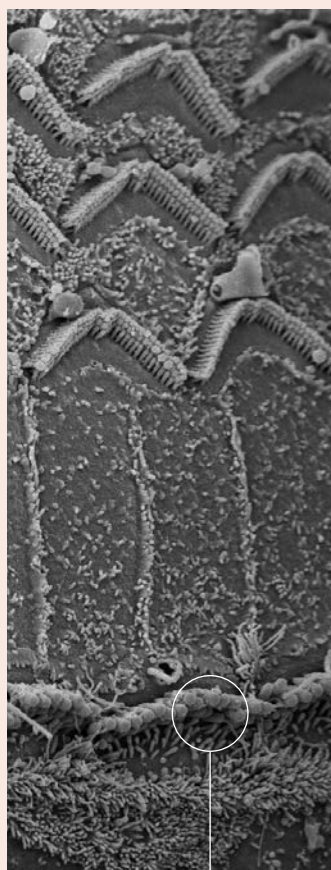


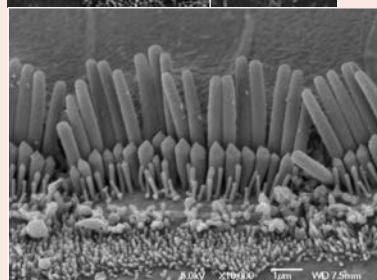
DANS LA COCHLÉE – l'élément de l'oreille interne qui perçoit et analyse les sons –, les cellules auditives sont coiffées chacune d'une touffe de stéréocils parallèles. Que ce soit dans la partie proximale (*en bas*) ou distale (*en haut*), les touffes sont toutes orientées de la même façon par rapport au plan défini par l'épithélium, et définissent ainsi un axe de polarité planaire. Quand des gènes de la polarité planaire sont mutés, l'orientation des touffes les unes par rapport aux autres est perturbée, ce qui peut conduire à des déficits auditifs.

Plus récemment, des études ont établi des liens entre des pathologies neurodéveloppementales ou neurologiques de type autistique ou épileptique et des mutations de gènes de polarité planaire. En mutant ces gènes chez la souris, notre équipe s'attache à comprendre comment la voie de signalisation contrôle la formation et la fonction de nos organes sensoriels et de notre système nerveux. Notamment, certaines régions de notre cerveau telles que l'hippocampe, crucial pour la mémoire, ne finissent leur maturation qu'après la naissance. Des résultats de notre laboratoire suggèrent que des perturbations de certaines formes de mémoire et des comportements sociaux anormaux seraient dus à un mauvais fonctionnement de la voie de polarité planaire (voir la figure page ci-contre). Le rôle des gènes de la polarité planaire s'étendrait donc bien au-delà de l'embryogénèse. Ils participeraient non seulement à la mise en place, mais aussi au maintien des fonctions sensorielles et cérébrales.

– Mireille Montcouquiol et Nathalie Sans
Neurocentre Magendie, INSERM U1215,
université de Bordeaux



© Andrew Forge / UCL / UK



utilisant des souris génétiquement modifiées, l'équipe a découvert que *Frizzled3* était tout à fait capable de remplacer *Frizzled6*, et de fournir un système pileux normal. En revanche, *Frizzled6* n'a pu que partiellement remplacer *Frizzled3* pour orienter la croissance des neurones. Ainsi, les systèmes de polarité planaire de la peau et du cerveau de la souris sont similaires, mais non identiques.

Depuis, l'étude des gènes impliqués dans la polarité planaire se poursuit. Chez les mammifères, par exemple, on recense à présent dix gènes ressemblant au gène *frizzled* de la drosophile, et l'équipe de Jeremy Nathans essaye de comprendre leurs rôles dans le développement. L'étude

de souris mutantes dépourvues d'un ou plusieurs de ces gènes a ainsi révélé que la voie de signalisation *frizzled* intervient dans des aspects très variés du développement tels que le guidage axonal, la croissance vasculaire, le développement de l'oreille interne, la fermeture du tube neural, le développement des reins et l'orientation du pelage. Ce qui soulève toujours plus de questions : cette voie de signalisation interviendrait-elle encore ailleurs ? Comment fonctionne-t-elle ? Des maladies seraient-elles liées à son dysfonctionnement ? Les biologistes sont loin d'avoir fini d'explorer ce qui, au début, ne semblait être qu'un petit groupe de gènes qui peignaient les poils... dans le sens du poil. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

