

Que nous racontent les tableaux noirs du cinéma ?

Résumé

Le cinéma représente souvent le monde des sciences de façon déformée. Ainsi, si le personnage de scientifique prend parfois les traits d'un savant fou, il est habituellement celui d'un homme, portant une blouse blanche, travaillant dans un laboratoire et entouré de machines complexes ou de ballons remplis de solutions colorées. Mais donner un cachet scientifique à la scène passe aussi par la présence d'un tableau noir couvert d'équations mathématiques, de dessins ou de schémas techniques. Cet article se propose de décrypter les inscriptions portées par les tableaux noirs de quelques films et d'analyser leur pertinence au regard de l'action dans laquelle elles apparaissent.

Mots-clés : cinéma ; physique ; équations mathématiques ; tableau noir ; scientifique.

Abstract

Sciences in movies are often shown in a distorted way. Thus, if the scientist character is sometimes portrayed a mad scientist, he is usually a man, wearing a white lab coat, working in a laboratory and surrounded by complex machines or balloons filled with coloured chemical solutions. A blackboard covered with mathematical equations, drawings or technical diagrams is often used to give the scene a scientific touch. This article aims to decipher the inscriptions on the blackboards depicted in some movies and to analyse their relevance to the action in which they appear.

Key-words : cinema ; physics ; mathematical equations ; blackboard ; scientist.

Introduction

Dans les images représentant des scientifiques « au travail », le tableau noir est, avec le laboratoire encombré de matériel, la toile de fond la plus courante. D'Albert Einstein¹ [Topper] à Niels Bohr, de Werner Heisenberg à Paul Dirac en passant par Richard Feynman², tous ces physiciens ont eu droit à leur portrait au tableau noir. Il faut reconnaître que le tableau noir est le support longtemps indispensable et toujours aussi vivant de la recherche scientifique. Mais le choix de cette pose comme image archétypale du physicien est sans doute lié au fait que la physique semble intrinsèquement cérébrale, définie par des idées mathématiques abstraites, inscrites petit à petit à la craie sur la page vierge de la pensée. L'équation, ou la formule mathématique, a aussi un pouvoir évocateur considérable, comme s'il s'agissait d'une sorte de formule magique révélant les plus grands secrets de l'univers. Roland Barthes [Barthes] exprimait déjà cette idée dans son analyse parallèle d'une photographie d'Einstein et d'une caricature du célèbre physicien : « Einstein, photographié, se tient à côté d'un tableau noir couvert de signes mathématiques d'une complexité visible ; mais Einstein dessiné, c'est-à-dire entré dans la légende, la craie encore en main, vient d'écrire sur un tableau nu, comme sans préparation, la formule magique du monde. »

Au vu de l'omniprésence du tableau noir dans l'iconographie de la science, il n'est nullement surprenant de retrouver au cinéma l'image du scientifique face à son tableau noir. Mais au cinéma, la signification exacte des symboles tracés n'est *a priori* pas vraiment importante, dans la mesure où leur fonction est d'abord de montrer le caractère impénétrable des sciences. Cette signification est d'autant moins importante que ces équations n'apparaissent souvent qu'en second plan et ne restent à l'écran qu'un bref instant, ne laissant aucune chance au spectateur d'en réaliser la pertinence ou d'en comprendre le sens. Néanmoins, les réalisateurs s'attachent régulièrement les services de scientifiques professionnels pour s'assurer que les symboles tracés à la craie « fassent vrai », qu'ils participent à la suspension d'incrédulité qui permet au spectateur d'accepter temporairement la fiction qui lui est présentée afin d'être divertie. Ces conseillers indiquent aussi aux acteurs ce qui doit être dit, et comment le dire [Kirby], de sorte que la fiction réussisse à « faire science », au moins superficiellement. Ainsi, comme les auteurs de science-fiction, les réalisateurs s'approprient les concepts, les mots mais aussi les images des sciences [Bellagamba & Lehoucq]. L'ensemble des symboles abscons tracés sur un tableau noir devient alors un équivalent visuel du jargon scientifique utilisé par les personnages de fictions cinématographiques.

