

HARRY COLLIN & TREVOR PINCH
Tout ce que vous devriez savoir sur la science

5. Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ? L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

La détection des ondes gravitationnelles

En 1969, le professeur Joseph Weber de l'université du Maryland affirma avoir détecté un intense rayonnement gravitationnel en provenance de l'espace. Il avait utilisé un nouveau modèle de détecteur conçu par lui-même. L'importance du rayonnement qu'il avait mesuré était très supérieure aux prévisions théoriques des astronomes et des cosmologistes. Dans les années qui suivirent, les chercheurs tentèrent de vérifier ses affirmations. Aucun n'y parvint. En 1975, rares étaient les scientifiques, si tant est qu'il y en ait eu, à croire que le rayonnement de Weber était aussi important qu'il le prétendait. Mais, quoi qu'il semble maintenant, la théorie et l'expérience n'ont pu à elles seules trancher la question de l'existence du rayonnement gravitationnel.

On peut se faire une idée de ce rayonnement en le comparant à un rayonnement électromagnétique tel que les ondes radio. La plupart des scientifiques admettent que la théorie de la relativité générale d'Einstein implique que les corps en mouvement produisent des ondes gravitationnelles. L'ennui est qu'elles sont trop faibles pour être détectées facilement. Personne n'a encore proposé, par exemple, le moyen de produire sur Terre un rayonnement gravitationnel suffisamment important pour être détecté. Néanmoins, il est aujourd'hui admis qu'une fraction non négligeable des énormes quantités d'éner-

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

gie produites par les événements cataclysmiques ayant lieu dans l'univers doit se dissiper sous forme de rayonnement gravitationnel et qui devrait être détectable sur Terre. Les explosions de supernovæ, les trous noirs et les étoiles binaires devraient produire des flux mesurables d'ondes gravitationnelles qui se traduiraient sur Terre par de légères oscillations de la valeur de « G » – la constante liée à la force d'attraction d'un objet sur un autre. Il est cependant déjà assez difficile de mesurer « G » elle-même.

La mesure de l'attraction gravitationnelle entre deux grosses boules de plomb effectuée par Cavendish en 1798 constitua un triomphe de la science expérimentale. Cette force d'attraction ne représentait que deux milliardièmes de leur poids. La détection du rayonnement gravitationnel est unimaginablement plus difficile encore du fait que l'effet d'un train d'ondes gravitationnelles n'entraîne guère qu'une fluctuation insignifiante de cette force, elle-même infime. A titre d'exemple, l'une des plus petites antennes gravitationnelles (ces détecteurs sont souvent appelés antennes) en fonctionnement en 1975 était enfermée dans une chambre à vide en verre. Sa masse était d'une centaine de kilos et pourtant l'impact sur cette masse métallique de la lumière émise par un petit flash suffisait à faire sortir l'oscillographe des limites habituelles.

La technique standard de détection du rayonnement gravitationnel fut mise au point par Weber à la fin des années 1960. Il cherchait à détecter des variations de longueur (dilatations ou contractions) d'un cylindre en alliage d'aluminium provoquées effectivement par les variations des forces gravitationnelles exercées sur ses différentes parties. Les variations de dimension d'un tel cylindre – dont le poids était souvent de plusieurs tonnes – provoquées par le passage d'une impulsion d'ondes gravitationnelles ne devrait pas dépasser une fraction du rayon d'un atome. Heureusement, le rayonnement est une oscillation et, si les dimensions du cylindre sont bien ajustées, il se mettra à vibrer ou à « sonner » comme une cloche, à la même fréquence que le rayonnement. Cela signifie que l'énergie de

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ?

L'impulsion peut se transformer en quelque chose de mesurable.

Une antenne de Weber est constituée du lourd cylindre métallique et d'un ensemble de dispositifs transducteurs permettant de mesurer ses vibrations. La plupart utilisent des cristaux piézo-électriques sensibles à la déformation, collés ou fixés d'une manière quelconque au cylindre. Lorsque ces cristaux sont déformés, ils produisent un potentiel électrique. Dans un détecteur d'ondes gravitationnelles, le potentiel produit par la déformation subie par les cristaux est si infime qu'il est presque indétectable. Pour le mesurer, il convient donc de l'amplifier. L'amplificateur de signaux est par conséquent un élément essentiel du dispositif. Une fois amplifiés, ceux-ci peuvent être enregistrés graphiquement par un oscillographe ou mis en mémoire par un ordinateur pour être analysés.

Les dispositifs de ce genre ne détectent pas réellement des ondes gravitationnelles, mais les vibrations d'un cylindre métallique. Ils ne permettent pas de faire la distinction entre les vibrations dues au rayonnement gravitationnel et celles produites par d'autres forces. Si donc on veut tenter sérieusement de mettre en évidence les ondes gravitationnelles, le cylindre doit être protégé de toutes les autres perturbations d'origine électrique, magnétique, thermique, acoustique, sismique ou autre. Weber essaya d'y parvenir en suspendant le cylindre par un fil fin à l'intérieur d'une chambre à vide métallique. L'ensemble était isolé du sol de manière originale et efficace par un empilage de feuilles de plomb et de caoutchouc.

