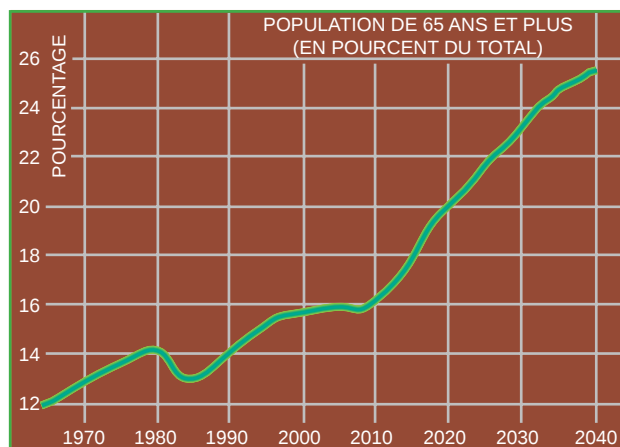




Qui va payer nos retraites ?

BERNARD GUERRIEN • SOPHIE JALLAIS

Capitalisation ou répartition, ce sont toujours les actifs d'«aujourd'hui» qui font vivre les retraités d'«aujourd'hui».

Le débat sur les vertus et les défauts des deux systèmes de retraite les plus répandus – celui dit «de répartition» (dominant en France) et celui dit de «capitalisation» (plus important aux États-Unis, avec les fonds de pension) – est renforcé par l'évolution démographique : baisse de la natalité et allongement de la durée de vie.

La diminution du nombre d'actifs par retraité suscite l'inquiétude : le système par répartition, où les actifs paient pour les retraités, ne serait-il plus viable ? Faudrait-il adopter le principe de la capitalisation où, comme l'écureuil, chacun épargne pour sa retraite et organise son propre avenir. L'argument semble imparable, mais il est trompeur, car il ne règle en rien un problème patent : si la tendance démographique se maintient, il y aura plus de retraités pour chaque actif, ceux-ci faisant vivre ceux-là.

LES ACTIFS FONT VIVRE LES RETRAITÉS

Que les actifs cotisent ou capitalisent en vue de leur retraite, ils ne consomment pas une partie de leur revenu. Cette partie est soit consommée par quelqu'un d'autre, soit investie (achat de machines, etc.) et elle servira à une production future (croissante ou pas). Si l'on ne prend pas en compte, pour le moment, l'investissement, la situation est simple : la production est le fait des actifs, et elle est consommée par les actifs et par les inactifs. Supposons que ceux-ci se réduisent aux retraités (ce qui est loin d'être le cas : enfants et chômeurs ne sont pas une fraction négligeable de la population !) et que tout le monde ait le même niveau de consommation. Aujourd'hui, avec 7 actifs pour 3 inactifs, les actifs donnent 30 pour cent de ce qu'ils produisent aux inactifs. Si, demain, il y a seulement 5 actifs pour 5 inactifs, alors chaque actif donnera la moitié de ce qu'il produit.

On peut s'interroger alors sur le partage du produit entre actifs et inactifs : la répartition n'est pas nécessairement égalitaire. On peut imaginer que les actifs d'une période gardent tout le produit pour eux (et laissent donc les inactifs mourir de faim), puis modifient la règle du jeu lorsqu'ils deviennent eux-mêmes inactifs (devenus majoritaires, ils peuvent exiger une part conséquente du produit).

RÉPARTITION OU CAPITALISATION ?

En France, le partage se fait par répartition, en prélevant sur le revenu des actifs. Ce pourcentage augmente lorsque la part des actifs diminue dans la population ; dans l'exemple donné plus haut, il passe de 30 pour cent à 50 pour cent. Ce qui est présenté comme «tout à fait insupportable». Peut-être. Cependant, et c'est là que le bât blesse, on voudrait nous faire croire que le problème est dû au mode de partage adopté, la faute étant au système par répartition et aux cotisations de plus en plus exorbitantes que vont devoir payer les actifs. D'où la «solution» : passer à un système par capitalisation où chacun épargnerait pour sa propre retraite.

Absurde ! Capitalisation ou pas capitalisation, s'il y a (relativement) moins d'actifs dans le futur, ils devront produire pour tous et donner une part plus grande du produit aux inactifs, et donc aux retraités. Ce «don» peut avoir lieu à travers une cotisation obligatoire ou par un versement « volontaire » à un fonds de pension. La seule différence réside dans le caractère volontaire du versement.

SELON QUE VOUS SEREZ PUISSANTS OU MISÉRABLES

Supposons que quelqu'un dispose de revenus confortables qui lui permettent d'épargner. Il ne va pas constituer des stocks de noisettes, comme l'écureuil symbolique,

mais soit investir en achetant, par exemple, des actions, c'est-à-dire des parts d'entreprises, soit placer son argent dans un «fonds de pension», qui, lui-même, investira. Plus tard, quand il deviendra inactif, il utilisera les droits de propriété qu'il a ainsi acquis sur les entreprises pour exiger sa part du produit, fruit du travail des actifs. Le fonds de pension, qui n'est qu'un intermédiaire, fera de même.

