

# Sujet de révision

Ondes gravitationnelles

Concentration

## Table des matières

<b>I</b>	<b>Ondes gravitationnelles</b>	<b>2</b>
I.1	Déformations de l'espace-temps . . . . .	3
I.2	Sources d'ondes gravitationnelles . . . . .	4
I.3	Rayonnement gravitationnel d'un système binaire . . . . .	7
I.4	GW150914 . . . . .	9
<b>II</b>	<b>Détecteur interférométrique</b>	<b>10</b>
II.1	Dispositif de Michelson . . . . .	10
II.2	Cavité Fabry-Pérot . . . . .	13

Ce sujet de révision est l'occasion de revoir l'optique ondulatoire, et notamment la superposition de  $N$  ondes, mais aussi de s'intéresser aux ondes gravitationnelles, domaine actuel de recherche qui est déjà tombé aux concours PC et PSI, et qui est susceptible de tomber à nouveau, (pourquoi pas en MP ?).

### Constantes et formules utiles

Vitesse de la lumière	$c$	$= 3,00 \times 10^8$	$\text{m.s}^{-1}$
Constante universelle de la gravitation	$G$	$= 6,67 \times 10^{-11}$	$\text{m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$
Megaparsec	Mpc	$= 1,99 \times 10^{30}$	kg
Masse du Soleil	$M_{\odot}$	$= 3,09 \times 10^{22}$	m
Accélération de la pesanteur terrestre	$g$	$= 9,81$	$\text{m.s}^{-2}$
Constante de Planck	$h = 2\pi\hbar$	$= 6,63 \times 10^{-34}$	$\text{m}^2.\text{kg}.\text{s}^{-1}$
Constante de Boltzmann	$k_B$	$= 1,38 \times 10^{-23}$	$\text{m}^2.\text{kg}.\text{s}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Périmètre terrestre	$L_t$	$= 40\,000$	km

$$\cos^2(x) - \sin^2(x) = \cos(2x)$$

$$2 \cos(x) \sin(x) = \sin(2x)$$

$$(1+x)^\alpha = 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2}x^2 + O(x^3)$$

Le produit scalaire de deux vecteurs  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$  est noté  $\vec{u}.\vec{v}$ .

## I Ondes gravitationnelles

### Définition Ondes gravitationnelles

Les ondes gravitationnelles sont des ondes se propageant dans le tissu élastique de l'espace-temps dont les déformations et la courbure sont gouvernées par les équations de la relativité générale.

Elles se propagent à la vitesse de la lumière en transportant de l'énergie. On peut les comparer à des déformations dans une sorte de gelée ou à la propagation des ondes à la surface de l'eau lorsqu'on y jette un caillou.

### Mise en contexte

Ces ondes ont été prédites et décrites théoriquement par Albert Einstein de 1916 à 1918 par analogie avec l'émission et la propagation des ondes lumineuses dans un champ électromagnétique lorsque l'on agite une charge.

Un phénomène similaire devait se produire dans le champ de gravitation constitué par la courbure de l'espace-temps lorsque certaines configurations de masses sont animées de certains mouvements. Tout comme les ondes électromagnétiques, les ondes gravitationnelles transportent de l'énergie, de la quantité de mouvement et du moment cinétique.

On a commencé à penser sérieusement à partir des années 1960 qu'il devait être possible de développer une astronomie gravitationnelle très prometteuse car les ondes gravitationnelles sont très pénétrantes et elles peuvent nous renseigner sur des phénomènes astrophysiques extrêmes que l'on trouve associés à des astres compacts comme les étoiles à neutrons et les trous noirs mais aussi le Big Bang.