En dépit de ces précautions, le cylindre ne peut pas normalement rester au repos complètement. Tant qu'il est à une température supérieure au zéro absolu, il se produira des vibrations dues aux mouvements aléatoires de ses propres atomes ; les témoins de déformation enregistreront donc une émission continue de « bruit de fond thermique ». S'il est enregistré sur un papier millimétré par un oscillographe (comme dans beaucoup d'expériences), il prendra l'allure d'une ligne ondulée présentant une succession irrégulière de crêtes et de creux. Une onde de gravitation devrait apparaître sous forme d'un pic particulière-

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

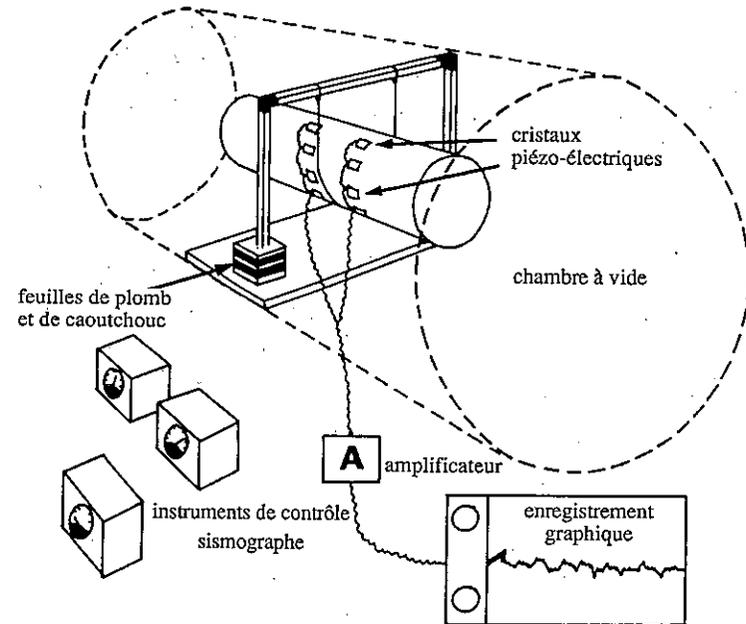


Figure 6. Comparez la méthode d'isolation sismique utilisée par Weber et les fondations de béton massives sur lesquelles étaient réalisées les expériences de Michelson et Morley (voir le chapitre 2 sur la dérive éthérique). Des fondations massives rendent le dispositif étroitement solidaire du sol et il est alors inévitable que les vibrations lui soient transmises (souvenons-nous que Michelson s'aperçut que son dispositif pouvait être perturbé par le martèlement des pieds des passants à 100 mètres du laboratoire). Les détecteurs utilisés par Weber sont beaucoup moins sensibles grâce à leur système d'isolation ingénieux et à la bande passante étroite du rayonnement étudié.

ment haut, mais il est nécessaire de définir le seuil au-delà duquel un pic doit être considéré comme représentatif d'une onde de gravitation et non plus du « bruit de fond » indésirable. Aussi élevé que soit le seuil, il faut s'attendre cependant à ce qu'il soit dépassé de temps à autre par un pic uniquement dû à ce « bruit de fond ». Pour être certain que des ondes gravitationnelles ont été détectées, il convient d'estimer le nombre de

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ?

pics accidentels provoqués par le bruit seul, puis de s'assurer que le nombre total de pics dépassant le seuil est supérieur à celui-là. En 1969, Weber affirma qu'il détectait quelque sept pics par jour qui ne pouvaient être imputés au seul bruit de fond.

Point de vue actuel sur les résultats obtenus par Weber et le rayonnement gravitationnel en général

Pratiquement personne n'accepte plus aujourd'hui les affirmations de Weber. Cependant, les recherches sur le rayonnement gravitationnel se poursuivent. Les résultats obtenus par Weber ont été accueillis avec scepticisme, car il constatait apparemment un rayonnement gravitationnel bien trop important pour être compatible avec les théories cosmologiques actuelles. A supposer que l'univers soit uniforme et que le rayonnement gravitationnel ne soit pas concentré à la fréquence que Weber était le mieux à même de détecter, si on effectuait une extrapolation à partir de ses résultats, la quantité d'énergie apparemment produite aurait eu pour effet de faire « se consumer » rapidement – à l'échelle cosmologique – le cosmos. Ces calculs donnaient à penser que Weber se trompait de beaucoup. Les instruments que l'on est en train de mettre au point sont conçus pour détecter les rayonnements les plus faibles dont les cosmologistes estiment l'existence possible. Les nouvelles antennes sont un milliard de fois plus sensibles ; elles devraient pouvoir détecter des flux un milliard de fois plus faibles que ceux annoncés par Weber..