Dans cet article, nous allons « appuyer sur pause » et prendre le temps d'analyser quelques images de trois films afin de vérifier si les équations écrites au tableau sont cohérentes avec l'intrigue et de discuter de leur véracité. Les films ont été choisis³ car les scènes au tableau noir y sont longues et développées.

Croisières sidérales, André Zwobada (1942)

Dans ce film de science-fiction français tourné durant l'Occupation, une jeune scientifique, Françoise, embarque dans un ballon pour mener des expériences dans la stratosphère. À la suite d'un incident déclenché par Lucien, un garçon de laboratoire un peu filou, le ballon se retrouve expulsé à grande vitesse dans l'espace. Après diverses péripéties, la jeune femme revient sur Terre et découvre un monde bien différent de celui qu'elle a quitté. En particulier, son mari Robert, lui aussi scientifique et resté au sol à cause d'une blessure, est maintenant bien plus âgé qu'elle, et dirige le laboratoire de physique où elle travaillait. Le couple réalise que pendant les quinze jours vécus par Françoise dans le monde sidéral, vingt-cinq ans se sont écoulés sur Terre...

Cherchant à comprendre ce qui s'est passé, le mari expose au tableau noir (de 0:33:37 à 0:34:24) les fondements de la théorie d'Einstein de la relativité restreinte et, équations à l'appui, explique le

¹ R. Tolman et A. Einstein à CalTech en 1932 : <https://digital.library.ucla.edu/catalog/ark:/21198/zz0002ppvq>

² R. Feynman donnant un cours au CERN en 1970 : <https://cds.cern.ch/record/1768274>

³ Croisière sidérale (André Zwobada, 1942), Le jour où la Terre s'arrêta (Robert Wise, 1951 ; Scott Derrickson, 2008). L'auteur a aussi analysé des films plus récents Interstellar (Christopher Nolan 2014) et Les figures de l'ombre (Theodore Melfi, 2016), mais les contraintes de place n'ont pas permis de les insérer.

phénomène de dilatation des durées qu'a subi son épouse. Que sont les « transformations de Lorentz » dont parle Robert ? Au début du XX^e siècle, Albert Einstein cherche à définir un nouveau cadre théorique pour résoudre certaines difficultés d'interprétation de phénomènes électromagnétiques. En juin 1905, il publie un article dans lequel il expose sa théorie et jette les bases d'une nouvelle description de l'espace et du temps fondé sur l'extension à toute la physique du principe de relativité exprimée par Galilée — « le mouvement est comme rien » — qui considère comme équivalents deux référentiels, dits galiléens, en translation rectiligne à vitesse relative constante. Pour faire en sorte que les équations de Maxwell régissant les phénomènes électromagnétiques s'écrivent de la même façon dans tous les référentiels galiléens, le mathématicien français Henri Poincaré introduit la transformation qui permet de passer des coordonnées spatio-temporelles d'un référentiel à celles d'un autre, en la baptisant du nom du physicien néerlandais Hendrik Lorentz qui en avait préalablement donné une version imparfaite. Ces transformations permettent de redémontrer un phénomène qu'Einstein avait compris dès son article fondateur : la durée qui sépare deux événements n'est pas identique pour tous les observateurs et elle dépend de leurs vitesses relatives. Ce phénomène de « dilatation des durées » est imperceptible aux vitesses habituelles où il se chiffre en milliardièmes de seconde. Il a néanmoins été amplement vérifiée en utilisant des particules instables, comme les muons, lorsqu'elle se déplacent à des vitesses proches de celle de la lumière.

