

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2017

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Spécialité

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé.

« Conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 »

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1 à 13.

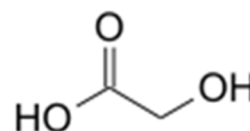
Le sujet est composé de 3 exercices indépendants les uns des autres.

Le candidat doit traiter les trois exercices.

EXERCICE I - L'acide glycolique (9 points)

L'acide glycolique est le plus petit des acides α -hydroxylés, il sera noté AH.

L'acide glycolique peut être obtenu à partir d'extrait de canne à sucre, de betterave ou de raisin.



Grâce à son excellente capacité à pénétrer la peau, l'acide glycolique est très utilisé dans les produits de soins pour la peau, le plus souvent dans les peelings (technique destinée à régénérer la peau du visage).

L'acide glycolique permet d'améliorer la texture et l'apparence de la peau. Il peut réduire les rides, l'acné ou l'hyperpigmentation.

D'après https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_glycolique

Données à 25°C

Acide glycolique :

- très bonne solubilité dans l'eau ;
- masse volumique : $1,49 \text{ g.cm}^{-3}$;
- masse molaire : 76 g.mol^{-1} ;
- pK_a (acide glycolique / ion glycolate) = 3,83.

Table simplifiée de données pour la spectroscopie IR

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})
O-H alcool	3200-3400
N-H amine	3100-3500
C _{tri} -H	3000-3100
C _{tét} -H	2800-3000
O-H acide carboxylique	2500-3200
C=O ester	1700-1740
C=O aldéhyde ou cétone	1650-1730
C=O acide carboxylique	1680-1710
N-H amine ou amide	1560-1640

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

Partie A : étude de l'acide glycolique

1. En nomenclature officielle, l'acide glycolique s'appelle l'acide hydroxyéthanoïque. Justifier le nom officiel de cet acide.
2. L'acide glycolique possède-t-il des stéréoisomères de configuration ? Justifier.

La canne à sucre subit deux broyages donnant un liquide sucré appelé le « vesou ». Celui-ci contient des acides organiques dont l'acide glycolique.

3. Une chromatographie révélée par le bleu de bromophénol permet de vérifier que le « vesou » contient bien de l'acide glycolique.

	Forme acide	Forme basique	Zone de virage
Bleu de bromophénol	Jaune	Bleu	3,0 - 4,6

L'éluant, de pH = 2, est un mélange de :

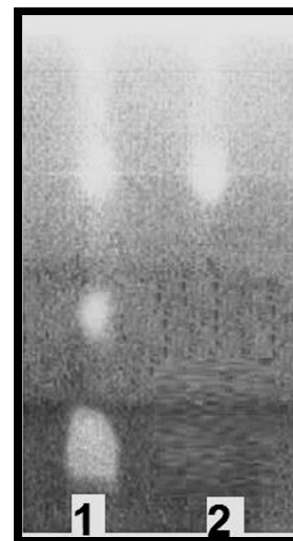
- 70% de butan-1-ol ;
- 30% de solution concentrée d'acide éthanoïque ;
- Quelques gouttes de solution à 1 g.L⁻¹ de bleu de bromophénol.

Nature des dépôts :

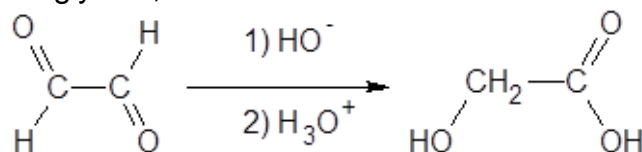
- dépôt 1 : vesou ;
- dépôt 2 : acide glycolique pur.

Lors du séchage de la plaque de chromatographie (photo ci-contre), l'acide éthanoïque s'évapore.