Quoique personne n'ait cru à ses premiers résultats en raison de l'importance du rayonnement qu'il prétendait avoir constaté, Weber réussit par la suite à ce qu'on prenne ses travaux plus au sérieux. Au début des années 1970, il leur donna des développements intéressants, et amena d'autres laboratoires à tenter de retrouver ses résultats. L'un des faits nouveaux les plus probants était que les pics supérieurs au seuil étaient signalés simultanément par deux ou plusieurs détecteurs situés à des milliers de

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

kilomètres les uns des autres. A première vue, il semblait que seule une perturbation d'origine extraterrestre, telles des ondes gravitationnelles, pût être à l'origine de ces observations simultanées. Autre élément de preuve, Weber s'aperçut que son détecteur enregistrait des pointes d'activité qui apparaissaient toutes les vingt-quatre heures environ. Cela laissait à penser que la source de cette activité avait un rapport avec la rotation de la Terre. Le détecteur étant transporté avec la Terre dans son mouvement, on pouvait s'attendre à ce qu'il enregistre des variations dans le rayonnement si celui-ci provenait essentiellement d'une direction particulière de l'espace. La périodicité de vingt-quatre heures indiquait par conséquent que c'était une source de rayonnement extraterrestre, et non pas une perturbation parasite venant de la Terre, qui faisait vibrer ses détecteurs.

Qui plus est, la périodicité semblait à première vue liée à la position de la Terre par rapport à la galaxie plutôt que par rapport au Soleil – la périodicité liée à la journée astronomique. C'était là un point important, car du fait que la Terre se déplace en orbite autour du Soleil, on avait la possibilité d'attendre l'heure du jour où le détecteur était le plus sensible aux changements saisonniers. (Le cas de figure est le même que dans l'expérience de Michelson-Morley – voir le chapitre 2 sur la dérive éthérique.) Tout portait à croire que la source de rayonnement se trouvait à l'extérieur du système solaire – autre présumption importante en faveur du fait que la vibration du détecteur devait être provoquée par des événements cosmiques et non par des phénomènes locaux et sans intérêt. Cet effet fut baptisé « corrélation sidérale » : on voulait dire par là que le maximum d'activité du détecteur était lié aux rapports de la Terre avec les étoiles et non avec le Soleil.

Persuader les autres

Arrivés à ce point de notre exposé, il est utile de noter que, lorsqu'on fait état de résultats inattendus, si l'on veut être à

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ?

même de persuader les autres de les prendre suffisamment au sérieux pour se donner la peine ne serait-ce que de les vérifier, il ne faut pas se contenter de les rapporter. Pour avoir une chance de se faire admettre, l'expérience proposée doit d'abord sortir du laboratoire de son auteur. Persuader les autres scientifiques d'essayer d'en *démontrer la fausseté* est un premier pas utile. Le bien-fondé de différents aspects des travaux expérimentaux de Weber n'était pas également reconnu par tous les chercheurs. Certains trouvaient que tel d'entre eux était convaincant alors que d'autres pensaient le contraire. Ainsi, l'un des premiers résultats auquel Weber aboutit fut de démontrer la coïncidence des signaux produits par des détecteurs séparés par de grandes distances. Certains y croyaient et, à l'époque (1972), un chercheur avait dit à Collins :

[Je] lui ai écrit en l'interrogeant en particulier sur ces triples ou quadruples coïncidences car, pour moi, c'est là le critère essentiel. Le risque de voir trois ou quatre détecteurs se déclencher en même temps est infime.

D'autres scientifiques pensaient au contraire que ces coïncidences pouvaient facilement s'expliquer par l'électronique, la chance ou quelque autre raison. Ainsi, disait l'un,

il s'avéra au fil de la discussion que la barre située à X et la barre qui se trouvait à Y n'avaient pas du tout un système électronique indépendant. [...] Les deux signaux comportaient un tronc commun très important. Je lui ai dit qu'il n'y avait rien d'étonnant à ce qu'il relevât des coïncidences. Tout bien pesé, j'ai de nouveau rejeté l'ensemble de l'opération.

Weber compliqua l'expérience en retardant les impulsions mesurées par l'un des détecteurs avant de les comparer avec celles d'un autre détecteur éloigné du premier. Dans ces conditions, il ne pouvait y avoir coïncidence – en d'autres termes, toute coïncidence était purement accidentelle. Weber montra que le nombre de signaux simultanés diminuait en fait lors-

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

qu'un signal était retardé par rapport à un autre, suggérant ainsi que le résultat n'avait rien à voir avec l'électronique ou avec la chance. Plusieurs chercheurs jugèrent que cette variante de l'expérience était convaincante, d'autres étaient de l'avis contraire.

La corrélation que Weber avait décelée entre les pointes d'activité du rayonnement gravitationnel et le temps stellaire était pour certains scientifiques le fait saillant qui demandait à être expliqué :

Les expériences qui prévoyaient un retard ne m'ont pas du tout convaincu. Vous pouviez imaginer cent autres artifices susceptibles de faire disparaître la coïncidence. [...] A mon sens, la corrélation sidérale est la seule chose qui dans tout ce travail est remarquable et mérite qu'on s'y arrête. [...] Si cette corrélation se révélait fautive, vous pourriez classer l'affaire.

A l'encontre de ces affirmations, deux autres faisaient remarquer :

Beaucoup d'entre nous ont finalement été convaincus lorsqu'il a annoncé qu'un ordinateur avait analysé les données et abouti au même résultat. Ce qu'il y a de plus convaincant, c'est qu'il l'a mis dans un ordinateur [...].

