateur à diffusion ; toutefois, le brevet qu'elle prit sur l'invention ne mentionne ni Einstein ni Szilard, et elle ne réalisa jamais aucun des deux appareils présentés dans les brevets déposés. Les archives indiquent qu'en dépit de l'admiration pour leur ingéniosité, la Société *Electrolux* acheta surtout les idées afin de protéger ses propres appareils.

Une autre invention d'Einstein et de Szilard, très différente des précédentes, conduisit à un partenariat avec

la Société *Citogel*, de Hambourg. Selon Korodi, Einstein fit cette invention parce qu'il ne se satisfaisait pas des systèmes à absorption, trop complexes : «Il proposa un système assez simple et peu coûteux, particulièrement adapté aux petits réfrigérateurs. Le dispositif était un petit refroidisseur à immersion qui pouvait être plongé, par exemple, dans un verre afin de refroidir son contenu. Il tirait toute son énergie de la pression de l'eau du robinet : une trompe à vide faisait le vide dans un compartiment d'où l'eau et une petite quantité de méthanol s'évaporaient. Le méthanol s'épuisait lentement, mais ce composé était bon marché et facile à fabriquer.

Ce refroidisseur fonctionnait si bien qu'un prototype fut exposé par la Société *Citogel* à la Grande Foire de Leipzig, au début de 1928. Korodi,



métal liquide à travers un cylindre. Le plan (c) montre le cylindre en coupe longitudinale (en haut) et transversale (en bas). Un courant alternatif circulant dans les bobines (disposées comme les rayons d'une roue) engendrait une induction électromagnétique qui guidait le liquide, lequel agissait comme un piston qui comprimait le réfri-

gérant. L'assemblage réfrigérant presque complet qui figure à droite (d) utilisait un alliage de potassium et de sodium (la pompe est le cylindre vertical sombre dans le bas) et du pentane comme réfrigérant. L'ensemble des serpentins condenseurs avait la même fonction que dans les réfrigérateurs modernes.

qui partit à Hambourg pour perfectionner l'invention, se souvient que Szilard attendait impatientement d'éventuelles retombées. Toutefois le méthanol acheté au détail était plus coûteux que prévu et, pis encore, le système ne fonctionnait pas quand l'eau était délivrée par le système de distribution allemand, rudimentaire à l'époque : la pression de l'eau du robinet variait selon les bâtiments et, même, selon les étages. Finalement, les imperfections du réseau de distribution d'eau eurent raison de l'invention, qui ne fut pas commercialisée.

La pompe Einstein-Szilard

L'invention la plus révolutionnaire, et la plus fructueuse, était ce qui fut ultérieurement nommé la pompe électromagnétique Einstein-Szilard. C'était une pompe parfaitement fonctionnelle sans pièces mobiles ; un champ électromagnétique variable provoquait la circulation d'un métal liquide, qui était utilisé comme piston pour comprimer le réfrigérant (le cycle de réfrigération était ensuite le même que dans les réfrigérateurs ordinaires).

Korodi se rappelait qu'Einstein et Szilard avaient initialement imaginé une pompe à conduction élec-

trique, avec un courant électrique passant dans le métal liquide. Le mercure était le métal initialement choisi, mais les deux physiciens avaient calculé que sa faible conductivité conduirait à de médiocres rendements. Aussi Szilard avait plutôt proposé un alliage de potassium et de sodium, de conductivité bien supérieure : bien que le sodium et le potassium soient tous deux solides à température ambiante, un mélange optimal des deux est liquide aux températures supérieures à -11 degrés. Cependant les métaux étaient chimiquement corrosifs, de sorte qu'ils auraient attaqué l'isolant des fils électriques conduisant le courant.

Szilard et Korodi cherchèrent alors d'autres alliages, avant de soumettre le problème à Einstein : après avoir réfléchi quelques minutes, ce dernier proposa d'éliminer les fils en appliquant une force indirecte, induite par des bobines extérieures. L'invention devint alors une pompe à induction.

