



HAL
open science

L'essai Trinity (1945) et les risques d'embrassement de l'atmosphère : entre spéculation SF, modélisation scientifique et hubris physicienne

Éric Picholle

► **To cite this version:**

Éric Picholle. L'essai Trinity (1945) et les risques d'embrassement de l'atmosphère : entre spéculation SF, modélisation scientifique et hubris physicienne. *Récits et modélisation*, 12, Editions du Somnium, pp.157-165, 2020, Sciences et Fictions à Peyresq, 978-2-918696-01-8. hal-03567541

HAL Id: hal-03567541

<https://hal.science/hal-03567541v1>

Submitted on 22 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



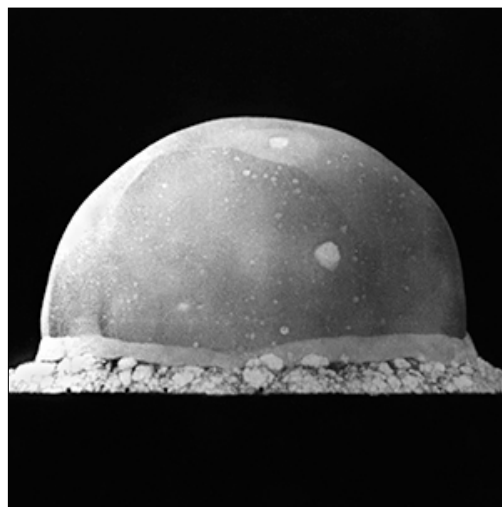
Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

**L'essai *Trinity* (1945)
et les risques d'embrasement de l'atmosphère :
entre spéculation SF, modélisation scientifique
et *hubris* physicienne**
Éric Picholle

S'il est un moment de l'histoire où s'est manifestée de la façon la plus éclatante la confiance des physiciens envers leurs modèles théoriques, c'est probablement le 16 juillet 1945, lors de la décision finale par Robert Oppenheimer de procéder au tout premier test d'une explosion nucléaire, à Alamogordo, au Nouveau Mexique.

Que pouvait-il donc advenir lors de cet essai joliment nommé *Trinity* ? Rien moins, d'après les scénarios les plus pessimistes, que la fin du monde : une réaction nucléaire en chaîne embrasant et détruisant l'atmosphère, et avec elle toute vie sur Terre. Littéralement, un scénario de science-fiction apocalyptique. Mais un cas d'école qui, dans le contexte américain du *Manhattan Project*, sera passé au fil des années par tous les stades du récit (para-)scientifique.

Trinity :
début de la première explosion nucléaire
de l'Histoire, le 16 juillet 1945,
16 ms après la détonation.
La boule de feu culmine déjà
à 200 m d'altitude.



Phase 1 : Spéculations hard SF

C'est en effet un auteur de SF, Isaac Nathanson, qui émet le premier l'hypothèse d'une réaction nucléaire en chaîne rendant la planète inhabitable. Il décrit toutefois dans sa nouvelle de 1935, «The World Aflame»,¹ un processus à croissance lente, mais favorisée par la réticence des autorités à prendre les contre-mesures nécessaires, de plus en plus coûteuses au fil des mois, à mesure que «*l'annihilation d'atomes sur une telle échelle se communique à d'autres éléments.*» Or elle peut, «*une fois qu'on lui a permis de gagner assez d'importance, embraser la Terre entière.*» S'inscrivant dans une tradition de «bombes atomiques» de science-fiction² remontant à H. G. Wells,³ l'inventeur du terme, le texte ne repose pas sur des considérations techniques ou scientifiques très avancées.