Mais un autre affirmait :

Il a dit, vous le savez, qu'il se déchargeait de la création des programmes informatiques sur d'autres. Je ne sais pas ce que cela signifie [...]. Ce qui me gêne – et je ne suis pas le seul – c'est la façon dont il a analysé les données, et qu'il l'ait fait par ordinateur ne change pas grand-chose [...].

Concevoir une expérience de façon qu'elle convainque autrui exige autant d'éloquence que de compétence scientifique.

La régression de l'expérimentateur

En 1972, plusieurs autres laboratoires avaient construit ou étaient en train de construire des antennes afin de rechercher le rayonnement gravitationnel. Trois autres avaient déjà opéré depuis assez longtemps à ce moment-là pour être en mesure de faire état de résultats négatifs. Nous devons maintenant imaginer les problèmes auxquels était confronté un chercheur désireux de reproduire l'expérience de Weber : il a mis en place un dispositif délicat et, pendant des mois, l'a observé fonctionner et régurgiter des mètres et des mètres de papier millimétré recouvert de zigzags. La question est celle-ci : y a-t-il dans tous ces zigzags des pics qui représentent l'impulsion d'ondes de gravitation réelles et non pas un simple « bruit de fond » ? Si la réponse paraît négative, la question suivante est alors de savoir s'il convient de publier ces résultats, impliquant ainsi que Weber se trompe et qu'on ne peut détecter d'intenses flux d'ondes gravitationnelles. Parvenu à ce stade, l'expérimentateur doit prendre une décision difficile ; il peut se faire que ces ondes existent vraiment et que les résultats négatifs aient été faussés d'une manière quelconque. Le seuil que l'on a établi pour déterminer quels pics doivent être pris en compte peut, par exemple, être mal choisi, l'amplificateur peut ne pas être aussi sensible que celui de Weber, le cylindre métallique peut ne pas avoir été suspendu comme il fallait ou bien encore les cristaux ont été peut-être insuffisamment collés pour transmettre les signaux. En pareil cas, et s'il s'avérait que des flux importants d'ondes gravitationnelles existaient bien, le chercheur n'aurait réussi qu'à prouver sa propre incompétence en matière d'expérience.

La situation est ici tout à fait différente de celle qu'on rencontre dans les travaux pratiques scolaires ou universitaires. L'étudiant peut avoir une bonne idée de la valeur de son expérience en se reportant au résultat. Si ce résultat tombe dans la

bonne zone, cela veut dire que l'expérience a été réalisée correctement ; s'il en sort, l'expérience n'a pas marché. En pratique, et dans des cas aussi épineux que les ondes gravitationnelles et les autres que nous exposons dans ce livre, la question est « *Quelle est le bon résultat ?* » En clair, la connaissance du résultat ne permet pas de résoudre le problème. Le résultat correct consiste-t-il à détecter ou à ne pas détecter des ondes gravitationnelles ? Puisque l'existence des ondes gravitationnelles est le nœud même du problème, il est impossible de savoir quelle est la bonne réponse.

Le choix de la bonne réponse dépend donc de savoir s'il y a ou non des ondes gravitationnelles qui frappent la Terre en quantité détectable. Pour le savoir, il nous faut fabriquer un bon détecteur et observer. Mais nous ne saurons pas si notre détecteur est bon avant de l'avoir essayé et d'avoir obtenu la bonne réponse. Et nous ne saurons pas quelle est la bonne réponse tant que... et ainsi de suite *ad infinitum*.

On peut appeler ce cercle vicieux la « régression de l'expérimentateur ». Le travail expérimental ne peut servir de *vérification* que si l'on trouve le moyen de briser le cercle vicieux. On y parvient la plupart du temps parce qu'on en arrive finalement à savoir quels sont les bons résultats. Cela permet de disposer d'un critère universel de qualité en matière expérimentale. Quand ce critère bien défini n'existe pas, on ne peut sortir du cercle vicieux qu'en trouvant d'autres moyens pour définir la qualité de l'expérience ; et le critère doit être indépendant du résultat de l'expérience elle-même.

Les scientifiques au travail

A quoi aboutit la régression de l'expérimentateur ? Parce que nul ne sait ce que l'on doit considérer comme le bon résultat, il n'est pas facile de dire qui a réussi son expérience. Dans le cas qui nous occupe, on peut donc s'attendre à voir les chercheurs ne pas s'entendre sur le fait de savoir qui a effectué correcte-

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ?

ment l'expérience, si tel résultat est dû à l'incompétence de l'expérimentateur et/ou à des défauts du dispositif expérimental. Certains penseront que Weber a cru déceler des ondes gravitationnelles parce que ses méthodes ou son matériel étaient défectueux. D'autres imputeront l'échec de cette recherche du rayonnement à un manque de savoir-faire, de persévérance ou à la malchance. L'un des auteurs de ce livre, Collins, a interrogé la plupart des chercheurs qui ont participé aux travaux sur les ondes gravitationnelles en Grande-Bretagne et en Amérique. Les commentaires suivants, tirés d'interviews menées en 1972, montrent à quel point varie le regard qu'ils portent sur les travaux des autres. Dans chaque cas, trois chercheurs appartenant à trois laboratoires différents commentent les travaux d'un quatrième.