Korodi, qui calcula l'efficacité théorique de la pompe à l'alliage sodium-potassium, trouva qu'elle était bien inférieure à celle des compresseurs ordinaires, mais ce qu'elle perdait en efficacité, elle le gagnait en fiabilité : cela valait la peine de construire un prototype. À l'automne 1928, la Société

A.E.G. (*Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft*) accepta de mettre au point la pompe pour la réfrigération. La Société A.E.G. était une firme prospère de Berlin, qui possédait son propre institut de recherche, où elle ouvrit pour l'occasion un département spécial, avec deux ingénieurs à plein temps : Korodi fut engagé pour résoudre les problèmes électriques, tandis qu'un autre ingénieur hongrois, un ami de

Szilard, nommé Lazislas Bihaly, fut chargé de la partie mécanique. Szilard, au titre de consultant, dirigeait l'équipe. Korodi et Szilard recevaient des salaires mensuels de 500 reichsmark, soit la moitié du prix d'une automobile.

Pour Szilard, le contrat avec la Société A.E.G. était encore plus lucratif, car les redevances du brevet, ajoutées aux honoraires de consultance, portaient finalement son revenu annuel à quelque 200 000 francs actuels. Szilard et Einstein ouvrirent un compte bancaire commun, mais les sommes qu'accepta Einstein restent inconnues. Ce dernier se préoccupait activement du projet : il vint au laboratoire à chaque étape de la mise au point des prototypes.

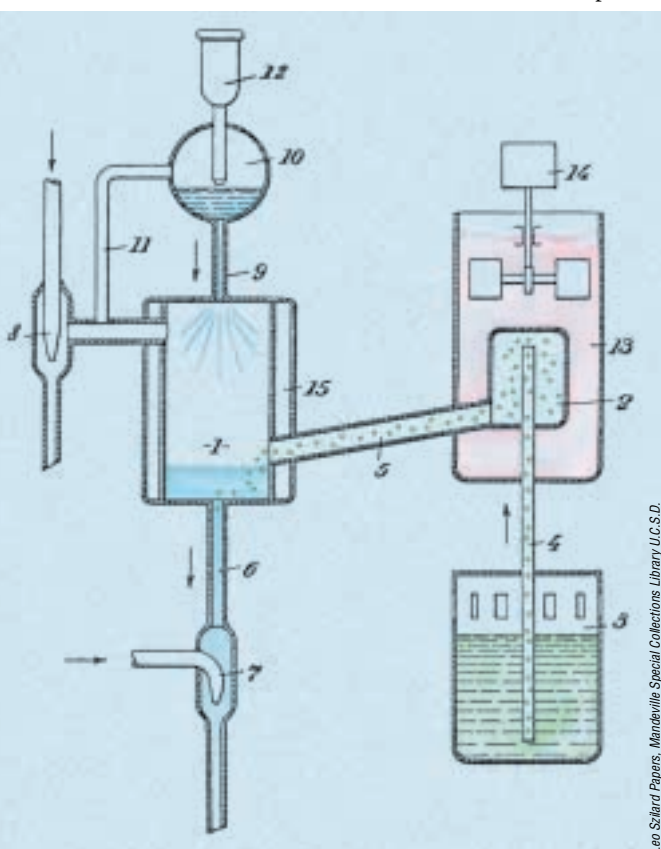
Korodi se souvient également d'avoir rendu visite une dizaine de fois à Einstein dans son appartement de Berlin en compagnie de Szilard, pour discuter de nouvelles inventions : il n'a jamais parlé de physique avec Einstein, tandis que Szilard produisit de nombreux articles cosignés avec Einstein et qui montrent une collaboration prolongée.

À l'Université de Berlin, Szilard donnait des séminaires de physique quantique et de physique théorique, aux côtés de John von Neumann et d'Erwin Schrödinger. Durant cette période, il inventa notamment l'accélérateur linéaire, le cyclotron et le microscope électronique, pendant qu'Einstein recherchait sans relâche une théorie unifiée des champs et qu'il inventait un gyroscope et un appareil de correction auditive.

Alors que le réfrigérateur progressait, le drame se préparait : lors des élections du Reichstag, le 14 septembre 1930, le minuscule parti nazi recueillit près de 20 pour cent des votes. Le 27 septembre, Szilard adressa un avertissement prophétique à Einstein : «De semaine en semaine, je détecte de nouveaux signes, si mon nez ne me trompe pas, qu'il ne faut pas escompter un développement [politique] paisible de l'Europe au cours des dix prochaines années [...] Je ne sais pas s'il nous sera possible de construire notre réfrigérateur en Europe.»

