

NARRATEUR : Durant des lustres, nous avons scruté les ténèbres pour lire d'éventuels messages inscrits dans le ciel nocturne. Depuis que Galilée a tourné un télescope vers le ciel, les astronomes ont alors pu étudié planètes, étoiles et galaxies lointaines. Mais le cosmos nous cache bien encore des mystères, pour lesquels les outils traditionnels ne peuvent apporter de réponse. Il faut quelque chose de complètement différent pour cela ... une sorte d'observatoire révolutionnaire: il ne s'agit pas d'un télescope, c'est quelque chose de beaucoup plus radical ... conçu pour détecter un signal si faible, qu'il n'a jamais pu être encore mesuré directement. C'est ce que compte nous révéler le projet américain connu sous le nom de LIGO, projet qui a demandé 20 années d'étude-projets, et une douzaine d'autres de construction, et l'on se retrouve aujourd'hui, au moment où LIGO commence la chasse à un nouveau type de message cosmique.

WEISS : Commençons l'interview.

NARRATEUR : Le professeur Ray Weiss a rêvé ce moment depuis des dizaines d'années. Weiss et ses collègues étaient longtemps convaincus qu'il y avait une autre façon d'étudier l'univers au-delà des télescopes traditionnels.

WEISS : Lorsque vous commencez à observer l'univers différemment, ce dernier qui paraissait si parfait et joli pendant la nuit, si placide et qui vous rendait tellement heureux de vous sentir en paix avec le monde, vous révèle - si vous cherchez un peu mieux - qu'en réalité tout est en désordre.

NARRATEUR : Chaos – (de la violente collision d'étoiles à neutrons jusqu'à l'explosion d'une supernova). Weiss estime que ces événements cataclysmiques laissent des traces sur la nature fondamentale de la matière et de l'énergie, et même sur les origines du temps et de l'espace. Ce sont ces indices que LIGO mesure. On les appelle des ondes gravitationnelles, ce dernier terme ayant un sens différent de la gravité que l'on connaît bien. C'était en effet Newton et sa pomme qui avait défini en premier la gravité, la force qui tire le fruit vers le sol, la force qui tire la Terre en orbite autour du soleil et l'y retient. Mais Albert Einstein a redéfini tout cela dans sa fameuse Théorie de la Relativité Générale. La gravité, dit-il, n'est pas l'attraction des objets tout comme les étoiles et les planètes. Il s'agit d'une distorsion de l'espace et du temps, ce qu'Einstein a appelé « l'espace-temps ».

WEINSTEIN : La relativité générale nous dit que l'espace n'est pas une simple arène tout plate dans laquelle la matière et l'énergie jouent, mais il peut lui-même être dynamique. Il peut changer de forme et se courber.

NARRATEUR : D'après Einstein, l'espace-temps est comme un tissu et ce qu'on appelle la gravité est la déformation de ce tissu par un objet massif comme une étoile. Une planète orbite autour d'une étoile quand elle est prise dans cet espace déformé comme une bille dans une roulette.

GONZALEZ : Donc ce n'est pas qu'il y a une force entre eux. C'est que l'espace où ils vivent créera des trous, et chacun tombera dans le trou de l'autre.

NARRATEUR : C'est une idée étonnante qui a conduit Einstein à prédire que lorsqu'un objet entre en collision avec un autre objet massif, ce dernier change sa vitesse ou sa direction, il produit alors des ondes dans le tissu de l'espace-temps: des ondes gravitationnelles. Comme des ondulations sur un étang, ces ondes se propagent vers l'extérieur, et portent des informations sur l'évènement qui les a créés. Se propageant à la vitesse de la lumière, ils sont les ultime messagers cosmiques; les émissaires d'Einstein.

WEISS : Les ondes gravitationnelles peuvent tout pénétrer, elles vont tout droit à travers n'importe quoi. L'univers est totalement transparent aux ondes gravitationnelles. Maintenant, imaginez un seul instant un tel phénomène. Ça veut dire que si vous aviez l'opportunité de détecter une onde gravitationnelle, rien ne l'aura perturbée, et vous aurez donc reçu à l'arrivée exactement la même information imprimée à son origine.

NARRATEUR : Des scientifiques -dans l'effort de simuler ces ondes- se sont aperçus de la violence de tels événements, qui peuvent se révéler immensément puissants. Une onde de passage portera les objets qui se trouvent sur son passage à s'allonger et se rétrécir, encore et encore.