Après la découverte de la désintégration en chaîne de l'uranium par Otto Hahn et Lise Meitner en décembre 1938, c'est en revanche dans une approche de type *hard SF*, en relation directe avec des spécialistes du meilleur niveau comme son ami Robert Cornog,⁴ que Robert Heinlein imaginera dès 1939 les conséquences d'une réaction nucléaire incontrôlée, dans une nouvelle au titre éloquent : «Il arrive que ça saute».⁵ Parmi celles-ci, le risque d'induire une réaction nucléaire en chaîne dans l'atmosphère et de l'embraser – ce qui pourrait même, selon un personnage, expliquer l'état actuel de notre Lune :

Harrington tira de sa mallette une grande photo – un superbe portrait de la pleine lune. «Imaginez la lune telle qu'elle pourrait avoir été quelque part dans le passé. Les zones sombres que nous appelons des «mers» sont de vrais océans. Il y a une atmosphère, peut-être composée de gaz plus lourds que l'oxygène et l'azote, mais de gaz actifs, respirables par une forme de vie concevable. Car il s'agit d'une planète habitée, habitée par des êtres intelligents, capables de découvrir l'énergie atomique et de l'exploiter.» Il montra sur la photo, tout en bas, le cercle blanc-de-chaux du cratère Tycho,

-
1. Isaac NATHANSON, «The World Aflame», *Amazing Stories*, jan. 1935 (inédit en français). Accessible en ligne : <https://ia802600.us.archive.org/15/items/AmazingStoriesVolume09Number09/AmazingStoriesVolume09Number09.pdf> (déc. 2019).
 2. H. Bruce FRANKLIN, «Ne vous inquiétez pas, ce n'est que de la science-fiction» («Don't Worry, it's Only Science Fiction», 1988) ; in *Solution non satisfaisante. Robert Heinlein et l'arme atomique*, Nice, Somnium, coll. Hyperboles, 2009, pp. 87-115.
 3. Herbert George WELLS, *La Destruction libératrice (The World Set Free, 1914)* ; Grama, coll. Le Passé du futur, 1995.
 4. William S. HIGGINS, «Robert Cornog, l'ami atomiste», in *Robert Heinlein et l'arme atomique, op. cit.*, pp. 174-203.
 5. Robert A. HEINLEIN, «Il arrive que ça saute» («Blowup Happen», 1940) ; in *Histoire du Futur*, Mnémos, coll. Intégrales, 2017, pp. 59-98. (ici : trad. Picholle, qui souligne)

avec les incroyables rayons brillants, longs de milliers de kilomètres, qui en émanaient, en saillaient, en jaillissaient. « Ici... Ici, à Tycho, était située leur centrale atomique principale. [...] Elle a sauté et les a tous tués. Et elle a détruit leur planète. Elle en a chassé l'enveloppe gazeuse et l'a soufflée dans l'espace profond. Peut-être même a-t-elle induit une réaction en chaîne dans cette atmosphère. Elle a arraché d'énormes morceaux de la croûte de la planète. Peut-être certains ont-ils aussi été complètement chassés, mais tout ce qui n'a pas atteint la vitesse de libération a fini par retomber et par produire un peu partout ces immenses cratères annulaires. »

L'inquiétude ne naît pas ici de la possibilité d'une guerre atomique, mais des risques d'explosion d'une centrale civile. L'année suivante, Heinlein explorera dans « Solution non satisfaisante »⁶ les conséquences géostratégiques de la possibilité d'armes de destruction massives.

Si c'est implicite dans « Il arrive que ça saute », le processus d'ignition de l'atmosphère (terrestre ou lunaire⁷) est bien la *transmutation* nucléaire par collision de noyaux (dont la *fusion* nucléaire est un cas particulier), seule capable de produire de l'énergie avec des éléments aussi légers que l'oxygène et l'azote, et non la *fission*, productrice nette d'énergie uniquement pour des éléments bien plus lourds.⁸



6. Robert A. HEINLEIN, « Solution non satisfaisante » (« Solution Unsatisfactory », 1941) ; in *Solution non satisfaisante. Robert Heinlein et l'arme atomique, op. cit.*, pp. 11-73.
7. La mention de « gaz plus lourds que l'oxygène et l'azote » semble plutôt se référer à la moindre masse de la lune, dont le champ gravitationnel serait incapable de retenir une atmosphère trop peu dense. On pourrait par exemple penser à une atmosphère de phosphore et de soufre, aux propriétés chimiques comparables à celles de l'oxygène et de l'azote et susceptibles d'être rencontrés à l'état gazeux à des températures plausibles, mais de masse atomique encore très inférieure à celle du fer (resp. 14 pour l'azote [N], 16 pour l'oxygène [O], 31 pour le phosphore [P] et 32 pour le soufre [S], pour les isotopes les plus courants).
8. On peut considérer que les éléments d'une masse atomique assez inférieure à celle du fer [Fe, 56] sont susceptibles de produire de l'énergie en fusionnant entre eux, alors que ceux d'une masse assez supérieure sont plutôt susceptibles d'en produire par fission ; ceux d'une masse voisine de celle du fer sont généralement très stables.