N. Sans et al., Planar cell polarity (PCP) gene mutations in autism spectrum disorder, intellectual disabilities and related deletion/duplication syndromes, dans C. Sala et C. Verpelli (éd.), *Neuronal and Synaptic Dysfunction in Autism Spectrum Disorder and Intellectual Disability*, Academic Press, pp. 189-219, 2016.

D. Devenport, The cell biology of planar cell polarity, *J. Cell Biol.*, vol. 207(2), pp. 171-179, 2014.

Y. Wang et al., When whorls collide : The development of hair patterns in *Frizzled6* Mutant Mice, *Development*, vol. 137, n° 23, pp. 4091-4099, 2010.

P. N. Adler, Planar signaling and morphogenesis in *Drosophila*, *Developmental Cell*, vol. 2, n° 5, pp. 525-535, mai 2002.

W. McGinnis et M. Kuziora, Les gènes du développement, *Pour la Science*, n° 198, avril 1994.

Pourquoi les nazis n'ont pas eu la bombe

Manfred Popp

Hitler n'a pas eu la bombe. Par manque de moyens, disent certains historiens ; parce que ses physiciens l'ont sciemment évitée, selon d'autres. L'examen des textes et des actes des chercheurs avec un œil de physicien nucléaire suggère que la vérité, bien plus subtile, est intermédiaire.

Hitler a causé la mort de dizaines de millions d'Européens. Dès lors, se dit-on avec effroi, s'il avait pu disposer de la bombe atomique, il s'en serait servi ! Que les physiciens allemands des années 1940, pourtant à la pointe mondiale de la physique nucléaire, ne la lui aient pas donnée apparaît donc comme un rai de lumière dans le plus sombre épisode de l'histoire allemande. C'est aussi une énigme, qu'historiens et physiciens travaillent à résoudre depuis plus de soixante-dix ans.