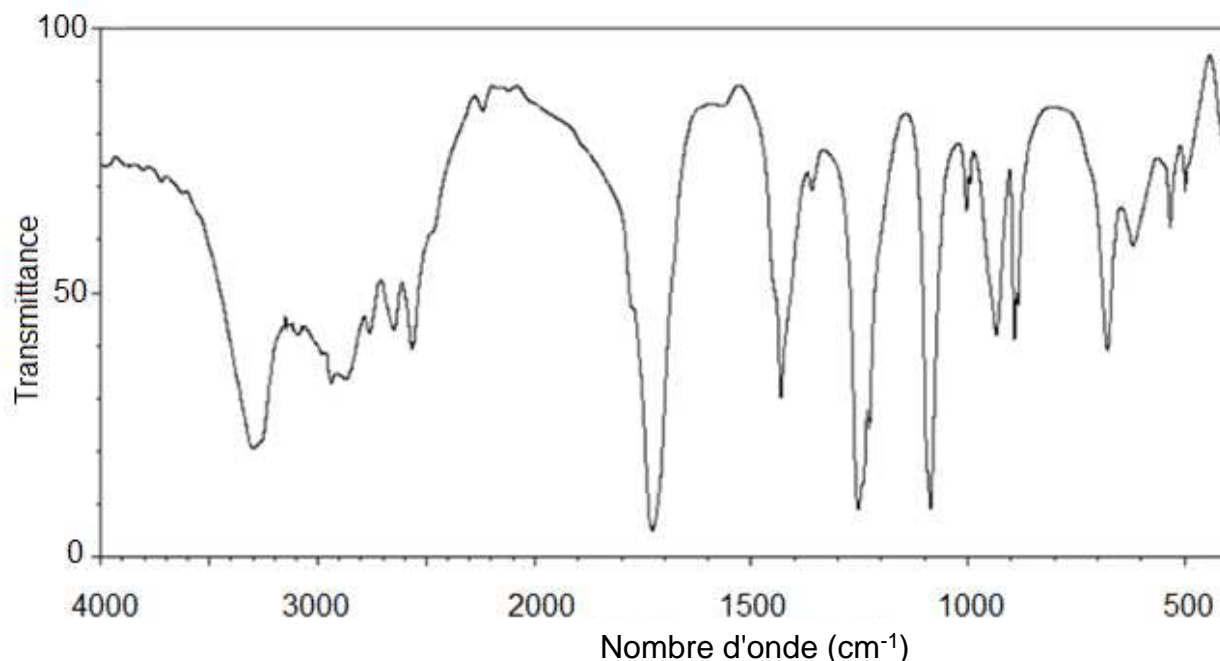
Après séchage, le chromatogramme, reproduit ici en noir et blanc, présente en réalité des taches jaunes sur fond bleu.



- 3.1. Quelle est la couleur de l'éluant ?
- 3.2. Proposer une explication des couleurs des taches observées sur le chromatogramme après séchage et interpréter le chromatogramme.
4. En supposant que la teneur en masse d'acide glycolique dans la matière organique extraite du « vesou » est de 0,1%, quelle masse de « vesou » serait nécessaire pour obtenir 100 mL d'acide glycolique pur ?
5. Dans l'industrie, l'acide glycolique n'est pas extrait de la canne à sucre mais synthétisé à partir du glyoxal, selon une réaction de Cannizzaro d'équation suivante :



Un spectre infrarouge du produit finalement obtenu est donné ci-après. Avancer deux arguments pour justifier qu'il peut correspondre à l'acide glycolique.



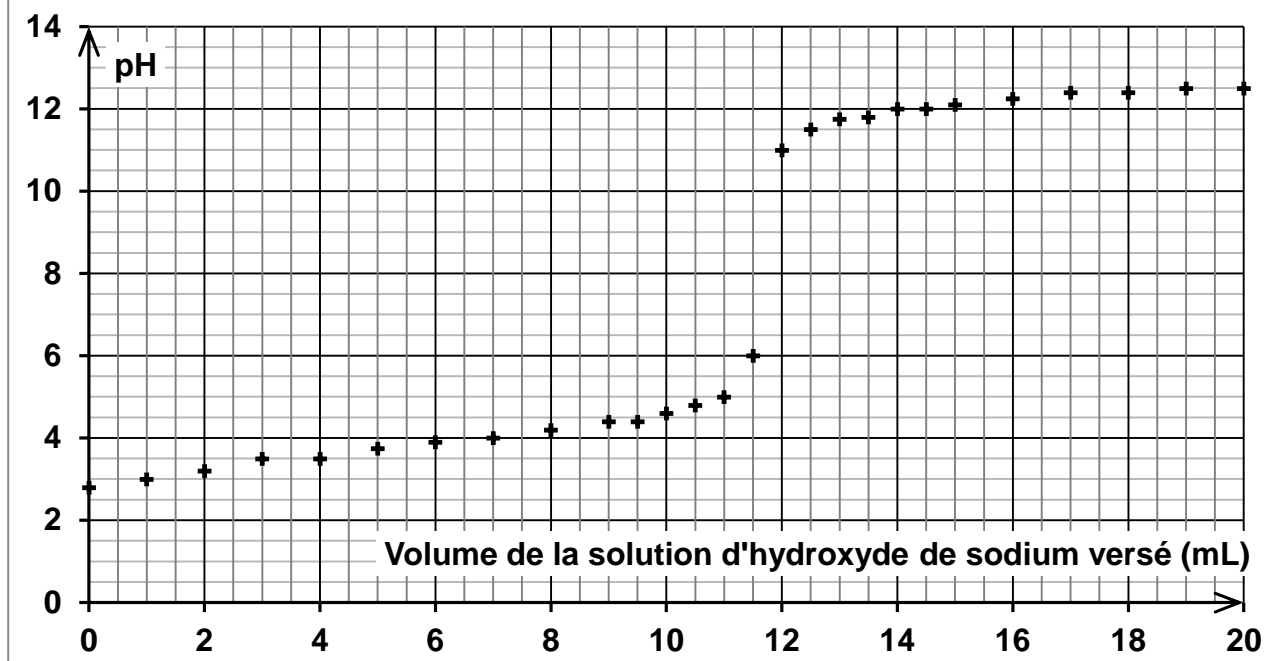
Partie B : étude d'une solution dermatologique d'acide glycolique