WEISS : Si vous êtes dans un lieu où les ondes de gravité sont très fortes, comme tout près d'un trou noir, elles peuvent vous déchirer. Elles vous allongeront dans une direction, et vous écraseront dans l'autre. C'est un euphémisme de dire que vous seriez alors très contrarié par le passage d'une onde gravitationnelle forte.

NARRATEUR : Mais, cependant quand elles nous atteignent, elles sont loin d'être aussi fortes.

THORNE : Tout comme une vague sur un étang, les ondes deviennent de plus en plus faibles au fur et à mesure qu'elles se propagent, il en est de même pour les ondes gravitationnelles, ce qui explique pourquoi elles sont si faibles au moment où elles atteignent la Terre.

NARRATEUR : Mais quelle est l'amplitude de cette déformation ? Après avoir traversé l'univers, une onde moyenne allongerait une règle d'environ un mètre, d'une fraction de la largeur d'un atome.

WEISS : C'est un chiffre qui est si petit, que quand Einstein l'a vu dans un de ses articles paru en 1916, il aurait dit : « Oh ! ce chiffre est trop petit pour être utilisé. Personne ne pourra mesurer une telle grandeur »

NARRATEUR : L'idée était si phénoménale, qu'elle a pris plus de 40 ans avant qu'un scientifique ait décidé d'essayer de la mesurer. Son nom est Joseph Weber. Weber a développé la première réelle expérience pour détecter des ondes gravitationnelles par le biais d'un cylindre vibrant. Une idée intelligente, et bien que le détecteur de Weber n'était pas suffisamment sensible pour mesurer des ondes gravitationnelles, l'expérience aura quand même eu le mérite d'attirer et de motiver plusieurs autres scientifiques. Rai Weiss, un jeune professeur à l'époque, pensait lui qu'il avait une meilleure façon pour les détecter, l'idée de Weiss se concentrant sur la manière dont une onde déforme le tissu de l'espace.

WEISS : C'est en effet ce que subit l'espace: il s'étire dans une direction, et se raccourcit dans l'autre. Plus précisément, il s'allonge dans la direction verticale, et se raccourcit dans l'horizontal. Voici une onde gravitationnelle ayant une certaine fréquence. La fréquence est d'environ un cycle par seconde. C'est ça qu'elle provoque.

NARRATEUR : Pour mesurer ces déformations, Rai s'est orienté sur un appareil appelé interféromètre. Un faisceau laser est divisé en deux rayons identiques qui sont alors envoyés le long de deux tubes perpendiculaires ayant la même longueur. Les deux rayons, une fois arrivés au bout de tubes, sont renvoyés à leur point de départ où ils se recombinent pour s'annuler l'un l'autre.

WEISS : En les additionnant en effet, vous n'obtiendrez rien, ou plutôt zéro, un gros zéro. Le photodétecteur ne détecte donc pas de lumière.

NARRATEUR : Mais quand une onde gravitationnelle se présente, elle déforme l'espace et change la distance entre les miroirs. Un bras devient un peu plus long, l'autre un peu plus court. Un instant plus tard, c'est le contraire. C' est un va-et-vient d'étirements et de compressions qui se répète jusqu'à ce que l'onde soit passée.

Associé à ce changement de distance, se produit un changement d'alignement des crêtes et creux des deux ondes lumineuses qui reviennent des deux bras: ces crêtes et creux ne s'annulent alors plus lorsqu'on les recombine. Maintenant, un peu de lumière peut atteindre le détecteur avec l'intensité qui varie suivant la variation de distance entre les miroirs. Mesurez cette intensité, et vous pourrez alors mesurer les ondes gravitationnelles.

WEISS : La lumière prend plus de temps ici qu'il l'a fait dans ces bras. Maintenant il prend moins de temps, et les rayons ne s'annulent pas si joliment. Et c'est en fait ça toute l'idée.

NARRATEUR : En 1990, les laboratoires ont commencé à fleurir à travers le monde, avec le but de trouver la meilleure façon pour mesurer ces minuscules ondes gravitationnelles avec un interféromètre.

MAVALVALA : J'imagine que ça fonctionne mieux.

MCGUIRE : C'est un grand défi. Dans un sens il s'agit d'une expérience à haut risque. Oh, mais le gain est énorme et c'est ça qui vous motive vraiment.

NARRATEUR : Maintenant, dans les laboratoires jumeaux situés dans le cœur de Louisiane, et dans le désert de l'Etat de Washington, des équipes de scientifiques et des ingénieurs ont entrepris un des grands défis technologiques de ce nouveau siècle.