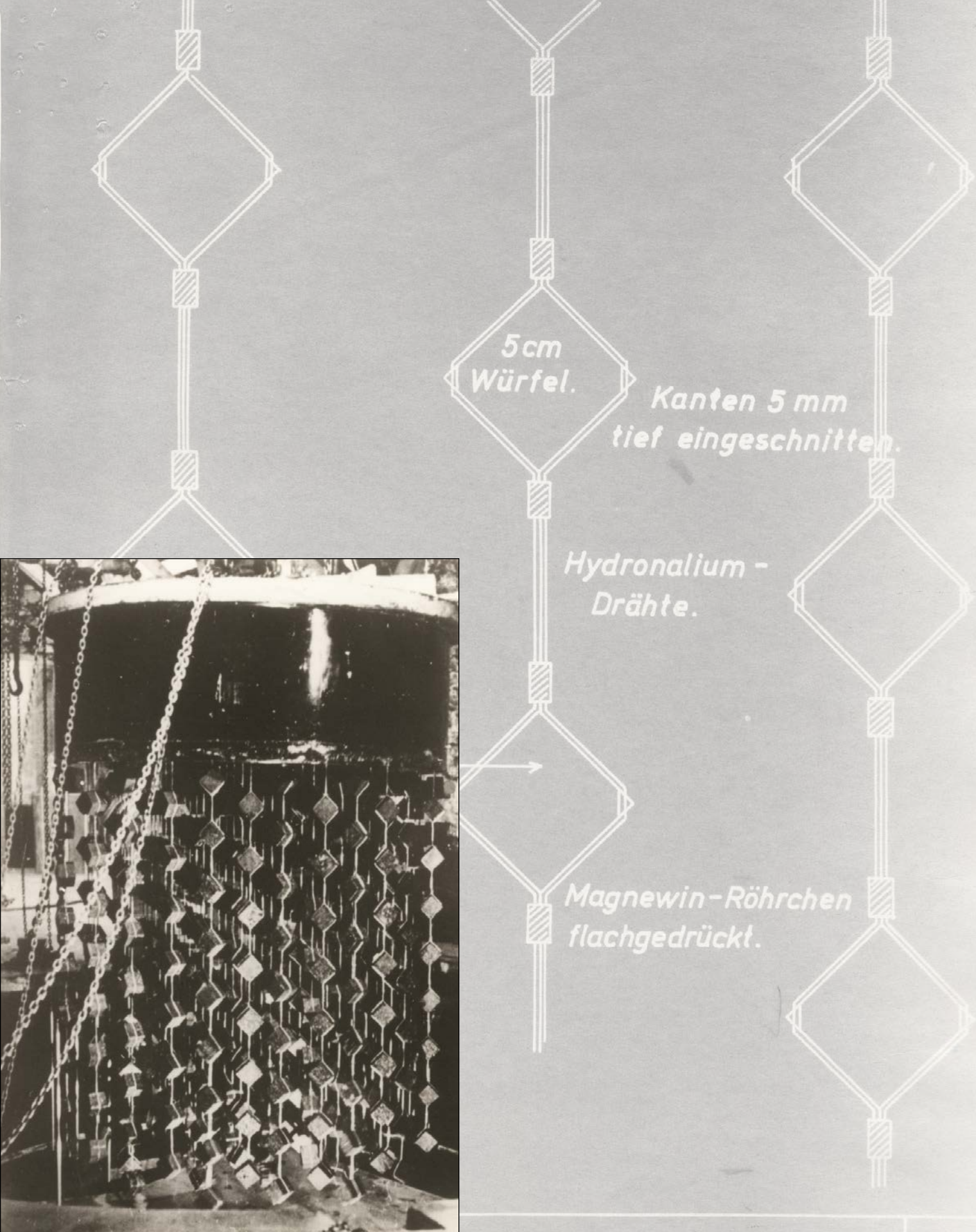
Les historiens américains et britanniques furent les premiers à tenter d'écrire l'histoire de l'*Uranprojekt* – le « Projet uranium » que l'État nazi avait lancé en 1939 pour explorer l'« utilité de l'énergie des noyaux atomiques ». Sur le plan scientifique, ce projet était mené par l'*Uranverein* – le « club uranium » –, cent chercheurs de haut niveau rassemblés autour de Werner Heisenberg, l'un des pères de la théorie quantique. Longtemps, l'histoire de l'*Uranverein* est restée l'affaire exclusive des historiens américains et

L'EXPÉRIENCE ALLEMANDE B8
a eu lieu en 1945 à Haigerloch, dans une cave à bière réaménagée en laboratoire. Il s'agissait d'explorer dans quelle mesure un réacteur contenant 664 cubes d'uranium plongés dans l'eau lourde pouvait évoluer vers la criticité, c'est-à-dire vers une réaction en chaîne incontrôlée. Résultat : pour cela, le réacteur aurait dû être 1,5 fois plus gros !

L'ESSENTIEL

- Les États-Unis ont développé une arme atomique parce qu'ils craignaient que les nazis n'en disposent eux aussi.
- En réalité, les physiciens allemands confondaient le principe d'un réacteur nucléaire avec celui de la bombe, de sorte qu'ils n'ont pas travaillé sérieusement à son développement.
- L'analyse des documents secrets du projet de recherche nucléaire allemand montre que, contrairement à ce que pensent les historiens, les physiciens allemands ignoraient le principe de fonctionnement de la bombe à uranium.

© Deutsches Museum



britanniques. Leurs collègues allemands avaient bien pire à traiter que l'échec d'un projet de recherche, aussi terrible soit-il.