En dermatologie, il existe plusieurs solutions aqueuses, de concentrations différentes en acide glycolique, utilisées dans le traitement de l'acné : 20% ; 35% ; 50% ou 70% en masse d'acide glycolique.

Pour rédiger l'étiquette d'une solution d'acide glycolique en dermatologie, on se propose d'en déterminer les caractéristiques : masse volumique et pourcentage massique d'acide glycolique.

1. Proposer une méthode pour déterminer expérimentalement la masse volumique de la solution d'acide glycolique. Sachant que la solution a une masse volumique $\rho = 1,26 \text{ g.cm}^{-3}$, indiquer le matériel utilisé, les valeurs des prélèvements et les mesures correspondant à la méthode choisie.
2. Pour déterminer le pourcentage massique d'acide glycolique, on réalise le titrage décrit ci-dessous dans ses grandes lignes.
On dispose de 50 mL d'une solution d'acide glycolique que l'on dilue vingt fois. On réalise le titrage suivi par pH-métrie d'une prise d'essai de 10,0 mL de la solution diluée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$), de concentration molaire égale à $5,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On obtient les résultats expérimentaux suivants.

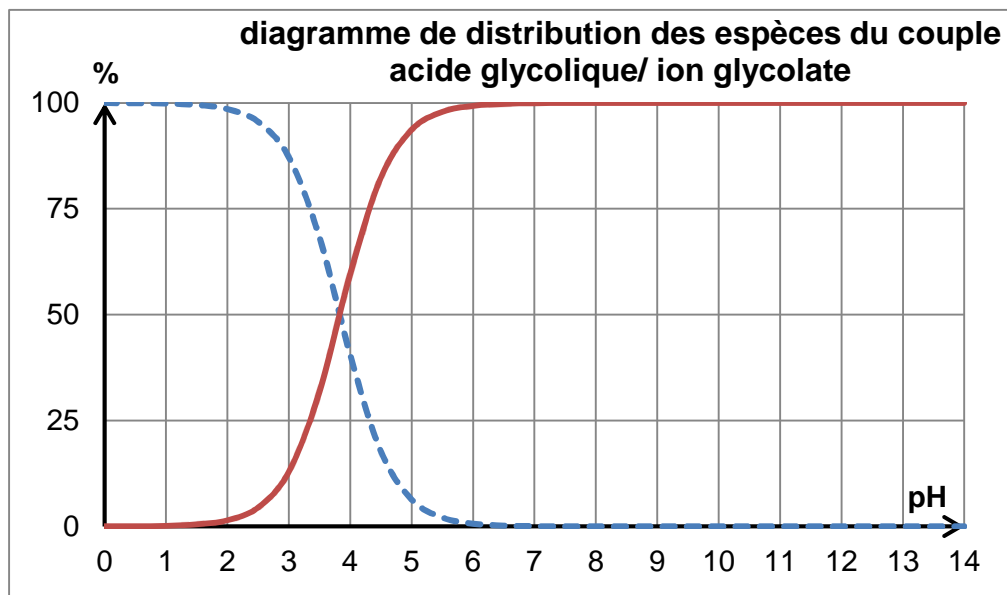
**Courbe de titrage
d'une solution d'acide glycolique, suivie par pH-métrie**



2.1 Décrire la préparation de 100,0 mL de solution dermatologique diluée 20 fois.

2.2 Réaliser un schéma annoté du montage permettant d'effectuer le titrage.

Le diagramme de distribution des espèces du couple acide glycolique / ion glycolate représenté ci-dessous donne le pourcentage de chaque forme en fonction du pH.