Celui qui a des revenus plus faibles et qui ne peut épargner n'a droit à rien du tout. C'est pour éviter d'avoir à prendre complètement en charge ces personnes, même si elles sont considérées comme «irresponsables», que tous les pays ont une législation qui impose, sous une forme ou une autre, une cotisation obligatoire pour la retraite (quitte à ce qu'elle passe par un fonds de pension).

Qu'apporte de plus la capitalisation ? Plus d'épargne ? Ce n'est pas sûr, car rien n'interdit à celui qui, après avoir consommé et avoir cotisé pour la retraite, dispose encore de quelque chose, de le placer d'une façon ou d'une autre (et donc d'acquiescer des droits de propriété sur le produit futur). Ce peut être dans un fonds de pension ou en achetant directement des titres : la différence n'est pas essentielle. Peut-être les fonds de pension draineront-ils plus cette épargne vers la Bourse, au détriment des banques et des institutions comme les caisses d'épargne – qui permettent de financer à un coût relativement faible les investissements «sociaux», tels les HLM. Mais cela ne modifie pas ce qui se passe dans l'économie «réelle» (par exemple, les entreprises emprunteront aux banques, au lieu d'émettre des actions).

Un fait est certain : le système par capitalisation reporte les inégalités présentes dans le futur. Le système par répartition aussi, mais il peut les réduire en modulant cotisations et versements selon le niveau de richesse : tout est question de volonté politique. Comme toujours.



Yoichiro Nambu

Les physiciens japonais pendant la guerre

LAURIE BROWN • YOICHIRO NAMBU

Pendant les pires heures de la guerre, les physiciens japonais se réfugient dans la théorie et deux écoles de physique prospèrent.

Entre 1935 et 1955, les contributions à la physique des théoriciens japonais sont d'autant plus étonnantes que ces physiciens travaillent dans des conditions moralement difficiles et physiquement éprouvantes. Ils n'en élaborent pas moins la théorie quantique de l'électromagnétisme et postulent l'existence de nouvelles particules élémentaires dont l'existence ne sera vérifiée expérimentalement que plus tard.

Cette fécondité sera récompensée : juste après la guerre, alors que le Japon est encore en ruines, le prix Nobel est décerné à deux de ses physiciens.

Les résultats sont d'autant plus remarquables que l'intérêt pour les sciences est, au pays du Soleil levant, beaucoup plus récent qu'en Europe. En 1639, le Japon avait coupé tout contact avec le monde extérieur, et il fallut attendre deux siècles pour qu'en 1854 l'isolement soit rompu par l'escadre américaine du Commandant Perry qui ouvre le Japon au commerce international et aux valeurs occidentales. En 1868, un groupe de samouraïs oblige le shogun (un dictateur militaire) à démissionner, et l'empereur, qui n'avait plus aucun pouvoir, revient sur le trône. C'est le début de l'ère japonaise moderne : le nouveau régime envoie des étudiants en France, en Allemagne, en Grande-Bretagne et aux États-Unis, pour qu'ils y étudient les langues, les sciences, les techniques et la médecine ; il crée, dans les grandes villes japonaises, des universités calquées sur le modèle occidental.

Hantoro Nagaoka est l'un des premiers physiciens japonais. Son père, un ancien samouraï, lui avait enseigné la calligraphie et le chinois. Après un voyage à l'étranger, il revient au Japon avec des monceaux de livres de science, s'excuse auprès de son fils de ne pas lui avoir enseigné un savoir plus utile, et l'encourage à étudier les disciplines scientifiques. À l'Université, Nagaoka s'interroge sur les dons des Asiatiques pour les

sciences. Après avoir étudié l'histoire des sciences chinoises pendant une année, il décide que les Japonais ne souffrent pas de handicap majeur.

En 1903, ses études portent leur fruit et il propose un modèle atomique où un petit noyau est entouré d'anneaux d'électrons. Ce modèle «saturnien», le premier où un noyau concentre la masse de l'atome, est révolutionnaire : ce noyau ne sera découvert qu'en 1911 par Ernest Rutherford, à Cambridge.

Parallèlement, les succès de la technologie militaire japonaise sont illustrés par leurs victoires dans les guerres contre la Chine (1895), la Russie (1905) et leurs succès lors de la Première Guerre mondiale. Plusieurs laboratoires de recherche privés sont créés et, en 1917, un institut de physique et de chimie gouvernemental, nommé Riken, est inauguré à Tokyo : il associe recherche fondamentale et recherches appliquées.

Un jeune physicien prometteur, Yoshio Nishina, est envoyé à l'étranger en 1919 ; il se rend en Grande-Bretagne, en Allemagne, puis réside pendant six ans à l'Institut Niels Bohr de Copenhague. Avec Oskar Klein, il calcule la probabilité pour qu'un photon – un quantum de lumière – «rebondisse» sur un électron. Cette interaction est essentielle pour la toute nouvelle théorie quantique de l'électromagnétisme, l'électrodynamique quantique.