GONZALEZ : Nous sommes en train de mesurer des distances qui sont infinitésimales. Et dire que d'aussi petits effets viennent de ces grandes masses lointaines, des trous noirs, des étoiles à neutrons. Et plus généralement nous allons pouvoir voir ce qui se passe dans l'univers par la mesure de ces petites choses.

NARRATEUR : On l'appelle LIGO, acronyme de « Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory. » Chaque laboratoire de LIGO est une version réelle de l'interféromètre que Weiss a imaginé, il est constitué de deux bras s'étendant sur 4 km chacun. La longueur est un élément clef, car ces minuscules allongements et compressions augmentent en proportion de la longueur des bras de l'interféromètre. Plus il sont longs, plus le mouvement des miroirs sera amplifié et plus facile sera la détection. Un autre élément essentiel c'est d'avoir une technologie optique et laser dernier cri: miroirs polis avec une précision jamais atteinte auparavant, des lasers puissants et les plus stables au monde. LIGO est l'œuvre de centaines de scientifiques, ingénieurs et étudiants. «La LIGO Scientific Collaboration» est située dans les laboratoires de dizaines d'universités à travers le monde. Son objectif est de mesurer le mouvement des miroirs jusqu'à un millième du diamètre d'un proton.

WEINSTEIN : C'est quelque chose que personne n'a jamais fait auparavant. C'est quelque chose qui nécessite une percée des limites de l'actuelle technologie, et ce, à tout azimut, et quand vous essayez de mesurer quelque chose encore mieux qu'auparavant vous êtes alors limité par le bruit.

[Siren]

[Coup de sifflet]

NARRATEUR : Ce que les physiciens appellent bruit c'est une vaste quantité de vibrations et autres perturbations qui peut faire trembler les miroirs et donc gâcher les données. Bienvenue dans le monde moderne. Les scientifiques de LIGO ont toujours su qu'il était nécessaire d'isoler le signal de l'onde gravitationnelle du bruit sur la Terre. C'est un défi: c'est comme si l'on essayait d'entendre une mélodie au milieu d'une ville animée. Vous devez savoir ce que vous êtes entrain d'écouter, et vous devez le séparer de tous les bruits ambiants: ce n'est pas facile. Les laboratoires de LIGO ont été construits dans des zones rurales, mais leurs instruments sont incroyablement sensibles. Si un arbre tombe dans la forêt, ils l'entendent. Le site en Louisiane est entouré par l'exploitation forestière, mais ce n'est que le début. Même des vagues situées à des milliers de kilomètres peuvent affecter les instruments de LIGO. Puis il y a aussi les tremblements de terre, les tempêtes, les volcans. La planète entière tremble.

MAVALVALA : Tout le reste de notre planète est donc en train de bouger : les miroirs plus que les ondes gravitationnelles. Le grand défi est comment peut-on maintenir les miroirs immobiles en opposant tous ces autres forces externes agissant sur eux, de manière à ce qu'ils bougent uniquement au passage d'une onde gravitationnelle.

NARRATEUR : La réponse commence avec l'une des plus grandes enceintes à vide jamais créée. Un faisceau laser peut traverser les bras de LIGO sans les effets de distorsion de l'air et peut donc rester stable durant les va-et-vients dûs aux rebondissements sur les miroirs. Les miroirs eux-mêmes sont dotés d'un système de suspension qui coupe le bruit externe par un facteur 10 milliards. Des ressorts et des poids absorbent les mouvements du sol. Les vibrations sont encore réduites par des ficelles qui suspendent les miroirs. Si des vibrations subsistent, une série de minuscules aimants pousse alors les miroirs, pour s'opposer exactement à celles-ci. Le but ultime c'est d'approcher les limites de la mesure données par les lois quantiques.

Même avec le bruit réduit au minimum, LIGO doit toujours être capable de discerner si le signal reçu est vraiment une onde gravitationnelle. C'est une des raisons pour lesquelles deux laboratoires identiques ont été construits, séparés par plus de 3000 kilomètres. Si les deux laboratoires reçoivent le même signal, il y a beaucoup de chance que ce ne soit pas le bruit de la Terre, mais que ce soit belle et bien une onde gravitationnelle qui vient de l'espace. Une fois détectées, ces ondes seraient électroniquement converties en sons, des sons que vous pouvez entendre. Imaginez: capter les étoiles à neutrons dans l'acte de fusion.

WEISS : Ils font ce pépiement merveilleux. Il s'agit d'un pépiement cosmique.

GONZALEZ : Ce serait quelque chose comme Oooooowarp!!