Commentaires sur l'expérience réalisée à « W »

Chercheur (a) : [...] c'est pourquoi le matériel qu'ils ont à W, malgré toute sa complexité, possède certaines caractéristiques qui, s'ils détectent quelque chose, leur permet d'être plus crédibles. [...] On voit qu'ils l'ont vraiment pensé [...].

Chercheur (b) : Ils espèrent obtenir une grande sensibilité, mais, franchement, je ne les crois pas. Il y a des méthodes plus subtiles que la force brute [...].

Chercheur (c) : Je pense que ceux de W ont perdu la tête.

Commentaires sur l'expérience réalisée à « X »

Chercheur (A) : [...] il travaille dans un tout petit labo, mais j'ai examiné ses résultats, et il est certain qu'il en a d'intéressants.

Chercheur (B) : Je ne suis pas vraiment impressionné par ses capacités et j'ai plus de doutes sur tout ce qui vient de lui que sur ce que font les autres.

Chercheur (C) : Cette expérience, c'est de la merde !

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

Commentaires sur l'expérience réalisée à « Y »

Chercheur (1) : Ses résultats sont très impressionnants. C'est du travail de pro et ça a l'air d'être du sûr.

Chercheur (2) : Si vous voulez mon avis, et pourtant nous sommes bons amis, sa sensibilité est [faible]... et il n'a absolument aucune chance [de détecter les ondes gravitationnelles].

Chercheur (3) : Si vous faites comme Y et que vous vous contentez de donner les chiffres à des filles pour qu'elles les traitent, c'est sûr que vous ne savez plus où vous en êtes. Vous ne savez même pas si ces filles ne sont pas en train de discuter avec leur petit ami en même temps.

Commentaires sur l'expérience réalisée à « Z »

Chercheur (I) : L'expérience de Z est très intéressante et on ne devrait pas l'éliminer sous le seul prétexte que l'équipe est incapable de la répéter.

Chercheur (II) : L'affaire de Z m'impressionne beaucoup.

Chercheur (III) : Et puis il y a l'affaire de Z. C'est une imposture complète !

Non seulement les opinions des scientifiques concernant une même expérience divergent, mais chaque expérience se différencie de toutes les autres d'innombrables manières. De fait, il est difficile de savoir ce que réaliser une expérience *identique* à une autre veut dire. Comme le dit un chercheur :

Il est inévitable que dans une expérience comme celle-ci on ait beaucoup d'échecs lorsqu'on se met pour la première fois « sur les ondes », car l'effet est si infime que toute différence minimale dans le matériel peut entraîner des différences considérables dans les observations. [...] Ce que je veux dire, c'est que lorsqu'on se prépare à reproduire une expérience, il y a un tas de choses qui ne sont précisées nulle part, dans des articles

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ?

ou ailleurs. Il y a bien les soi-disant techniques standard, mais ces techniques, il arrive souvent qu'il faille les appliquer d'une certaine manière.

Il n'est donc pas difficile de trouver une différence qui expliquera et justifiera le point de vue d'un chercheur sur les travaux d'un autre. Des variations dans les techniques de traitement des signaux, dans la conception de l'amplificateur, dans le matériau du cylindre métallique (a-t-il subi un fluage ?), dans le procédé de fixation des cristaux piézo-électriques, et de nombreux autres facteurs étaient cités à l'appui ou à la charge des expériences. Les jugements portés sur les expériences des autres n'étaient pas seulement fondés sur des arguments techniques. Les raisons de les mettre en doute sortaient de ce que l'on considère en général comme étant le domaine de la science. En 1972, les expérimentateurs devaient trouver hors de la technique des motifs pour accepter ou rejeter les résultats obtenus par leurs pairs. Citons notamment :

1. La confiance, fondée sur une collaboration antérieure, dans les capacités et l'honnêteté professionnelles d'un chercheur.
2. Sa personnalité et son intelligence.
3. La réputation acquise à la tête d'un laboratoire important.
4. Le fait qu'un chercheur ait ou non travaillé dans l'industrie ou l'enseignement.
5. L'historique de ses échecs passés.
6. Les informations venues « de l'intérieur ».
7. Le style et la présentation des résultats.
8. La perception « psychologique » des résultats.
9. L'importance et le prestige de l'université d'où vient le chercheur.
10. Son degré d'intégration à divers réseaux scientifiques.
11. Sa nationalité.

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

Comme le dit l'un d'eux en expliquant pourquoi il ne croit pas aux résultats obtenus par Weber :

Vous voyez, tout ça n'a pas grand-chose à voir avec la science. Nous allons finalement reprendre son expérience et vous verrez que je n'arriverai pas à la décortiquer aussi soigneusement que je le voudrais.

La compétence des expérimentateurs et l'existence des ondes gravitationnelles

Ces discussions sur la qualité du travail de chacun sont une partie essentielle du débat sur l'existence des ondes gravitationnelles. Une fois que l'on a défini en quoi doivent consister les expériences, il devient facile de dire qui a raison : ceux qui ont détecté les ondes gravitationnelles ou ceux qui n'y sont pas parvenus. On sait donc si ces ondes sont détectables ou si elles ne le sont pas. D'autre part, lorsqu'on sait s'il est possible de les détecter, on sait quels sont les bons détecteurs. Si les ondes gravitationnelles existent, le bon appareil est celui qui permet de les détecter ; si elles n'existent pas, les bonnes expériences sont celles qui ne les font pas apparaître. Par conséquent, définir quel est le bon détecteur et déterminer si les ondes gravitationnelles existent revient au même. Les aspects scientifiques et sociaux sont indissociables. Voilà comment l'expérimentateur sort du cercle vicieux où l'avait enfermé la régression.