Robert Cornog en 1939

Heinlein et Cornog avant Fermi et Teller !

La plupart des historiens des sciences s'accordent à faire remonter la première discussion¹ de la possibilité d'une arme à fusion nucléaire à un échange entre Enrico Fermi et Edward Teller en septembre 1941. Sa correspondance avec son éditeur, John W. Campbell, établit toutefois sans ambiguïté que Robert Heinlein discutait dès janvier 1940 avec son ami Robert Cornog, dans le contexte de la préparation de « Il arrive que ça saute »,² de la possibilité d'une explosion thermonucléaire, que Heinlein nomme encore « *réaction auto-catalytique avec des éléments légers* ».³

Notons à ce propos que Cornog, brillant co-découvreur avec Luis Alvarez de l'Hélium 3 en 1939, était à l'époque l'un des très rares physiciens expérimentateurs effectivement spécialistes de la transmutation nucléaire, Fermi étant plutôt un spécialiste de la radioactivité et de la fission et Teller un pur théoricien.

1. Dans le camp allié du moins. Certains notent que, au Japon, Tokutaro Hagiwara pourrait avoir eu la même idée d'une explosion thermonucléaire déclenchée par une explosion début 1941. Cf. Richard RHODES, *The Making of the Atomic Bomb*, *op. cit.*, p. 375
2. Éric PICHOLLE, « Robert Heinlein, l'atome et la Lune (Attention, ce n'est plus de la science-fiction !) », in *Robert Heinlein et l'arme atomique*, *op. cit.*, pp. 118-159.
3. Lettre de Robert A. Heinlein à John W. Campbell du 20 janvier 1940. Archives Robert & Virginia Heinlein, cote CORR218-1, p. 40. http://www.heinleinarchives.net/upload/index.php?_a=viewProd&productId=556 (déc. 2019).

*Phase 2 : Spéculations scientifiques, modélisation
et prédiction chiffrée*

Le Président Roosevelt ayant été alerté dès août 1939 de la possibilité d'une arme nucléaire par un courrier solennel d'Albert Einstein, lui-même sollicité par Leo Szilard et Edward Teller,⁹ il autorisera formellement le lancement du projet Manhattan le 19 janvier 1942, sous la responsabilité, en particulier, du physicien Arthur Compton¹⁰. Ce dernier ne désignera officiellement Robert Oppenheimer pour en prendre la direction scientifique que le 19 octobre de la même année. Le secret est tel que même le Bureau de la Censure n'en sera informé qu'en mars 1943.¹¹

On ne sait pas si Edward Teller avait alors connaissance de « Il arrive que ça saute » – il avait en revanche lu « Solution non satisfaisante », et la trouvait « remarquable »¹² – mais, dès l'été 1942, lors d'une réunion à l'Université de Berkeley,^{13a} il évoque la possibilité d'une réaction en chaîne atmosphérique induite par une explosion nucléaire. Hans Bethe se souvient :

Un jour, à Berkeley – nous étions un tout petit groupe, peut-être huit personnes – Teller est entré dans le bureau en demandant « *Et que se passerait-il si une bombe atomique explosait dans l'air ?* » L'idée de base pour la bombe à hydrogène était de faire exploser une bombe atomique, qui pourrait embraser un grand réservoir de deutérium avec la chaleur qui s'en dégagerait. Teller disait donc : « *Et pourquoi*

9. Richard RHODES, *The Making of the Atomic Bomb*, New York, Simon & Schuster, 1986, pp.303-304.

10. Compton était l'auteur du rapport qui, dès mai 1941, avait recommandé le développement du projet. À partir de janvier 1942, celui-ci est piloté par un comité composé de trois scientifiques, Arthur Compton (Nobel de physique 1927), Harold Urey (Nobel de chimie 1934) et Ernest O. Lawrence (Nobel de physique 1939) et deux proches conseillers scientifiques du Président Roosevelt, Vannevar Bush et James B. Conant.