WEISS : plutôt Mmmmump, comme ça. oui, Mmmmump.

[Sifflets]

THORNE : Et cette combinaison d'observations que nous faisons en collaboration avec des simulations numériques, je pense que ça va révolutionner notre compréhension de la relativité générale et de ses conséquences.

NARRATEUR : Si l'équipe peut traquer ces explosions titanesques, elle peut aussi approcher la plus grande explosion. LIGO détient ce potentiel incroyable, de retrouver le début, les premiers moments de l'espace et du temps, le Big Bang.

WEISS : L'on retournerait à l'instant de la Création. Imaginez une telle idée. Même si personne ne peut nous garantir que l'on peut voir quelque chose, les ondes gravitationnelles sont la seule manière pour obtenir des informations remontant à cette époque. Cette idée est à elle seule une justification pour faire tout ce que l'on peut pour les détecter.

NARRATEUR : L'espoir est que cette nouvelle science pousse la physique au-delà de la grande théorie d'Einstein et qu'elle puisse peut-être un jour produire des découvertes sur l'espace et le temps aussi fondamentales que la découverte de l'atome.

MCGUIRE : La plupart des choses que nous connaissons sur l'univers dérive du rayonnement électromagnétique. LIGO est important comme projet scientifique car il va éventuellement ouvrir une nouvelle fenêtre sur l'univers.

GARÇON : Oh, trop cool !

NARRATEUR : C'est parce que l'équipe de LIGO a des besoins énormes en puissance de calcul, qu'il se tourne vers chacune maison dotée d'un ordinateur à travers tout le pays, pour les rassembler dans un vaste réseau. Quiconque veut aider LIGO peut se joindre à la recherche d'ondes gravitationnelles par le biais d'un projet nommé Einstein@Home.

GARÇON : Les ondes gravitationnelles sont des grondements dans l'espace : c'est ce qu'ils recherchent. Ils font tout pour en chercher.

NARRATEUR : De ces mêmes chercheurs pourrait déboucher la prochaine génération d'explorateurs d'ondes gravitationnelles.

BLACK : J'espère ne jamais cesser de toujours penser à faire un pas en arrière pour contempler la grande image en disant, «au lieu de me concentrer exclusivement sur cette pièce électronique, je suis en train d'essayer de détecter des ondes gravitationnelles.» Et c'est quelque chose que, quand on s'arrête pour y réfléchir un instant, il y a un certain moment d'émerveillement. Vous vous dites, « Qu'est-ce que je fais ici? C'est incroyable.»

THORNE : Je pense que c'est une caractéristique à de nombreux scientifiques. Ce sont des gens qui n'ont jamais perdu leur émerveillement enfantin de l'univers, et ils sont toujours guidés par lui.

[Sirène]

NARRATEUR : LIGO est maintenant en train de filtrer le bruit et de capter la symphonie de l'espace-temps...

[Klaxons]

NARRATEUR : Pour capter la mélodie dans la cacophonie, cette même mélodie qui fait écho à travers l'univers.

WEINSTEIN : Et nous sommes maintenant sur le point d'être capable d'écouter la musique jouée sur le tissu de l'univers: ce que l'on pourrait appeler la symphonie d'Einstein. C'est ce à quoi LIGO et ses projet-sœurs se dédient.

[Musique classique]

NARRATEUR : L'histoire a montré que les grandes découvertes scientifiques se produisent généralement lorsque des instruments révolutionnaires peuvent fournir de nouveaux moyens d'explorer l'univers. LIGO nous donne un regard nouveau, une nouvelle façon de découvrir les mystères de l'univers: les plus profonds. Aujourd'hui, LIGO est au plus près de la découverte. Un rêve qui aura duré des décennies, pourrait être demain une réalité. Une nouvelle branche de la science vient de naître, un observatoire prêt à entendre la musique du cosmos en écho depuis les confins de l'espace et du temps.

---

Vous l'avez. Vous devez faire votre queue.

Oui, je vais essayer. J'essaie. Je ne peux pas voir la mienne.

Ok, Ok.

Non, non, non. C'est ici, sur ma pince.

C'est court.

Ok.

Juste soulève comme ça. Parce que, vous voyez, si j'avais commis un erreur

Oh, oui. Ok. Je vois ce que tu veux dire. Alors vous avez fait une –

Si j'avais fait un prise de Terre, sa vous coutera cette poste, Ok ?

Ok.

Ok. Vous ne feriez pas cela, seriez-vous ?

Bien sûr, je pourrais. Oh, oui. C'est facile.