Quand il revient au Japon, en 1928, Nishina y insufflé les méthodes et les problèmes modernes, et «l'esprit de Copenhague», c'est-à-dire un style de recherche démocratique où, contrairement aux normes qui règnent encore dans les universités japonaises, chacun s'exprime librement sans souci des préséances hiérarchiques. De grands physiciens, notamment Werner Heisenberg et Paul Dirac, lui rendent visite et donnent des cours à des amphithéâtres d'étudiants subjugués.

À ces cours assiste Shinichiro Tomonaga, un des rares étudiants qui comprennent l'enseignement de Heisenberg. Tomonaga, comme son collègue Hideki

Yukawa, enseignent bénévolement la mécanique quantique depuis un an et demi : à cause de la crise internationale, ils n'ont pas de travail rémunéré. Ils avouent tous deux en plaisantant que la crise économique les avait obligés à une vie universitaire...

Ils sont aussi rivaux : en 1932, Tomonaga devient membre de l'équipe de Nishina à l'Institut Riken, tandis que Yukawa va à l'Université de Osaka et, à la stupeur envieuse de Tomonaga, s'intéresse à des questions fondamentales, notamment au problème des divergences. Les physiciens avaient mis en évidence une «maladie grave» de l'électrodynamique quantique, les infinis qui résultaient des modèles quantiques. Ainsi l'électron interagissait, semblait-il, avec les photons de son propre champ électromagnétique de telle sorte que sa masse (ou son énergie propre) augmentait indéfiniment. Yukawa progresse peu sur cette question, qui devait occuper les plus brillants physiciens pendant deux décennies. «Chaque soir, je détruisais les idées que j'avais élaborées dans la journée. C'était désespérant», confiera-t-il plus tard.

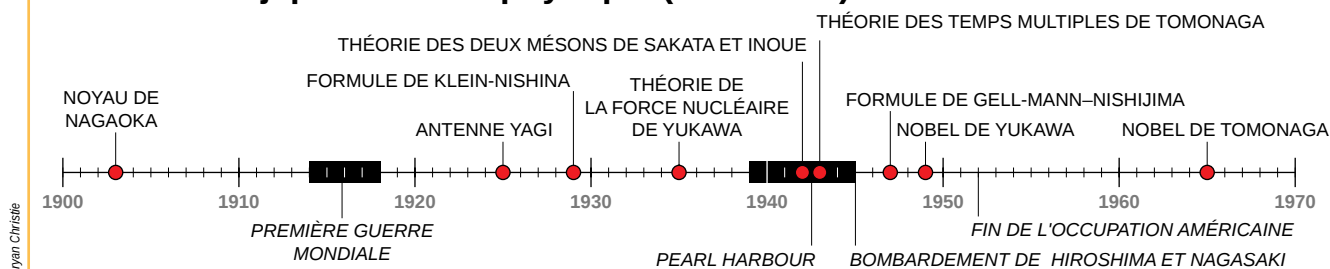
L'INTERACTION DU PROTON ET DU NEUTRON

Yukawa se penche alors sur un problème apparemment plus simple : la nature de la force d'interaction d'un proton et d'un neutron. Heisenberg avait proposé une théorie où cette force résultait de l'échange d'un électron entre le proton et le neutron. Comme l'électron a un moment angulaire intrinsèque, nommé spin, égal à un demi, cette idée était en contradiction avec la conservation du moment angulaire, un principe fondamental de la

YOICHIRO NAMBU (*ci-contre*), en janvier 1942, dans une pièce du département de physique de l'Université de Tokyo. En haut, Y. Nambu (*au premier plan*) et deux étudiants ont été photographiés, en 1953, avec le physicien Richard Feynman (*au deuxième rang, à gauche*).



Découvertes japonaises en physique (1900-1970)



Bryan Christie

mécanique quantique (proton et neutron ont un spin entier).

Toutefois, les physiciens quantiques avaient remplacé les lois classiques par les lois quantiques pour expliquer le comportement des électrons et des photons, et Heisenberg, Bohr et les autres n'étaient pas à une révolution près : ils étaient près à renoncer aux lois qu'ils venaient d'établir et à en énoncer de nouvelles pour les protons et les neutrons. Toutefois, dans son modèle, Heisenberg prévoyait un rayon d'action de la force nucléaire 200 fois trop grand et il semblait inadapté de détruire certaines lois pour aboutir à un modèle faux.

Yukawa comprend que le rayon d'action d'une force est inversement proportionnel à la masse de la particule qui la transmet. Ainsi la force électromagnétique a un rayon d'action infini, car elle est transmise par des photons dont la masse est nulle. Au contraire, la force nucléaire, confinée à l'intérieur du noyau, devrait avoir pour véhicule une particule 200 fois plus lourde que l'électron, et dont le spin devait être entier.

En 1935, Yukawa publie ses résultats dans les Comptes rendus de la Société japonaise de mathématiques et de physique. Bien qu'elle ait été écrite en anglais, la publication reste ignorée de la communauté scientifique internationale pendant deux ans. En 1937, Carl Anderson et Seth Neddermeyer,

de l'Institut de technologie de Californie, découvrent, sur des traces laissées par les rayons cosmiques, des particules chargées qui ont à peu près la masse des particules de Yukawa. Était-ce la même particule ? Les physiciens étaient en proie au doute, car de telles particules, détectées au niveau de la mer, auraient dû être absorbées par l'atmosphère : leur durée de vie était 100 fois plus longue que Yukawa ne l'avait prévu.