Le rayonnement gravitationnel : 1975

Après 1972, les événements prirent de plus en plus mauvaise tournure pour Weber. En juillet 1973, des résultats négatifs furent publiés à deux semaines d'intervalle dans la revue scien-

tifique *Physical Review Letters* par deux équipes distinctes. En décembre de la même année, une troisième faisait état elle aussi de résultats négatifs dans *Nature*. Ces mêmes équipes et trois autres publièrent encore d'autres articles affirmant qu'en dépit de la plus grande sensibilité des détecteurs, il était impossible de mettre en évidence quoi que ce soit. Personne n'a depuis lors déclaré avoir obtenu des résultats qui viennent corroborer ceux de Weber.

En 1972, quelques chercheurs croyaient en l'existence de flux importants d'ondes de gravitation et ils étaient très peu nombreux à *se déclarer ouvertement* contre leur existence. En 1975, un certain nombre d'entre eux avaient consacré du temps et de l'énergie à faire le procès de Weber. La plupart des autres admettaient qu'il se trompait et, hormis Weber lui-même, un seulement estimait que les recherches valaient la peine d'être poursuivies. On peut considérer que le problème posé par la régression de l'expérimentateur avait été effectivement résolu en 1975 – presque tout le monde savait que l'antenne grâce à laquelle on avait détecté d'importants flux d'ondes de gravitation ne valait pas grand-chose et ne permettait pas de mener à bien l'expérience. Comment en était-on arrivé là ?

Apparemment, Weber n'était pas surpris par cette avalanche de résultats négatifs. Puisqu'un résultat négatif est la chose la plus facile à obtenir, estimait Weber (c'est ce que rapportait un de ses partisans), il fallait s'attendre à ce qu'on en annonce beaucoup :

[...] à peu près à cette époque [1972], Weber nous avait rendu visite et il nous avait dit, ce qui me paraît juste, que « la recherche sur les ondes gravitationnelles allait connaître des temps très difficiles », car il avait travaillé pendant dix ou douze ans pour recueillir des signaux et, ajoutait-il, il est très facile d'attaquer une expérience : si on ne trouve rien, on ne cherche pas à comprendre pourquoi on n'a rien trouvé et on se contente de publier un article. On dit seulement : « Je n'ai rien trouvé » et ce n'est pas sans conséquence. Il pensait donc que les choses allaient se gâter.

Mais il est difficile de retirer une certitude totale d'une expérience qui n'aboutit à rien. Il est difficile de voir ce qui permettrait aux autres chercheurs d'être si sûrs que leurs résultats négatifs étaient corrects tant que Weber persistait à affirmer avoir détecté des ondes gravitationnelles. Pourquoi n'étaient-ils pas plus prudents ? Comme le faisait remarquer l'un d'eux :

[...] [une des différences majeures entre Weber et les autres est que Weber] avait vécu pendant des semaines et des mois en compagnie de son appareil expérimental. En procédant ainsi et en essayant de tirer le meilleur parti du matériel dont vous disposez, vous vous apercevez [par exemple] qu'un tube que vous avez choisi parmi, disons, cent autres, ne fonctionne à bas bruit que pendant un mois si vous êtes bien tombé, et plus probablement pendant une semaine. Quelque chose se produit, une parcelle microscopique se détache de la cathode, et maintenant votre tube a un point bruyant. Les vérifications nécessaires pour le découvrir sont longues et fastidieuses. Et, vu de l'extérieur, votre système est exactement le même. Bien souvent, vous avez l'impression que votre système fonctionne comme il faut et il n'en est rien. Ce qu'a fait Weber et lui seul, c'est qu'il s'est donné à son système – donné de toute sa personne et avec toutes ses compétences d'ingénieur en électricité que les autres gars ne possèdent pas. [...]

Weber est ingénieur en électricité et physicien et s'il s'est avéré que, lui, détectait des ondes gravitationnelles et que les autres n'y réussissaient pas, l'explication est là, c'est qu'ils ne se sont pas véritablement voués à leur expérience. [...]

J'attache beaucoup d'importance au fait de vivre avec son matériel. C'est un peu comme lorsqu'on en vient à connaître très bien quelqu'un – après un certain temps, vous êtes capable de dire à votre femme qu'elle n'est pas dans son assiette alors qu'elle ne le sait pas elle-même.

Cet aspect du travail expérimental devrait rendre les scientifiques circonspects quand il s'agit de tirer des conclusions claires d'un ensemble de résultats négatifs. C'est une autre façon d'illustrer la régression de l'expérimentateur. Comment pouvaient-ils être assez sûrs d'eux pour condamner les découvertes de Weber ?

Comment s'est clos le débat ?