L'*Uranprojekt* confrontait les Alliés à un curieux paradoxe éthique : leurs chercheurs avaient développé la bombe atomique pour rattraper les physiciens allemands, lesquels étaient souvent leurs anciens professeurs, collègues ou camarades d'étude... Toutefois, en réalité, la course à la bombe dans laquelle ils s'étaient crus engagés n'avait pas eu lieu. Eux qui vivaient dans la sécurité d'une démocratie avaient travaillé avec acharnement afin de lâcher le monstre atomique dans le monde, tandis que leurs collègues allemands, qui survivaient dans l'insécurité d'une dictature inhumaine, n'avaient travaillé qu'à la mise au point d'un réacteur nucléaire...

Pas de bombe faute de moyens ?

Le premier livre jamais écrit sur l'*Uranverein* est celui de Samuel Goudsmit, intitulé *Alsos* et publié en 1947. Né en Hollande, ce physicien nucléaire dirigea l'opération Alsos, menée par l'armée américaine pour occuper dès que possible les installations de l'*Uranverein*, arrêter ses membres, les interroger et mettre en sécurité leurs documents. Dans son livre, il écrit que les Allemands avaient travaillé pendant la guerre à un réacteur et non à une bombe, car ils n'avaient pas compris la différence...

Malgré ce témoignage clé, la version dominante de l'histoire de l'*Uranverein* est celle de l'historien américain Mark Walker (*Nazi Science: Myth, Truth, And The German Atomic Bomb*, 2001). Selon lui, le projet de bombe atomique allemande aurait échoué parce que sa réalisation dépassait les possibilités économiques du III^e Reich dans les conditions de la guerre ; une réalité que le gigantisme du Projet Manhattan – le projet américain de bombe atomique – confirme.

Outre la version de Mark Walker, deux livres opposés dans leurs conclusions, mais bien documentés, ont paru : celui de l'historien américain Thomas Powers, qui fait de Heisenberg un héros de la résistance (*Heisenberg's war*, 1993), et celui de son collègue Paul Rose, pour qui Heisenberg aurait plutôt été un nazi incapable qui aurait voulu développer la bombe, mais aurait échoué (*Heisenberg and the Nazi Atomic Bomb Project*, 2001). Tout physicien nucléaire s'étonne que deux versions aussi opposées

■ L'AUTEUR



Manfred POPP, physicien nucléaire, a longtemps dirigé le programme de recherche nucléaire civil allemand.

puissent être déduites des mêmes sources. En fait, toutes deux sont plausibles, mais la réalité est probablement intermédiaire.

Le premier livre d'un historien allemand n'a paru qu'en 2005. Dans son ouvrage *Hitlers Bombe*, Rainer Karlsch décrit les activités de l'*Uranverein* de façon plus correcte sur le plan scientifique que Mark Walker. Il surprend toutefois en affirmant qu'à la fin de la guerre, le *Heereswaffenamt*, c'est-à-dire le Bureau central pour la production d'armes de l'armée allemande – la *Wehrmacht* – aurait développé et testé des bombes à fusion en tant que petites armes tactiques. Ses arguments n'ont convaincu aucun physicien.

Quoi qu'il en soit, Paul Rose et Rainer Karlsch sont tous deux convaincus que les physiciens allemands savaient calculer la masse minimale de matière fissile nécessaire pour produire une bombe, ce que l'on nomme la masse critique, et qu'ils l'avaient fait dans le cas du plutonium. Pour sa part, Mark Walker estime cela possible. Selon ces historiens, les chercheurs de l'*Uranverein* auraient découvert quasi en même temps que les physiciens alliés que, pendant le fonctionnement d'un réacteur à uranium, un nouvel élément comptant 94 protons – l'« élément 94 » – se forme. Ils auraient alors déduit de la

WERNER HEISENBERG est à la fois l'un des plus grands physiciens théoriciens du XX^e siècle, un père de la théorie quantique, un chercheur mal vu par les nazis et, avec Carl Friedrich von Weizsäcker, l'un des premiers dirigeants de l'*Uranprojekt*, un projet qu'il a contribué à concentrer sur la physique d'un réacteur nucléaire, plutôt que sur celle de la bombe. Par volonté d'évitement implicite, semble-t-il.