Ignorant ces mesures, Tomonaga travaille avec Nishina sur l'électrodynamique quantique. En 1937, il rend visite à Heisenberg, à l'Université de Leipzig, et collabore pendant deux ans à la théorie des forces nucléaires. Yukawa passe également dans ce laboratoire, sur le chemin d'un Congrès Solvay qui se tient à Bruxelles. Toutefois, le congrès est annulé et les deux Japonais quittent l'Europe précipitamment.

La guerre marque la fin de l'âge d'or de la physique quantique. Les fondateurs de la nouvelle physique, jusqu'alors réunis dans des centres européens, tel Göttingen, se dispersent, beaucoup émigrant aux États-Unis. Heisenberg est le seul grand nom de la physique à rester en Allemagne ; il continue, du moins au début, à travailler sur la théorie des champs – une généralisation de l'électrodynamique quantique – et entretient une correspondance avec Tomonaga.

LA PHYSIQUE PENDANT LA GUERRE

En 1941, quand le Japon entre à son tour en guerre, Yukawa est professeur à Kyoto. La philosophie marxiste est alors en vogue chez les intellectuels qui y voient une façon de s'opposer au militarisme du gouvernement impérial. Parmi les étudiants et les collègues de Yukawa figurent deux étudiants communistes, Mitsuo Taketani et Shoichi Sakata. Ceux-ci ont une théorie du progrès scientifique fondée sur l'opposition thèse, antithèse, amenant une synthèse, et une progression spiralée de la recherche. Taketani publie imprudemment dans un journal marxiste des articles qui attirent l'attention de la police : il est arrêté et emprisonné pendant six mois en 1938 avant d'être libéré grâce à l'intervention de Yukawa et de Nishina. Totale-ment immergé dans la physique, Yukawa ne s'engage dans aucun combat politique, mais protège les opposants qui travaillent dans son laboratoire.

Pendant que la guerre fait rage dans le Pacifique, les physiciens continuent leurs recherches. En 1942, Sakata et Takeshi Inoue proposent que la particule découverte par Anderson et Neddermeyer n'est pas la particule de Yukawa, mais une particule plus légère, un muon, issu de la désintégration de la «vraie» particule de Yukawa, le pion. Ils publient leur hypothèse dans un journal japonais.

Yukawa fait, un jour par semaine, un travail lié à l'effort de guerre, mais il n'en a jamais précisé le détail. Tomonaga, devenu professeur à l'Université de Tokyo, participe davantage à l'effort de guerre. Avec Masao Kotani, il élabore, pour la marine, une théorie des magnétons, des dispositifs utilisés dans les systèmes radar pour produire des ondes électromagnétiques (ce sont aujourd'hui les sources de rayonnement des appareils micro-ondes). Par l'intermédiaire d'un de ses amis, capitaine dans la marine impériale, Heisenberg fait parvenir à Tomonaga un article qui préconise une description des interactions des particules quantiques. C'est une



Nishina Memorial, Hiroshi Ezawa

SORTIE DE CLASSE AU MONT FUJI, en 1936, des physiciens de l'Institut Riken. Shinichiro Tomonaga est le troisième en partant de la gauche et Yoshio Nishina, le «patron», est le troisième en partant de la droite (au premier rang).

théorie ondulatoire que Tomonaga applique aussitôt pour concevoir des guides d'ondes de radar.

Durant cette période, Tomonaga s'attaque à l'augmentation infinie de l'énergie des particules, problème auquel Yukawa s'était déjà frotté et qu'il avait abandonné. Pour ce faire, il met au point une façon de décrire le comportement de diverses particules quantiques en interaction, tels les électrons, quand elles se déplacent à une vitesse proche de celle de la lumière. Généralisant une idée de Dirac, il définit, pour chaque particule, outre les coordonnées d'espace, une coordonnée de temps propre. Ce travail, qui allait devenir un cadre théorique puissant pour l'électrodynamique quantique, est publié en 1943, dans le journal de l'Institut Riken.

En 1943, la plupart des étudiants ont été mobilisés. L'un d'entre nous (Yochiro Nambu) fait partie des soldats affectés dans une unité de recherche de l'armée sur les radars. Une formidable guerre des services oppose l'armée de terre et la marine, lesquelles mènent séparément leurs recherches et refont souvent le travail de l'autre. Les moyens sont très limités et les techniques primitives : l'armée ne réussit pas à mettre au point des radars mobiles pour suivre les cibles ennemies. Les autorités donnent à Y. Nambu un petit morceau (huit centimètres sur huit) de Permalloy, un alliage de fer et de nickel d'une très grande perméabilité magnétique, et lui demandent de faire ce qu'il peut pour améliorer la détection des sous-marins. On lui demande aussi de dérober à la marine l'article de Tomonaga sur les guides d'ondes, classé secret défense, ce qu'il fait en rendant visite à un professeur qui ne se méfie pas.