Les formules écrites par Robert sont parfaitement correctes ainsi que son interprétation du décalage temporel subi par son épouse, même si l'effet qu'elle a subi est un peu extrême⁴. Ces éléments de physique relativiste font écho au très original avertissement affiché au début du film : « Bien que les auteurs aient pris de grandes libertés avec les chiffres proposés par les savants, notamment en ce qui concerne les vitesses et les distances auxquelles pourraient jouer les lois de la relativité, l'aventure qui va se dérouler dans ce film est fondée sur une idée scientifique exacte. »

Le jour où la Terre s'arrêta, R. Wise (1951) ; S. Derrickson (2008)

Ce classique du cinéma de science-fiction démarre par l'arrivée d'une soucoupe volante à Washington. Deux créatures en sortent, Klaatu, un extraterrestre, et Gort, un robot. Bien qu'il annonce venir en paix, Klaatu est blessé par un soldat nerveux. Emmené dans un hôpital, il s'en échappe quand il réalise que ses interlocuteurs ne l'aideront pas à réunir tous les chefs d'états du monde pour leur délivrer son message. Il décide alors de s'adresser aux plus grands scientifiques terriens afin de leur exprimer l'inquiétude qu'éprouvent les civilisations extraterrestres devant l'évolution de la Terre, en proie à des pulsions agressives et désormais dotée de l'arme nucléaire. Il décide de contacter le professeur Jacob Barnhardt, qui réside justement à Washington. Accompagné du jeune Bobby, le fils d'une veuve de guerre résidant à la même pension de famille que lui, Klaatu se rend chez le professeur Barnhardt et observe l'intérieur de son bureau à travers la porte-fenêtre du rez-de chaussée. Comme il est absent, Klaatu en profite pour y pénétrer et découvre les équations qui couvrent l'imposant tableau noir (de 0:33:36 à 0:35:30). L'importance de ce qui y est inscrit est attestée par les multiples mentions « Do not touch » et « Do not erase »⁵. Klaatu valide certains des calculs montrant ainsi que, bien qu'extraterrestre, il reconnaît et maîtrise les notations mathématiques de la physique terrienne. Cette capacité laisse supposer que les mathématiques sont un langage universel pour écrire les lois de la physique considérées comme universelles⁶. Klaatu

⁴ Le facteur de dilatation des durées étant égal à 608 — 15 jours à bord pour 25 ans sur Terre — permet de calculer que le ballon de Françoise a atteint une vitesse à peine inférieure à celle de la lumière, de 3 milliardième environ !

⁵ Si le « do not erase » paraît logique pour un tableau, le « do not touch » est plus étonnant et aurait plus sa place au voisinage d'une expérience, pour éviter une manipulation non souhaitée.

⁶ Que les équations soient les phrases d'un langage dont les lettres sont des symboles mathématiques fait écho à la fameuse assertion de Galilée, dans « L'essayeur » (1623), selon laquelle la nature est écrite en langage mathématique : « La philosophie est écrite dans cet immense livre qui continuellement reste ouvert devant les yeux (ce livre qui est l'Univers), mais on ne peut le comprendre si, d'abord, on ne s'exerce pas à en connaître la langue et les caractères dans lesquels il est écrit. Il est écrit dans une langue mathématique, et les caractères en sont les triangles, les cercles, et d'autres figures géométriques, sans lesquelles il est impossible humainement d'en saisir le moindre mot ; sans ces moyens, on risque de s'égarer dans un labyrinthe obscur. »

suggère aussi une piste de travail qui doit inciter le professeur Barnhardt à le considérer sérieusement. Quelques jours plus tard, Klaatu se rend à l'invitation du professeur Barnhardt (dont la coiffure ressemble beaucoup à celle d'Albert Einstein) et l'aide à terminer l'ultime étape de son calcul. Devant la surprise de celui-ci⁷, Klaatu dévoile son origine extraterrestre.