En 1975, la majorité des chercheurs s'accordaient à dire que l'expérience de Weber n'était pas pertinente, mais les raisons invoquées étaient très différentes. Certains en avaient été convaincus parce que, à un moment donné, Weber avait fait une grossière erreur en programmant son ordinateur ; d'autres estimaient pourtant que l'erreur avait été corrigée de manière satisfaisante en temps voulu. Certains estimaient que les analyses statistiques de l'intensité du bruit de fond et du nombre de pics résiduels étaient inadéquates alors que d'autres ne jugeaient pas cette question décisive.

Weber avait également commis une erreur malencontreuse lorsqu'il avait affirmé avoir relevé une coïncidence entre les signaux émis par son propre détecteur et celui d'un autre laboratoire. Cette coïncidence avait été mise en évidence en comparant les données enregistrées par les bandes des deux détecteurs. Malheureusement pour Weber, il s'avéra qu'à la suite d'une confusion entre des plages de temps, les deux sections des bandes qu'il avait comparées avaient été enregistrées à plus de quatre heures d'intervalle, de sorte qu'il avait en fait pris pour un signal ce qui n'était qu'un vulgaire bruit de fond. Une fois de plus, cependant, il n'avait pas manqué de chercheurs pour penser que les conséquences n'avaient pas été trop graves puisque l'intensité du signal constaté était loin d'être significative statistiquement.

D'autres avaient attaché une grande importance au fait qu'au fil des années Weber avait négligé d'augmenter le rapport signal/bruit de ses résultats. On pouvait en effet s'attendre à ce que, améliorant son matériel, il obtienne des signaux plus intenses. En réalité, le signal « net » semblait même diminuer d'intensité. Aux yeux de nombreux chercheurs, ce n'était pas ainsi que le travail scientifique moderne devait être mené. Qui plus est, la corrélation avec le temps stellaire que Weber avait tout d'abord relevée avait cessé d'être apparente. Cepen-

dant, une fois encore, seuls un ou deux chercheurs jugeaient ces critiques décisives ; après tout, rien n'obligeait à croire qu'une source cosmique d'ondes gravitationnelles devait rester constante.

Il va presque sans dire que l'unanimité quasi totale des résultats négatifs obtenus par les autres laboratoires pesait lourdement dans la balance. Néanmoins, cette demi-douzaine d'expériences négatives étaient toutes durement critiquées par Weber et, ce qui était plus grave, cinq d'entre elles l'étaient par un ou plusieurs des critiques de Weber lui-même ! Compte tenu de l'analyse que nous avons faite dans les premières sections de cet ouvrage, cela n'a rien de surprenant. La seule expérience à ne pas avoir été critiquée par les adversaires de Weber avait été conçue pour être la copie conforme de l'expérience originale. Personne ne la jugea décisive.

Il semble que la critique acérée, l'analyse méticuleuse et le style polémique de l'un des membres les plus influents de la communauté des physiciens, Richard Garwin, ait joué un rôle déterminant dans ce débat. Comme le dit un chercheur :

[...] s'agissant de la communauté scientifique dans son ensemble, il est probable que c'est l'article de Garwin qui a en gros décidé de son attitude. En fait, l'expérience qu'ils avaient réalisée était des plus courantes – ce n'était pas grand-chose... Mais c'est la façon dont ils l'ont décrite [...]. Personne ne savait à quoi s'en tenir [...]. Tout le monde était hésitant [...]. Puis Garwin est entré en lice. C'est sa façon de présenter les choses qui a fait de l'effet.

« Garwin [...] parle plus fort que tout le monde et il a fait une très bonne analyse des données », disait un autre chercheur. Et un troisième : « [L'article de Garwin] était très clair et, finalement, tout le monde s'est laissé plus ou moins convaincre. »

Lorsque les premiers résultats négatifs furent publiés en 1972, ils étaient accompagnés d'un inventaire exhaustif de toutes les possibilités logiques d'erreur. Comme il est compréhensible, les

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ?

premiers à critiquer Weber ne se sont pas trop avancés. Peu après, suivit le rapport expérimental catégorique de Garwin, accompagné d'une analyse minutieuse des données et de l'affirmation péremptoire que ses résultats étaient « substantiellement en désaccord avec ceux rapportés par Weber ». Puis, comme le dit un partisan de Weber, « cela déclencha l'avalanche et ensuite tout le monde se tut ».

Pour ce qui est des *résultats expérimentaux*, il ressort que la série des expériences négatives permit à ceux qui rejetaient avec force et conviction les résultats obtenus par Weber de s'exprimer ouvertement, mais que cette conviction se forgea seulement après que ce qu'on pourrait appeler une « masse critique » de comptes rendus d'expériences se fut accumulée. Cette accumulation avait été déclenchée par Garwin.