Les physiciens les plus jeunes, dans la région de Tokyo, poursuivent leurs études tant bien que mal. Les professeurs de l'Université de Tokyo, ainsi que Tomonaga, leur font des cours le dimanche. En 1944, quelques étudiants sont libérés des recherches militaires qu'ils étaient contraints de faire et reviennent à l'Université. Toutefois les difficultés persistent : plusieurs bâtiments où logent les étudiants ont été incendiés. Tomonaga, de santé fragile, donne parfois ses cours de son lit.

Pendant ce temps, Nishina est chargé, par les militaires, de travailler sur la bombe atomique. En 1943, il conclut ses recherches préliminaires en disant qu'on peut faire une bombe atomique à condition d'avoir assez de temps et assez d'argent. Il charge un jeune physicien spécialiste des rayons cosmiques, Masa Takeuchi, de construire un dispositif pour



Nishina Memorial, Hiroshi Ezawa

NIELS BOHR (à droite) est en grande discussion avec Nishina et Seishi Kikuchi (debout), lors de son voyage au Japon, en avril 1937. Au début des années 1920, Nishina avait rendu visite à Bohr, à Copenhague et, depuis, il était resté en contact avec plusieurs physiciens européens.

isoler l'uranium léger nécessaire à la fabrication d'une bombe. Taketani, à nouveau emprisonné, est également contraint de travailler sur ce projet, mais il est convaincu qu'il n'a aucune chance d'aboutir.

De l'autre côté du Pacifique, quelque 150 000 hommes et femmes participaient au projet Manhattan, parmi eux plusieurs génies qui disposaient de plus de deux milliards de dollars. Le contraste est fort : quand les étudiants japonais comprennent qu'il leur faut du sucre pour faire de l'hexafluorure d'uranium (dont ils pourraient extraire l'uranium), ils le prélèvent dans leurs maigres rations alimentaires. Quand les deux bombes américaines éclatent sur Hiroshima et sur Nagasaki, les Japonais n'ont réussi à produire qu'un morceau d'uranium de la taille d'un timbre poste et qui n'est même pas enrichi.

LA RECONSTRUCTION

Après la reddition des Japonais, en août 1945, le pays est occupé par les Américains pendant plusieurs années. L'administration du général Douglas MacArthur réforme et libéralise le système universitaire et crée de nouvelles universités. Toutefois, la recherche expérimentale dans le

domaine de l'énergie nucléaire est interdite. Tous les cyclotrons sont démantelés et jetés à la mer, de peur qu'ils ne servent aux recherches sur la bombe atomique. L'économie du pays n'offre pas les ressources nécessaires à la recherche expérimentale. Tomonaga vit avec sa famille dans un laboratoire dont la moitié a été bombardée. Y. Nambu arrive à l'Université de Tokyo comme assistant et vit pendant trois ans dans un laboratoire, dormant sur une natte de paille posée sur son bureau (et toujours vêtu d'habits militaires, faute d'autres vêtements). Beaucoup d'autres bureaux sont occupés par des universitaires et par leur famille.

La préoccupation de chacun est de trouver de la nourriture. Y. Nambu trouve parfois des sardines sur le marché aux poissons de Tokyo, mais l'odeur, faute de réfrigérateur, devient rapidement insupportable. Le dimanche, il part à la campagne, quémandant de la nourriture aux fermiers.

D'autres physiciens habitent dans le même bâtiment. Ziro Koba travaille, avec le groupe de Tomonaga, sur le problème de l'énergie propre infinie. Certains se spécialisent dans l'étude des solides et des liquides, aujourd'hui nommée la physique de la matière condensée, sous la



TOMONAGA, en 1960, cinq ans avant de recevoir le prix Nobel pour avoir résolu, pendant la Seconde Guerre mondiale, le problème des quantités infinies dans l'électrodynamique quantique.

coupe de Kotani et de son assistant Ryogo Kubo, dont les théorèmes de mécanique statistique deviendront célèbres. En 1946, Sakata propose une solution au problème de l'énergie propre infinie de l'électron en contrebalançant la force électromagnétique par une force inconnue, qui disparaît à la fin des calculs. À la même époque, Abraham Pais, à l'Université de Princeton, propose la même solution. La méthode n'est pas parfaite, mais elle permet au groupe de Tomonaga de manipuler des quantités infinies (elle est connue aujourd'hui sous le nom de renormalisation).

En septembre 1947, Tomonaga lit dans la revue *Newsweek* un résultat étonnant obtenu par Willis Lamb et Robert Retherford, de l'Université de Columbia. Dans un atome d'hydrogène, les électrons occupent l'un des états quantiques possibles ; deux de ces états, dont on pensait qu'ils avaient la même énergie ont, en fait, des énergies légèrement différentes. Juste après ce résultat, Hans Bethe, de l'Université Cornell, fait un calcul rapide et non relativiste de cet effet, lequel est une modification finie de l'énergie propre infinie d'un électron à l'intérieur d'un atome. Avec ses étudiants, Tomonaga obtient bientôt un calcul relativiste de cet effet.