11. Patrick S. WASHBURN, « The Office of Censorship's Attempts to Control Press Coverage of the Atomic Bomb During World War II », 1988. Accessible en ligne : <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED295201.pdf> (déc. 2019). Le Bureau de la censure avait été mis en place en décembre 1941, immédiatement après Pearl Harbor, mais ne commencera donc à limiter toute mention de la bombe atomique qu'en 1943.

12. Cité par Gregory BENFORD in « Légendes de l'Âge d'or » (« Old Legends », 1995) ; *Galaxies*, n° 5, pp. 105-129.

13. (a) Outre Oppenheimer, Bethe et Teller, le workshop incluait Richard Tolman, Félix Bloch, Emil Konopinski, Robert Serber et John Hasbrouck Van Vleck. Robert SERBER, *The Los Alamos Primer: The First Lectures on How to Build an Atomic Bomb*, Un. California Press, 1992. Introduction, p.XXX. (b) *idem*, p.XXXVI.

pas l'air lui-même ? Il y a de l'azote dans l'air, et il existe des réactions nucléaires dans lesquelles deux noyaux d'azote entrent en collision pour produire un noyau d'oxygène et un de carbone. Ce mécanisme libère beaucoup d'énergie. Est-ce que cela ne pourrait pas se produire ? » Cela a suscité beaucoup d'excitation.¹⁴

Oppenheimer, en particulier, estime que c'est une « *possibilité terrible* » et quitte la réunion pour tenter d'en rendre compte à son supérieur direct, Arthur Compton – « *immédiatement, sans une heure de délai* »¹⁵. Hans Bethe, lui, ne se laisse pas emporter :

Eh bien, je me suis assis à mon bureau et j'ai étudié le problème, pour voir si deux noyaux d'azote pouvaient produire cette réaction nucléaire. J'ai trouvé que c'était juste incroyablement improbable. Je l'ai dit, et je crois que Teller s'en est laissé convaincre très vite, tout comme Oppenheimer quand il est revenu de sa visite à Compton.¹⁴

« *C'était une question à laquelle il fallait apporter une réponse, mais cela n'a jamais été un problème, et ce n'est resté une question ouverte que quelques heures* », ^{13b} assure un autre participant, Robert Serber. Pour ces tenants de la méthode scientifique, le risque calculé est alors moins d'assumer une infinitésimale probabilité théorique d'embrasement de l'atmosphère que de faire confiance à leur modélisation quantitative de l'expérience, donc en l'occurrence aux calculs de Bethe – que chacun est d'ailleurs encouragé à vérifier, s'il en est capable. Ainsi, par acquis de conscience, à Los Alamos, Teller mettra encore sur le problème « *un très bon calculateur, spécialiste des interactions faibles, Emil Konopinski [...] Ils écriront un ou deux très bons papiers là-dessus,*¹⁶ *et ça règlera vraiment la question.* »¹⁴

Spéculation théorique, identification et discussion des hypothèses, modèle analytique quantitatif, prédiction chiffrée, vérification des calculs, conclusion. Fin de l'histoire du point de vue scientifique, du moins jusqu'à la confrontation à l'expérience.

14. John HORGAN, « Bethe, Teller, Trinity and the End of the World », *Scientific American*, août 2015. Accessible en ligne : <https://blogs.scientificamerican.com/cross-check/bethe-teller-trinity-and-the-end-of-earth/> (déc. 2019).

15. Pearl S. BUCK, « The Bomb - the End of the World ? », *The American Weekly*, 8 Mar. 1959. Accessible en ligne : <http://large.stanford.edu/courses/2015/ph241/chung1/docs/buck.pdf> (déc. 2019).

16. Ce rapport est aujourd'hui déclassifié : Emil KONOPINSKI, Cloyd MARVIN & Edward TELLER, « Ignition of the Atmosphere With Nuclear Bombs », rapport accessible en ligne : <https://fas.org/sgp/othergov/doe/lanl/docs1/00329010.pdf> (déc. 2019).