Celui-ci était convaincu depuis le début que Weber se trompait. Fort de cette conviction, il agit de la manière qu'il jugea appropriée. Il fit ainsi en sorte que certaines des erreurs commises par Weber reçoivent la publicité la plus large à l'occasion d'un colloque et il écrivit à une revue de physique connue une « lettre » dont est tiré cet extrait :

[on a montré] que sur une bande presque toutes les soi-disant coïncidences « réelles » résultaient de cette seule erreur de programmation. Par conséquent, non seulement certains phénomènes autres que la gravitation *pouvaient* avoir, mais aussi *avaient* en fait, été la cause de ce taux excessif de coïncidence [des données] dans le temps. [c'est Garwin qui souligne]

et ce jugement sans appel :

L'équipe de Weber n'a en aucun cas prouvé de manière crédible l'existence du rayonnement gravitationnel qu'elle prétend avoir détecté.

A propos des derniers travaux de Garwin, un membre de son équipe me faisait remarquer : « A ce moment-là, ce que l'on faisait n'était plus de la physique. Il est possible de se deman-

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

der si à une époque ç'en a été, mais ce qui est sûr, c'est que ce n'en était plus à ce moment-là », et encore : « Nous voulions uniquement voir s'il était possible de couper court à tout cela sans que ça traîne en longueur pendant vingt ans. »

Sans l'action menée par Garwin et son équipe, il est par conséquent difficile de dire comment la controverse se serait terminée. Qu'il ait fallu cette intervention pour y mettre un terme est une fois de plus la conséquence de la régression de l'expérimentateur.

Conclusion

Nous avons montré comment le cercle vicieux de la régression avait été brisé dans le cas des ondes gravitationnelles. Le poids de plus en plus grand des comptes rendus, dont aucun n'était décisif à lui seul, fut en quelque sorte concrétisé par Garwin. Après qu'il se fut prononcé, seules les expériences qui avaient abouti à des résultats négatifs furent prises en compte et plus personne ne détecta de flux importants d'ondes gravitationnelles. De ce fait, toutes les expériences ultérieures qui donnaient des résultats positifs devaient être considérées comme des échecs.

En matière scientifique, le seul fait de faire état d'un résultat expérimental ne suffit pas à rendre crédible une découverte peu ordinaire. Si l'on veut qu'elle soit prise suffisamment au sérieux par les autres chercheurs, ne serait-ce que pour tenter de la rejeter, il faut la présenter avec beaucoup de clarté et d'habileté. Weber dut faire subir une longue série de modifications à la présentation de ses résultats avant qu'on leur prêtât réellement attention. Ensuite, lorsque la controverse fut lancée, la seule combinaison de la théorie et de l'expérience ne suffit plus à elle seule à régler la question ; la régression de l'expérimentateur l'en empêchait. Nous avons vu de quelle façon cer-

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'univers ?

taines questions avaient été finalement tranchées. Ces mécanismes de résolution ou de « clôture » des débats ne sont pas en général considérés comme des activités « scientifiques » et cependant, sans eux, la science, avec toutes les controverses qu'elle implique, ne pourrait progresser.

Il est important de remarquer que la question des ondes gravitationnelles ne se présentait plus du tout de la même manière après la résolution de la controverse qu'avant. Avant cette résolution, il existait une incertitude importante et réelle, et celle-ci était tout à fait justifiée. En dépit de la quantité importante de travaux scientifiques qui avaient été effectués et du nombre considérable de résultats expérimentaux et théoriques disponibles, les choses n'étaient pas claires. A l'époque, on ne pouvait reprocher à personne de penser que les deux possibilités existaient et de répugner à se prononcer en faveur de l'une ou de l'autre. Après la résolution, tout était clair : les flux importants d'ondes gravitationnelles n'existaient pas et seuls les chercheurs incompetents pensaient en avoir détecté.

Cependant, cet exemple montre également que, une fois close, une controverse peut être réouverte. Le professeur Joseph Weber a toujours pensé que ses résultats étaient exacts et, surtout depuis 1982, après la fin de notre récit, il a publié des articles proposant de nouveaux arguments et de nouvelles preuves à l'appui de ses conceptions. Il reste à savoir s'ils retiendront l'attention de la communauté scientifique.

En 1972, antérieurement à la résolution, la question des ondes gravitationnelles appartenait à ce domaine de la science qu'il est rarement donné aux étudiants de connaître ou qu'ils ne comprennent pas. Néanmoins, afin d'insister sur un point sur lequel nous nous étendrons dans la conclusion de ce livre, ce domaine de la science est de ceux auxquels le chercheur sera peut-être confronté un jour et sur lequel on demande à l'homme de la rue de réfléchir lorsqu'il doit, par exemple, se prononcer sur des faits en tant que membre d'un jury, participer à des enquêtes publiques sur des questions techniques, ou

L'impossible détection du rayonnement gravitationnel

encore voter pour une politique liée à des matières techniques, telles que la défense ou l'énergie. Pour de nombreuses raisons, il est donc tout aussi important de connaître cette face cachée de la science que son homologue plus connue*.

* Des détecteurs d'un type nouveau – des « interféromètres laser » qui ne sont pas sans rappeler celui de Michelson – sont actuellement en construction et permettront peut-être la détection directe sur Terre des ondes gravitationnelles. Il s'agit du projet américain Ligo et du projet européen Virgo. Ajoutons que des indications astronomiques très convaincantes de l'existence d'ondes gravitationnelles ont été fournies par l'étude des pulsars binaires, et ont valu le prix Nobel de physique 1993 à J. H. Taylor et R. A. Hulse (*NdE*).