Ce travail ressemble beaucoup à celui que Julian Schwinger, de l'Université de

Harvard, fait quasiment en même temps. Tomonaga et Schwinger partageront, en 1965, le prix Nobel avec Richard Feynman pour le développement de l'électrodynamique quantique (Feynman utilisa une méthode différente, mais Freeman Dyson montrera ultérieurement que la méthode de Feynman est équivalente à celle de Tomonaga et de Schwinger).

À la même époque, un groupe anglais découvre la désintégration d'un pion en un muon dans des plaques photographiques exposées aux rayons cosmiques, à haute altitude. Ce résultat confirmait l'hypothèse de Inoue, de Sakata et d'Yukawa. Ainsi Yukawa avait découvert que les forces sont transmises par des particules dont le spin est toujours un nombre entier, et dont la portée est déterminée par la masse. Il recevra le prix Nobel en 1949.

En 1947, de nouvelles particules sont découvertes, mais leur comportement étonnant leur vaut le qualificatif d'étranges. Bien qu'elles soient rares, elles apparaissent souvent par paires et leur durée de vie est anormalement longue. Dans les années qui suivent, Sakata et ses collègues élaborent un cadre mathématique pour une théorie des particules et des forces, dont le Modèle standard sera l'aboutissement.

Simultanément, les physiciens japonais renouent des liens avec les Américains, mais les sentiments sont ambigus.

Les bombes qui ont détruit Hiroshima et Nagasaki ont épouvanté tous les Japonais ; d'un autre côté, l'occupation américaine avec son programme de libéralisation a des conséquences positives. Le principal facteur de réconciliation est sans doute la fascination commune pour la physique.

LA RÉCONCILIATION

En 1948, Bethe reçoit un article de Tomonaga, qui expose l'idée maîtresse de la théorie de Schwinger. Contre vents et marées, malgré les troubles de la guerre, Tomonaga avait maintenu au Japon, une école de physique théorique qui, par certains aspects, était en avance sur tout ce qui se faisait dans le reste du monde. Tomonaga avait établi les fondements de l'électrodynamique quantique, cinq ans avant Schwinger et sans l'aide des expériences réalisées à l'Université de Columbia.

Au début des années 1950, des physiciens plus jeunes commencent à venir aux États-Unis. Certains, tel Y. Nambu, y restent. Atténuant un peu les conséquences de cette fuite de cerveaux, les expatriés maintiennent des relations épistolaires avec leurs collègues restés au Japon.

En 1959, Leo Esaki, à l'Université de Tokyo, présente une thèse sur le comportement quantique des semi-conducteurs, travail qui aboutit à la mise au point des transistors. En 1973, il rapportera au Japon un troisième prix Nobel de physique qu'il partagera avec Ivar Giaever et Brian Josephson.

Pourquoi les années les plus noires du xx^e siècle pour le Japon furent-elles aussi les plus créatives pour ses physiciens théoriciens ? Peut-être les esprits troublés cherchaient-ils à échapper aux horreurs de la guerre en se réfugiant dans la théorie ? Peut-être la guerre a-t-elle renforcé une isolation dont le fruit fut l'originalité ? Les physiciens, enfin libérés des allégeances traditionnelles vis-à-vis de leurs professeurs, ont-ils enfin exprimé leurs propres idées ? Ou peut-être, n'y a-t-il aucune explication à cette période si extraordinaire ?

Laurie BROWN est professeur émérite de physique à l'Université Northwestern. Yoichiro NAMBU est professeur émérite à l'Université de Chicago.

H. YUKAWA, *Autobiographie*, collection Un savant, une époque, éditions Belin, 1984.

***Proceedings of the Japan-USA Collaborative Workshops on the History of Particle Theory in Japan, 1935-1960*, sous la direction de L. Brown et al., Université de Kyoto, mai 1988.**

Recettes de Noël

HERVÉ THIS

Quelques pistes pour moderniser les réveillons.

Les fêtes sont là, il faut passer en cuisine. Nous contenterons-nous d'une dinde, comme au Moyen Âge, alors que l'an 2000 approche ? Non, inventons des plats nouveaux. Mais comment ? Pour le cuisinier inspiré par la chimie et la physique, la chose n'est pas difficile !

Commençons par un nouveau mode de cuisson, fondé sur une remarque de François Pérégó, restaurateur de tableaux, féru de chimie, à Bécherel : utilisant de l'œuf pour ses toiles, il m'a signalé l'effet de l'alcool éthylique sur le blanc d'œuf. D'où un nouveau mode de cuisson que je vous propose d'étudier par l'expérience suivante : dans un bol, placez un blanc d'œuf, puis versez une rasade d'alcool à 90 degrés. Aussitôt, le blanc coagule.

Comment expliquer le phénomène ? Le blanc d'œuf est composé d'environ 90 pour cent d'eau, et de dix pour cent de protéines. Ces molécules sont des enchaînements d'acides aminés (il en existe 20 types dans les aliments), qui se distinguent par leur chaîne latérale, laquelle est, selon les cas, hydrophile (soluble dans l'eau) ou hydrophobe. Dans l'eau, les parties hydrophiles se replient sur les parties hydrophobes, minimisant le contact des parties hydrophobes avec l'eau.