Que montre réellement ce tableau noir ? Dans un encadré situé dans le coin supérieur gauche, sur une partie qui n'a manifestement pas été effacée depuis longtemps, se trouve le problème à traiter : les équations différentielles qui régissent le mouvement de trois corps sous l'effet de leurs influences gravitationnelles mutuelles. Ces équations font sens car se sont bien elles qu'il faut résoudre pour calculer le mouvement d'un vaisseau interplanétaire soumis à l'influence gravitationnelle de la Terre et du Soleil. Mais elles ne sont pas pertinentes s'il s'agit, comme Klaatu l'a sans doute fait, de rejoindre la Terre à partir d'une planète orbitant autour d'un autre soleil. D'après Kirby (p. 96), le réalisateur du film loua les services d'un astrophysicien de l'université de Californie à Los Angeles, Samuel Herrick, pour écrire des équations qui montreraient de façon indéniable l'extrême intelligence de Klaatu. Vu la teneur de ces équations et l'incompétence probable de l'équipe du film en mécanique céleste, on peut conjecturer que les mentions de ne pas toucher ou effacer le tableau s'adressaient tout autant à l'employée de maison du personnage du professeur Barnhardt qu'à l'équipe bien réelle de tournage.

Sous les équations à résoudre, le professeur Barnhardt a indiqué les conditions initiales des équations à résoudre : il ne s'agit pas du problème à trois corps général, impossible à traiter analytiquement, mais du cas de trois corps évoluant dans un même plan et situés au sommet d'un triangle équilatéral. Un problème à trois corps restreint donc. Cette configuration fait partie des premières solutions exactes et périodiques découvertes en 1772 par le mathématicien français Joseph Louis Lagrange (1736–1813)⁸. Avec des vitesses initiales bien choisies, des corps placés aux sommets d'un triangle équilatéral conservent cette configuration au cours du temps : le triangle reste équilatéral, mais change de taille et d'orientation, bien que les corps se déplacent sur des orbites elliptiques. Cette restriction au problème des trois corps ôte toute pertinence aux calculs du professeur Barnhardt s'il fallait les appliquer à la question du vol interplanétaire ou interstellaire.

Dans son remake de 2008, Scott Derrickson remplace le thème de la guerre froide et d'une potentielle apocalypse nucléaire par la question des dommages environnementaux que l'humanité cause à la Terre. L'extraterrestre Klaatu, toujours accompagné de son robot surpuissant, arrive sur Terre pour tenter de modifier le comportement destructeur des humains, et les menace de les éradiquer de leur propre planète s'ils n'obtempèrent pas. Pour l'en dissuader, Helen l'astrobiologiste recrutée pour étudier Klaatu, l'amène chez le professeur Barnhardt, récipiendaire du prix Nobel de physique. Le tableau de son immense bureau-bibliothèque est couvert d'équation tirées d'un article réel publié trois ans avant la sortie du film⁹ par deux chercheurs américains et dont les noms (Calderón & Hiscock) apparaissent au milieu d'un fouillis d'équations et de graphes (de 1:06:51 à 1:09:29). Par exemple, les équations (2) et (3) de l'article original apparaissent clairement dans le bas du tableau, tandis que la (6) orne sa partie supérieure. Après avoir effacé cette dernière, Klaatu commence à écrire une « métrique »¹⁰ sur le tableau, puis aligne les termes de l'équation d'Einstein de la relativité générale, qui lie la géométrie de l'espace-temps (décrite par sa métrique) et son contenu en masse-énergie. Après l'avoir observé quelques instants, le professeur Barnhardt se joint à lui et ajoute un terme, réellement utilisé, nommé « constante cosmologique ». Ils se répondent mutuellement sans un mot, en n'utilisant que leur craie, avant que Klaatu ne conclue

⁷ Barnhardt interroge Klaatu : « Comment en êtes-vous sûr ? Avez-vous expérimenté cette théorie ? » à quoi ce dernier répond « Je l'ai trouvé assez bonne pour me transporter d'une planète à une autre ».

⁸ En 1767, le mathématicien suisse Leonhard Euler (1707–1783) avait déjà proposé une première solution au problème à trois corps : avec des vitesses initiales bien choisies, trois masses alignées le restent au cours du temps. La ligne qu'elle forme tourne autour du centre de gravité des corps qui, eux, se déplacent le long d'ellipses.

⁹ Il est d'ailleurs plus plausible qu'une discussion au tableau entre « savants » concerne une publication récente plutôt qu'un calcul remontant à 200 ans comme dans la version de 1951.