Phase 3 : Rumeurs et humour noir

Mais Compton, lui, « *n'a pas assez de bon sens pour le garder pour lui. D'une manière ou d'une autre, ça s'est retrouvé dans un document à destination de Washington.* »^{13a} Quoi qu'il en soit, la rumeur commence à se répandre dans les milieux habilités à connaître l'existence du Projet Manhattan, à commencer par les haut-gradés de l'État-major.

Dans une interview accordée à Pearl Buck, bien après la guerre, Compton se mettra soigneusement en scène comme grande conscience et voix de la raison, en même temps que héros national. Embraser l'azote de l'atmosphère eût été « *la catastrophe ultime* », lui explique-t-il (« *et avec quelle gravité !* », s'alarme-t-elle) : « *Mieux aurait encore valu accepter l'esclavage des Nazis que de courir le risque de tirer une fois pour toutes le rideau sur l'humanité !* ». La femme de lettres est dûment impressionnée : « *Jamais hommes n'avaient été confrontés à une décision si terrifiante.* »^{15,17} Bien sûr, dans cette version, c'est « *de nouveau* » Compton qui « *prend la main dans la décision finale* » :

si, tous calculs faits, il était prouvé que les chances étaient inférieurs à trois sur un million que la Terre fût vaporisée par l'explosion atomique, il ne procéderait pas au tir projeté. Les calculs amenèrent un chiffre légèrement inférieur – et le projet continua.¹⁵

Trois chances sur un million de détruire toute vie sur Terre, et il aurait choisi de courir le risque, vraiment ? On conçoit l'effarement de Daniel Tron¹⁸ face à l'*hubris* du physicien...

Bethe, Teller et Konopinski avaient, eux, conclu à un risque effectivement négligeable : même en surévaluant l'efficacité des réactions, celle-ci ne risquait d'après eux de se produire que pour une température impensable de l'ordre du milliard de degrés, atteinte lors de la fission d'au moins 1500 tonnes de matériau fissile – contre seulement un peu plus de 6 kg effectivement employés lors de l'essai *Trinity*.¹⁶

Mais étrangement – pour le moins ! – Compton n'avait pas vu les calculs initiaux, « *et encore moins ceux, bien meilleurs, de Konopinski, et cette possibilité le hantait encore* »,¹⁴ se rappelle Hans Bethe.

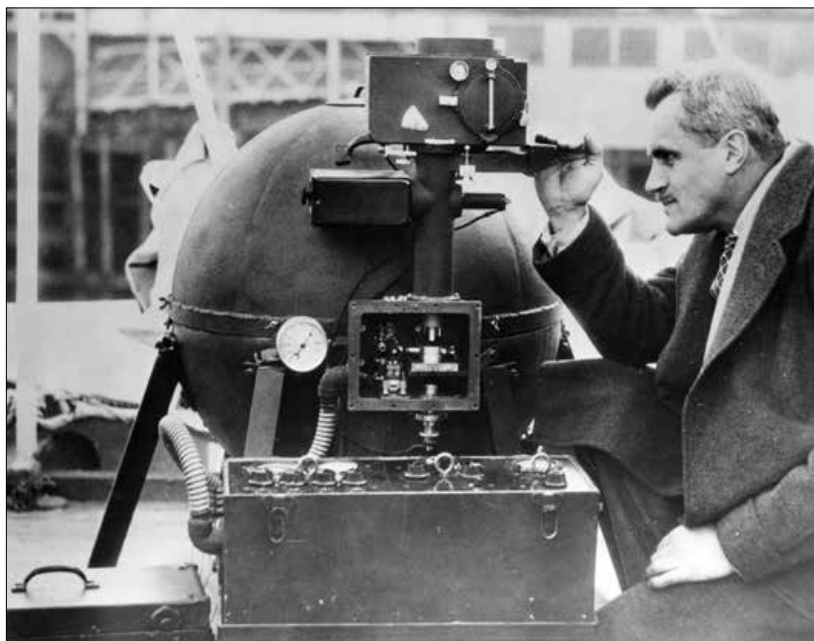
17. Compton raconte à Pearl Buck comment Oppenheimer, de façon très dramatique, était alors venu le consulter, toutes affaires cessantes, dans le Michigan, à une nuit de train de Los Alamos, et comment « *ils avaient parlé longtemps, ce matin-là, près du lac* ». Robert Serber, lui, se souvient simplement d'un appel téléphonique de Berkeley pour tenir Compton au courant...