L'ajout d'alcool à 90 degrés, qui change l'environnement des protéines, déclenche le déroulement des protéines ; la réaction de deux groupes thiols ($-SH$) de protéines voisines conduit à un pont disulfure, qui lie les protéines. Ainsi se forme un gel : le blanc d'œuf cuit. Ce procédé chimique ne peut naturellement pas être utilisé tel quel en cuisine : le blanc d'œuf est fade, et l'alcool à 90 degrés a de bien pauvres vertus gustatives, mais si l'on remplaçait l'al-

cool à 90 degrés par de l'eau de vie de mirabelle ?

Après l'entrée, le plat principal : utilisons les données scientifiques sur les transformations de la viande chauffée. À 40 °C, les protéines se dénaturent (elles se «déroutent»), et la viande perd sa transparence ; à 50 °C, les fibres de collagène (le tissu de soutien des cellules musculaires) se contractent ; à 55 °C, la myosine (une des principales protéines des cellules musculaires) coagule et le collagène commence à se dissoudre ; à 66 °C, des protéines «sarcoplasmiques», le collagène, coagulent ; à 79 °C, l'actine (une autre protéine importante des muscles) coagule.

Que faire de telles données ? Au lieu de cuire votre dinde au four, prélevez les blancs, et cuisez-en certains morceaux à une température comprise entre 40 et 50 degrés, d'autres entre 50 et 55 degrés, d'autres encore entre 55 et 66 degrés, etc. : vos convives auront le plaisir d'apprécier des textures différentes pour une même viande, puisque des composés différents de la viande auront réagi.

Le fromage, maintenant. Nous avons présenté dans cette rubrique, il y a deux ans, le «chocolat Chantilly», qui est une mousse de chocolat, plutôt qu'une mousse au chocolat. Nous vous proposons cette fois de répéter la chose avec du fromage. Dans une casserole, versons un verre d'eau ou de vinaigre, puis ajoutons une feuille de gélatine, un bon morceau de fromage (du roquefort, par exemple) et chauffons doucement en agitant. Ainsi le fromage qui fond forme des gouttelettes de matière grasse qui se dispersent dans l'eau, s'entourant des molécules dites tensioactives apportées par la

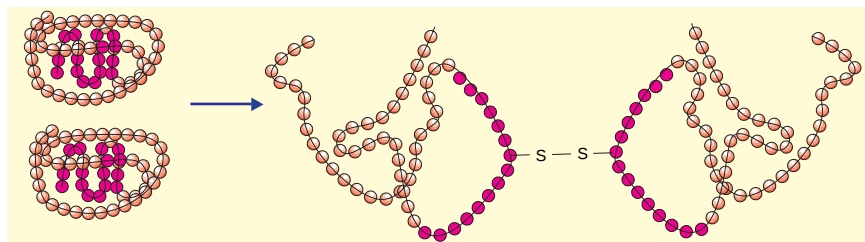
gélatine. Cette «béarnaise de fromage» est une cousine de bien d'autres émulsions culinaires, telles la mayonnaise, la sauce béarnaise (d'où le nom), la fondue au fromage... et la crème. Or qu'obtient-on quand on fouette de la crème fraîche en la refroidissant ? De la crème Chantilly. De même, quand on fouette la béarnaise au fromage en posant la casserole sur un lit de glaçons, on obtient un «fromage Chantilly».

Les artistes culinaires sauront tirer parti de cette innovation : Didier Clément, chef du Lion d'or, à Romorantin, a ainsi exécuté un «crottin de Chavignol Chantilly», qu'il a accompagné d'échalotes caramélisées. Innovation oblige, le caramel n'était pas un caramel habituel, confectionné par chauffage de sucre de table, ou saccharose, avec un peu d'eau. Non, cette fois, la chimie lui avait conseillé un «caramel de fructose». Ce dernier avait un goût original, de raisins confits.

Finissons par la véritable crème Chantilly, que vous ne manquerez pas de préparer pour accompagner le dessert. Sa préparation est simple, puisqu'il suffit de fouetter de la crème bien fraîche : le fouet introduit des bulles d'air dans l'émulsion, et les gouttelettes de matière grasse viennent cristalliser à la périphérie de ces bulles, ce qui les stabilise. Hélas, le fouet manuel a souvent été remplacé par le batteur électrique, avec lequel s'est accru le risque de voir la crème tourner en beurre (les gouttelettes de matière grasse fusionnent, et l'air est perdu lors du processus).

Pourtant tous les ingrédients d'une bonne crème Chantilly subsistent alors. Il suffit donc de les réorganiser : formons à nouveau une émulsion analogue à la crème en chauffant, dans une casserole, une cuillerée à soupe d'eau, à laquelle on ajoute la crème tournée en beurre. Quand toute la crème a été ainsi réintroduite, on pose la casserole sur de la glace et l'on fouette à nouveau : la crème remonte. Joyeuses fêtes !

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 22 janvier 1999, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Le déroulement de deux protéines conduit à leur liaison, par formation d'un pont disulfure, entre deux atomes de soufre. Ainsi l'alcool gélifie le blanc d'œuf.