Un réfrigérateur fonctionnel

Encore récemment, on ne se souvenait que du bruit gênant du prototype de pompe électromagnétique d'Einstein-Szilard : la pompe était le siège



3. LA PRESSION DE L'EAU du robinet devait actionner ce petit système réfrigérant, construit (après simplification) par la Société Cito-gel, à Hambourg. Le méthanol contenu dans la chambre 3 s'évaporerait dans la chambre 2, refroidissant le compartiment 13 qui l'entourait. La turbine 14 délivrerait de la crème glacée ou tout autre aliment glacé. Le méthanol, qui se dissolvait dans l'eau de la chambre 1, devait être progressivement remplacé. Le dispositif ne fut pas commercialisé, parce que la pression d'eau fluctuait trop dans les immeubles allemands, vers 1930.

Leo Szilard Papers, Mandeville Special Collections Library (U.C.S.D.)

d'un phénomène de cavitation, des bulles vides se créant et implosant quand le liquide métallique traversait la pompe. Le physicien Denis Gabor, qui était l'un des meilleurs amis de Szilard à Berlin, rapporta plus tard que la pompe «hurlait comme un chacal». Un autre «témoin auditif» mentionna qu'elle «gémissait comme une sorcière». Korodi, lui, admettait qu'elle faisait un bruit d'eau turbulente. Un rapport final de la Société A.E.G. signale que le bruit dépendait de la force et de la vitesse de la pompe ; quelques modifications, telle une réduction de la tension appliquée au début de chaque course du piston, finirent par réduire le bruit à un niveau acceptable. Ce problème sonore était pourtant mineur : il ne doit pas faire oublier que les ingénieurs avaient réussi à imaginer l'emploi de métaux chimiquement réactifs. Un équipement spécial permettait de remplir la pompe sans oxydation (potentiellement explosive) du sodium et du potassium ; selon Korodi, le réfrigérateur aurait été sans danger, car les métaux liquides étaient enfermés dans un réservoir d'acier inoxydable soudé. De nombreux problèmes avaient été résolus, à l'exception de celui du bruit, quand le premier prototype complet fut construit, après deux ans d'études : le 31 juillet 1931, un réfrigérateur Einstein-Szilard fonctionna en continu au Centre de recherche de la Société A.E.G.

À des fins de comparaison avec les appareils existants, il fut monté dans le châssis d'un réfrigérateur de 120 litres, modèle G40 d'A.E.G. Avec son alliage liquide sodium-potassium et du pentane comme fluide réfrigérant, il consommait 136 watts seulement : l'efficacité était conforme aux calculs, mais la Société A.E.G., affaiblie par la dépression mondiale, jugea ces performances insuffisantes. De surcroît, les améliorations des réfrigérateurs classiques et l'effondrement économique rétrécissaient le marché potentiel ; notamment, le fréon, qui venait d'être présenté aux États-Unis, éliminait le danger des fuites (c'est bien après que l'on a compris que le fréon et les autres chlorofluorocarbures détruisaient l'ozone de la haute atmosphère).

Le travail se poursuivit toutefois pendant un an au Centre de recherches A.E.G., les ingénieurs améliorant les prototypes de pompe, dont ils changèrent le métal liquide : comme



4. ALBERT KORODI (1898-1995) fut chargé par Szilard de mettre au point les prototypes de réfrigérateurs inventés avec Einstein. Il tient dans ses mains le prix Tivadar Puskás de la Société scientifique hongroise des télécommunications, qu'il reçut en 1993.

l'échauffement interne de la pompe était suffisant pour fondre du potassium pur (la température de fusion est de 63 degrés), ils augmentèrent l'efficacité électrique de 16 à 26 pour cent. Toutefois, la Société A.E.G., ravagée par la crise économique, ne voulut pas poursuivre les études. Szilard essaya d'intéresser des constructeurs britanniques et américains, mais sans succès. Puis, en 1932, le Centre de recherches d'A.E.G. fut réduit de moitié, et tous les projets qui n'étaient pas stratégiques furent éliminés. Korodi aida à rédiger le rapport final de 104 pages sur le développement du réfrigérateur Einstein-Szilard : ce document intitulé *A.E.G. Technischer Bericht 689*, fut achevé le 16 août 1932 (l'original fut détruit pendant la Seconde Guerre mondiale, mais Korodi en avait gardé une copie).