¹⁰ En relativité générale, théorie de la gravitation publiée par Albert Einstein en 1915, la métrique est l'objet mathématique qui décrit la géométrie de l'espace-temps. Elle permet de calculer la distance spatio-temporelle entre deux événements.

l'échange en rayant les deux compléments apportés par le professeur Barnhardt. Il est alors aussi stupéfait que son alter-ego de 1951 : « Is it possible ? ». Puis la caméra pivote révélant le gros titre d'un journal, « Spheres land across the world », et la réponse implicitement positive à sa question. Là encore, les équations utilisées dans la scène ne sont pas totalement sans pertinence : on peut imaginer que la civilisation de Klaatu est capable de voyager d'une étoile à une autre car elle maîtrise la gravitation, c'est-à-dire la capacité à déformer l'espace-temps. En apparence, cette scène ressemble au duel muet qui oppose le professeur Armstrong et le docteur Lindt dans le « Rideau déchiré »¹¹ (Alfred Hitchcock, 1966). Mais ici, la musique de fond fait toute la différence : la douceur et le calme de l'Aria Da Capo des variations Golberg de Jean-Sébastien Bach accompagne l'échange harmonieux de deux esprits supérieurs échangeant sur les mystères de l'univers.

Conclusion

Le cinéma met régulièrement en scène l'image iconique du scientifique en train de travailler face à un tableau noir couvert d'équations incompréhensibles. Ces inscriptions ajoutent une touche de réel en montrant le scientifique en action tout en dévoilant son intelligence supérieure. Dans les films choisis, les équations montrées ont, à chaque fois, des conséquences concrètes et permettent de résoudre un mystère ou une situation technique particulière. Notre analyse des équations inscrites sur les tableaux noirs montre que leur pertinence n'est pas toujours très bonne, mais qu'elles sont correctes dans un contexte qui peut être fort différent de celui où elles sont invoquées.

Bibliographie

- Barthes R. (1957). Le Cerveau d'Einstein, in *Mythologies*, p. 741 ; citation trouvée dans <https://www.cairn.info/revue-litterature-2006-3-page-114.htm>
- Bellagamba U. & Lehoucq R. (2019). Mots et discours de science dans la science-fiction, in *Socio* 13 « Science et science-fiction », édité par Stéphane Dufoix et Julien Wacquez, 23-44.
- Calderón H. & Hiscock W. (2005). Quantum fields and 'big rip' expansion singularities, *Classical and Quantum Gravity* 22, L23-26.
- Dufour, E. (2012). Les représentations de la science et du scientifique dans le cinéma de science-fiction, *Alliage*, 71, 123-134.
- Jouhaneau, J. (1994). Les scientifiques vus par les cinéastes, in : Martinet, Alexis (sld.), *Le cinéma et la science*, Paris : CNRS Éditions, 248-257.
- Kirby, D. A. (2010). *Lab coats in Hollywood – Science, scientists and cinema*, The MIT Press.
- Topper D. & Vincent D. (2007). Einstein's 1934 two-blackboard derivation of energy-mass equivalence, *American Journal of Physics* 75(11), 978-983.

Filmographie

- Croisières sidérales, André Zwobada, 1942.
- Le jour où la Terre s'arrêta, Robert Wise, 1951.
- Le jour où la Terre s'arrêta, Scott Derrickson, 2008.

¹¹ Dans ce film, le professeur Armstrong (joué par Paul Newman) fait semblant de passer de l'autre côté du rideau de fer pour découvrir le plan de défense secret découvert par le brillant Dr Lindt. Dans la seule scène mathématique du film, Armstrong pousse Lindt à révéler ses résultats en écrivant des formules incorrectes sur un tableau noir, censées montrer à Lindt ce que les Américains ont découvert. Irrité, Lindt ne peut s'empêcher de corriger les erreurs d'Armstrong, révélant ainsi ses secrets de recherche. Bien que les formules soient douteuses (elles ressemblent à celles de la mécanique classique d'oscillateurs harmoniques), la scène suggère que les formules mathématiques utilisées en physique sont importantes et qu'elles ont des conséquences concrètes sur le monde des humains.