18. Voir la session « Terraformation de Mars : les défis d'une ingénierie globale », pp. xxx-yyy dans cet ouvrage.

Mieux informés, d'autres préfèrent s'en amuser. Ainsi, Enrico Fermi qui, lui, « *ne croyait pas que c'était possible, bien sûr* »¹⁴ propose le jour même de l'essai à Los Alamos de parier sur le fait qu'il embraserait ou non l'atmosphère – et en ce cas, si le monde entier serait détruit, ou seulement le Nouveau-Mexique¹⁹ – « *juste pour relâcher la tension* »¹⁶. S'il se souvient que plusieurs personnes avaient accepté le pari, Bethe est certain de n'avoir lui-même jamais pas pensé à la question de l'embrasement de l'atmosphère au moment de l'essai : sa seule préoccupation était le bon fonctionnement de l'initiateur dont il avait eu la charge.

Et lorsqu'on lui suggère qu'en un sens, « *c'était un bon test de votre foi...* », il complète : « *— en la science.* »¹⁴

Mais la posture héroïque de Compton – ou est-ce le talent de Pearl Buck pour la mettre en scène dans un récit puissant ? – frappe bien plus les imaginations. C'est sa version légendaire qui marquera logiquement l'imaginaire collectif et que l'on retiendra durablement.



Arthur Compton à l'époque du projet Manhattan

19. G^{al} Leslie M. GROVES, *Now It Can Be Told*, New York, Harper, 1962, p. 297.

Le général Groves avait été « *assez contrarié* » par l'attitude de Fermi, qui assurait également que « *cela ne faisait aucune différence que la bombe explose ou non, parce que, du point de vue scientifique, l'expérience en valait la peine dans les deux cas* » – avant de réaliser qu'il plaisantait pour diminuer la tension, palpable sur le site.

Les incertitudes de Heisenberg

Lorsque les physiciens hongrois réfugiés aux États-Unis Leo Szilard et Edward Teller entreprennent en 1939 de convaincre Einstein, et par lui Roosevelt, de promouvoir un projet de développement de l'arme atomique, leur argument-clef est l'avance de la physique nucléaire allemande,¹ et plus encore de l'école allemande de physique atomique théorique. Celle-ci s'organisait en particulier autour de Werner Heisenberg, pionnier de la théorie quantique et inventeur de son formalisme omniprésent en physique atomique et subatomique.

Si la loyauté de Heisenberg envers les Nazis et son rôle – expert incompetent, scientifique naïf, ou bien saboteur délibéré, voire Résistant secret ? – dans la quasi-absence de véritable programme de développement d'une bombe atomique en Allemagne nazie reste très controversés,² on sait que l'une des inquiétudes du Ministre de l'Armement d'Hitler, Albert Speer, était que « *après avoir provoqué une fission nucléaire [...] le phénomène pouvait se produire sous forme de réaction en chaîne* » – et que Heisenberg « *ne lui avait pas donné de réponse concluante* » quant à la possibilité de le contrôler. Or « *apparemment* », même Hitler « *n'était guère enchanté à la pensée que, sous son règne, la terre pût être un jour transformée en un astre de feu.* »³

1. Celle de Paris, autour de Frédéric Joliot-Curie, était avant-guerre d'un niveau comparable en termes expérimentaux ; mais, dès 1940, Paris est en France occupée et Joliot a dispersé son équipe.
2. Thomas POWERS, *Le Mystère Heisenberg. L'Allemagne nazie et la bombe atomique (Heisenberg's War. The Secret History of the German Bomb, 1993)* ; Paris, Albin-Michel, 1993.
3. Albert SPEER, *Au cœur du III^e Reich (Erinnerungen, 1966)* ; Fayard, coll. Les Grandes études contemporaines, 1971, p.322.