Quelques mois après, l'accession d'Adolf Hitler au poste de chancelier marqua la fin de l'âge d'or de la physique à Berlin. Szilard s'envola pour l'Angleterre, puis pour l'Amérique, tandis qu'Einstein trouvait refuge à l'Institut des études avancées de Princeton. Korodi retourna à Budapest, où il trouva du travail à la Division hongroise de la Société *Philips*, s'intéressant aux télécommunications ; il mourut à Budapest le 28 mars 1995.

Physique appliquée

Pendant leurs sept années de collaboration, Szilard et Einstein remplirent plus de 45 demandes de brevets dans six pays. Aucun de leurs réfrigérateurs ne fut finalement commercialisé, mais leurs systèmes étaient d'ingénieuses applications de principes physiques. La pompe Einstein-Szilard était si intéressante et sûre qu'elle fut employée au refroidissement des sur-régénérateurs.

Toutes ces inventions permirent à Szilard de faire la carrière universitaire qu'il souhaitait, en Allemagne ; puis ses économies lui permirent de rester deux années de plus en Angleterre. Grâce à des collègues qui aidaient les scientifiques réfugiés à trouver des emplois à l'université, il en vint à étudier la physique nucléaire et conçut la réaction en chaîne à l'automne 1933. Ainsi les travaux de Szilard sur l'énergie atomique sont dus à l'argent des brevets déposés avec Einstein.

Alors que la couche d'ozone est menacée par les fluides réfrigérants, le problème traité par Szilard et Einstein est d'actualité. Pour ces deux physiciens, les inventions de réfrigérateurs de conception renouvelée furent plus qu'un bref interlude : depuis leur première collaboration en physique jusqu'à leurs efforts ultérieurs pour lutter contre la prolifération des armes nucléaires, les préoccupations scientifiques et l'engagement politique étaient étroitement mêlés.

Gene DANNEN étudie la vie de Leo Szilard depuis 15 ans ; il prépare un livre sur la naissance de l'âge nucléaire.

The Collected Works of Leo Szilard : Scientific Papers, sous la direction de Bernard T. Feld et Gertrud Weiss Szilard, MIT Press, 1972.

Leo Szilard : His Version of the Facts ; Selected Recollections and Correspondence, sous la direction de Spencer R. Weart et Gertrud Weiss Szilard, MIT Press, 1978.

Georg ALEFELD, *Einstein as Inventor*, in *Physics Today*, vol. 3, n° 5, pp. 9-13, mai 1980.

Richard S. BAKER et Manuel J. TESSIER, *Handbook of Electromagnetic Pump Technology*, Elsevier, 1987.

L'auteur propose une page Leo Szilard sur le réseau Internet à l'adresse : <http://www.peak.org/~danneng/szilard.html>

Le petit père Hadamard

LAURENT SCHWARTZ

Prototype du savant distrait, le mathématicien Jacques Hadamard fut au cœur de l'activité mathématique française pendant presque un siècle.

Le génie mathématique de Jacques Hadamard se doublait d'une grande douceur et d'une immense fermeté morale. Républicain, démocrate, il milita en faveur de Dreyfus lorsque celui-ci fut emprisonné (la femme de Dreyfus était née Hadamard), et, plus tard, il fit partie du Comité central de la Ligue des droits de l'homme : habitant dans la rue où la Ligue avait son siège, il assistait à toutes les réunions du lundi soir.

Je l'ai bien connu, car il était le mari d'une sœur de ma grand-mère maternelle. Je peux attester que sa distraction était extrême : un jour qu'Hadamard était parti pour une promenade en montagne, avec sa sœur, il lui proposa de s'asseoir un instant, pendant qu'il irait chercher des fougères, qu'il collectionnait avec passion. Après avoir ainsi herborisé un long moment, il rentra au chalet... ayant complètement oublié sa sœur, qui l'attendait toujours.

Nous verrons que cette distraction ne le quitta jamais, même dans les pires moments, pas plus que sa passion pour les fougères : il avait en permanence, dans sa poche, une loupe qui lui permettait d'identifier les spécimens, et son domicile était envahi par les herbiers.

