

Communication du 17 mai 2016
Joseph REMILLIEUX

L'étonnante actualité du centenaire de la théorie de la gravitation d'Einstein

De la chute libre dans un ascenseur, à l'onde gravitationnelle émise par la coalescence de deux trous noirs

Il y a cent ans, Albert Einstein publiait une théorie de la gravitation qui s'éloignait radicalement du concept de « force d'attraction » de Newton, qui pourtant réussissait si bien à interpréter le ballet des planètes autour du Soleil. Einstein réalisa une « expérience de pensée », dans un ascenseur en chute libre, qui le persuada qu'il n'y avait pas de force de gravitation, mais plutôt une « courbure de l'espace-temps », en tout point proportionnelle à la densité locale de masse-énergie. Ce concept révolutionnaire était relativement simple d'expression mais très ardu à résoudre mathématiquement. Au bout de quelques années, les calculs furent capables d'interpréter une « anomalie » observée depuis de nombreuses années dans le mouvement orbital de la planète Mercure et aussi de prédire la courbure de la lumière près des étoiles, ce qui fut aussitôt vérifié au cours d'une éclipse solaire. La théorie prévoyait aussi que tout événement astronomique capable de communiquer de fortes accélérations à des objets massifs devrait émettre une « onde gravitationnelle » qui se propagerait à la vitesse de la lumière dans le tissu espace-temps de l'Univers. Cependant les déformations induites par cette onde seraient si infimes qu'Einstein lui-même prévoyait que cet ébranlement de l'Univers resterait inobservable. Une autre prédiction mathématique le laissait très dubitatif : la courbure infinie de l'espace-temps qui pourrait apparaître autour de certains astres, les fameux « trous noirs », desquels aucun objet ne pourrait émerger, même pas les photons, pourtant sans masse.

Le centenaire de la publication de la théorie de la gravitation universelle a été magnifiquement célébré en février 2016 par une publication expérimentale annonçant la détection, le 14 septembre 2015, d'un train d'ondes gravitationnelles dont la source lointaine, dans le temps et dans l'espace, serait les derniers instants d'un cataclysme cosmique : la fusion de deux trous noirs massifs. La qualité statistique de cet événement et le raffinement de son analyse sont à attribuer à la collaboration américano-franco-italienne, *LIGO-Virgo*, qui exploite depuis une dizaine d'années trois interféromètres kilométriques spécifiquement dédiés à la détection d'ondes gravitationnelles. En fait, l'événement a été détecté en coïncidence par les deux détecteurs américains *LIGO*, distants de 3000 Km. Quant au détecteur franco-italien *Virgo*, en cours de rénovation, il était inactif ce jour-là. Le résultat publié résulte d'une prouesse métrologique (à laquelle contribua de façon décisive le savoir-faire lyonnais du laboratoire *SMA*, sur le campus de *La Doua*, dans la réalisation de miroirs parfaits) et aussi d'une prouesse théorique (à laquelle contribua aussi d'une façon décisive l'équipe française de l'institut *IEHS*, à Paris, qui réalisa la simulation numérique de la coalescence de deux trous noirs). Ce résultat du centenaire semble donc constituer, avec un assez haut degré de certitude, la première détection sur Terre d'un événement cosmique par la détection de son train d'ondes gravitationnelles et aussi la première observation de la coalescence d'un système binaire de trous noirs. Cette publication ouvre surtout la voie à une nouvelle technologie, l'écoute de l'Univers par un réseau d'antennes gravitationnelles.