Mes mains ont la parole

L'usage des mains est un comportement inné et complémentaire de la parole.

Quels que soient sa fonction et son rang, un homme public est secondé par un conseiller en communication qui lui indique comment utiliser ses mains pour appuyer son discours de campagne électorale. Par ailleurs, certains peuples méditerranéens sont connus pour leur propension naturelle à utiliser une communication manuelle. Plus généralement, nous utilisons tous nos mains lorsque nous parlons. Perpétuons-nous ainsi une convention culturelle ? Illustrons-nous notre discours afin d'être mieux compris ? Jana Iverson et Susan Goldin-Meadow, psychologues à l'Université de Chicago, ont montré que la gestuelle est une communication supplémentaire qui complète la parole articulée. Les mains sont un auxiliaire de la voix.

Nos psychologues ont tout d'abord étudié l'hypothèse selon laquelle l'emploi des mains résulterait d'un apprentissage visuel. Elles ont étudié douze enfants âgés de 8 à 18 ans, dont la moitié était aveugle de naissance. Dans une expérience, un manipulateur transvasait un liquide d'un verre long et mince dans un récipient plus trapu. Les aveugles ont auparavant manipulé les

réipients avec leurs mains qu'ils gardaient posées sur les récipients pendant l'opération, les enfants voyants observaient. Puis, à la demande des psychologues, les enfants ont commenté les variations de quantité d'eau durant l'opération. Les réponses des sujets étaient enregistrées, puis les paroles et les gestes codés pour une analyse quantitative des rapports entre leur paroles et leur comportements manuels. Quand les enfants voyants ont répondu, ils ont utilisé leurs mains pour expliciter leur raisonnement. Par exemple, ils écartaient leurs mains, préalablement incurvées en forme de C, représentant le récipient. Ils montraient ainsi la variation de largeur. Contre toute attente, les enfants aveugles ont utilisé les mêmes gestes, dans les mêmes circonstances et avec les mêmes significations. Ces résultats contredisent l'hypothèse selon laquelle les enfants apprendraient l'usage des mains en observant leurs parents ou leur entourage.

Dans un deuxième temps, à l'aide d'une méthode identique, quatre jeunes aveugles ont répondu aux mêmes questions, mais posées cette fois par d'autres aveugles. Là encore, des gestes ont appuyé leurs paroles, alors qu'ils avaient connaissance

du handicap de leurs interlocuteurs. Les psychologues en ont conclu que l'emploi des mains est une aide au discours : ce n'est pas un moyen d'expression parallèle et redondant. Une étude en cours confirme cette théorie. Des sujets regardent un dessin animé, puis ils sont interrogés. Certains

ont les mains libres, tandis que d'autres ne peuvent les utiliser. Les souvenirs des premiers apparaissent plus précis, mieux ordonnés et mieux exprimés que ceux des seconds.

Les gestes favoriseraient ainsi l'élocution et la cohérence du discours. Ils sont indissociables du langage. J. Iverson et S. Goldin-Meadow étudient également l'influence de la culture sur les mouvements des mains. Les gestes d'un Finlandais sont-ils différents de ceux d'un Italien ? Dans l'affirmative, comment la culture gestuelle se transmet-elle ? Le langage articulé est un caractère apparu tardivement dans l'évolution ; selon certains psychologues, il s'est peut-être superposé à une forme primitive de communication manuelle. À quand un dictionnaire traduisant les signes manuels d'une langue à l'autre ?



Le titanosaure ovipare

Les embryons découverts en Argentine dans des œufs montrent que les sauropodes étaient ovipares.

Contrairement à ce que l'on croit souvent, les œufs de dinosaures ne sont pas des raretés ; on les trouve par centaines dans certaines formations géologiques. Au grand dam des paléontologues, beaucoup plus rare est la découverte d'embryons à l'intérieur de ces œufs, embryons qui sont le seul moyen pour identifier avec

précision quel animal les a pondus. Quelques sites en Asie centrale et en Amérique du Nord ont déjà livré des œufs contenant des embryons de dinosaures, mais une récente découverte en Amérique du Sud, due au chercheur argentin Luis Chiappe et à son équipe, est d'un intérêt exceptionnel à cause du type de dinosaure concerné et de la préservation exceptionnelle des embryons.

Les œufs ont été découverts à Auca Mahuevo, dans la province

de Neuquen (Nord-Ouest de la Patagonie), dans des roches du Crétacé supérieur appartenant à la Formation Rio Colorado, datée d'environ 89 à 71 millions d'années. Le gisement contenait une douzaine d'œufs en place ainsi qu'une quarantaine de fragments de coquilles incluant des restes d'embryons. Ces restes sont de minuscules ossements, des dents, et, trouvaille plus inattendue, des empreintes de la peau (*Nature*, 19 novembre 1998).

Les dents, qui ne dépassent pas deux millimètres de longueur, ont la forme d'un cylindre. La face d'usure de l'une d'elle prouve, qu'avant la naissance, ces dinosaures usaient déjà leurs dents en