Il était également passionné de champignons, et il les aimait sans doute autant pour leurs qualités gastronomiques que pour leur intérêt botanique : lors d'un voyage à l'étranger, il profita d'une escale de son avion

aux Açores pour aller chercher des spécimens, qu'il se fit servir au déjeuner ; à son voisin de table, qui lui en demandait, il les refusa, parce que, dit-il, leur identification n'était pas assurée. Sa passion pour la botanique lui faisait regretter que cette discipline ne fût pas enseignée dès l'école, parce qu'elle permettait aux enfants de faire de la science sans posséder les connaissances mathématiques qu'exige la physique, par exemple. Toutefois sa passion botanique ne lui faisait jamais oublier

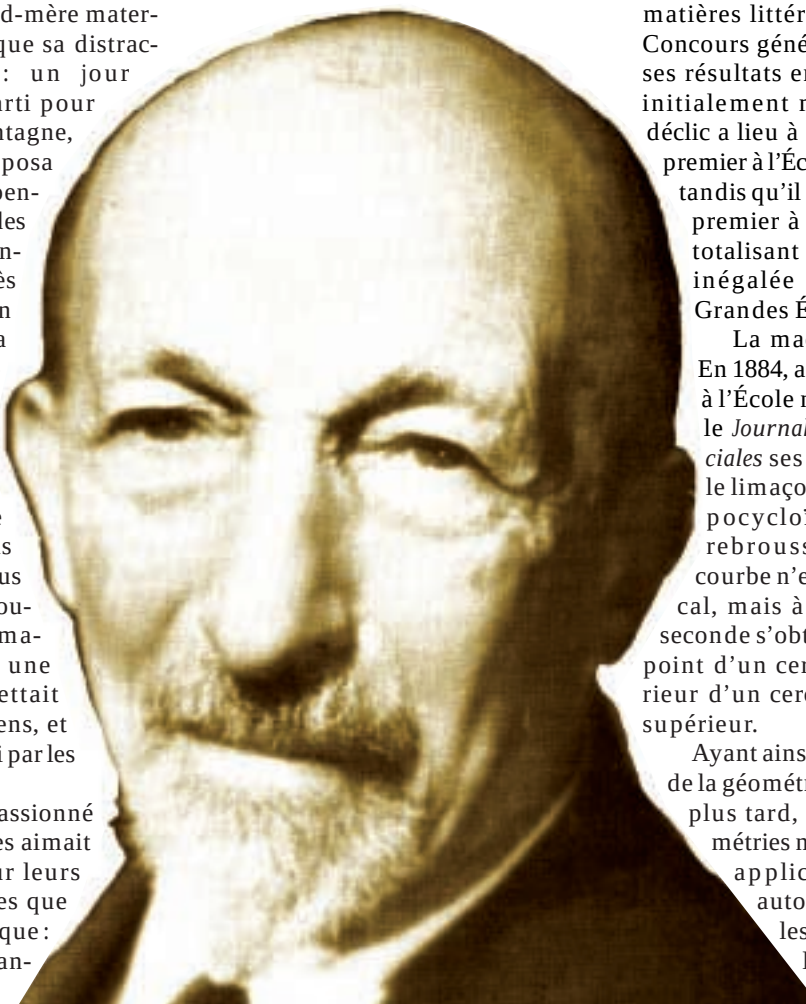
complètement les mathématiques... Car Hadamard était d'abord, et surtout, un très grand mathématicien.

Professeur médiocre, bon chercheur

Il n'avait pas de prédestination particulière pour les mathématiques. Né en 1865 d'un professeur de latin et d'une professeur de piano, Jacques Hadamard est d'abord un élève brillant, mais, alors qu'il excelle dans les matières littéraires (il a des prix du Concours général en grec et en latin), ses résultats en mathématiques sont initialement mauvais. Toutefois le déclin a lieu à temps pour qu'il entre premier à l'École normale supérieure, tandis qu'il est simultanément reçu premier à l'École polytechnique, totalisant une somme de points inégalée dans l'histoire des Grandes Écoles.

La machine est alors lancée. En 1884, alors qu'il n'est qu'élève à l'École normale, il publie dans le *Journal de mathématiques spéciales* ses premiers résultats sur le limaçon de Pascal et sur l'hypocycloïde à trois points de rebroussement : la première courbe n'est pas due à Blaise Pascal, mais à son père Étienne ; la seconde s'obtient en considérant un point d'un cercle qui roule à l'intérieur d'un cercle de rayon trois fois supérieur.

Ayant ainsi commencé par l'étude de la géométrie, il y reviendra 50 ans plus tard, pour évoquer les géométries non euclidiennes et leurs applications aux fonctions automorphes (par exemple, les fonctions définies sur le cercle et de période $\frac{2\pi}{3}$ sont automorphes).



1. JACQUES HADAMARD (1865-1963)