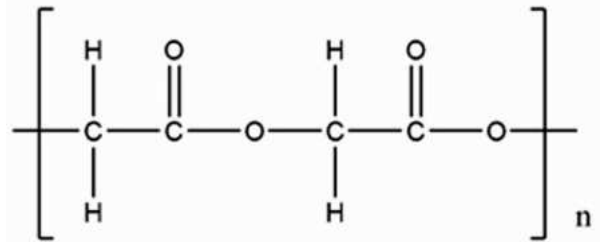
2.3. Identifier, sur le diagramme de distribution, la courbe correspondant à l'acide glycolique (AH) et celle correspondant à l'ion glycolate A⁻. Justifier.

- 2.4 Quelle est la forme prédominante du couple acide glycolique / ion glycolate (AH / A⁻) au début du titrage ? Puis à la fin du titrage ? Justifier.
- 2.5 En déduire l'équation chimique de la réaction support du titrage.
- 2.6 Quel pourcentage massique d'acide glycolique doit être indiqué sur l'étiquette ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Partie C : l'acide polyglycolique pour les sutures internes

L'acide glycolique est également à la base de la fabrication d'un polymère biodégradable, l'acide polyglycolique, noté PGA (formule ci-contre), utilisé en chirurgie depuis 1970 pour réaliser des sutures internes résorbables.



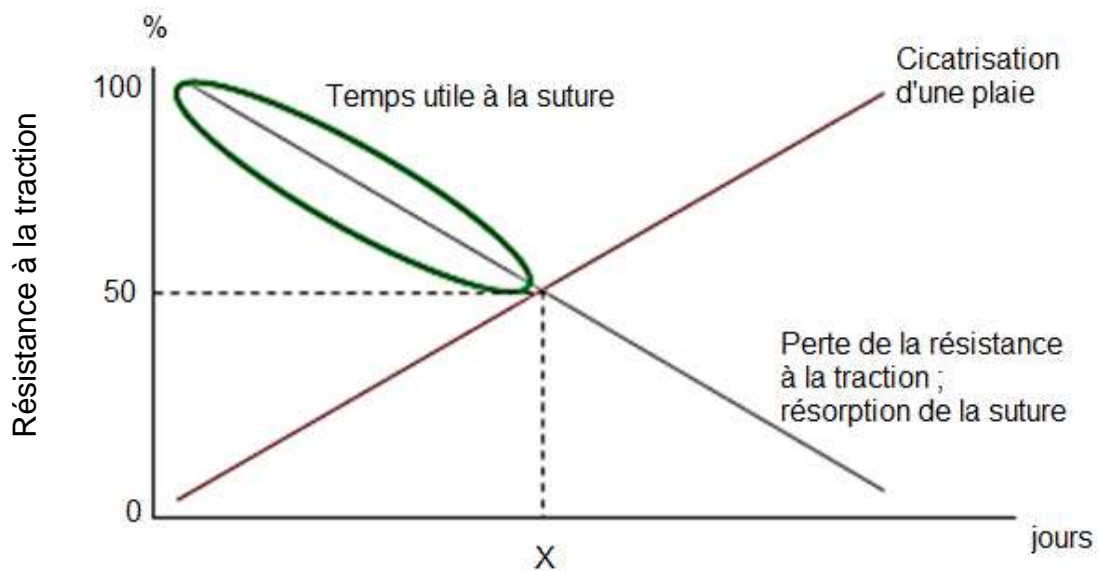
Le caractère résorbable ou non d'un fil est défini par sa vitesse de perte de résistance. La

résorption du PGA se fait par l'action de l'eau des tissus qui hydrolyse des fonctions du polymère ; les produits de l'hydrolyse sont ensuite éliminés naturellement par les fluides biologiques de l'organisme.

1. Identifier et reproduire le groupe caractéristique présent dans l'acide polyglycolique.
2. L'hydrolyse d'un ester correspond à la réaction de cet ester avec de l'eau pour former un acide carboxylique et un alcool ; cette transformation est lente à température ambiante. Proposer une interprétation à la résorption du PGA sous l'action de l'eau contenue dans les tissus.

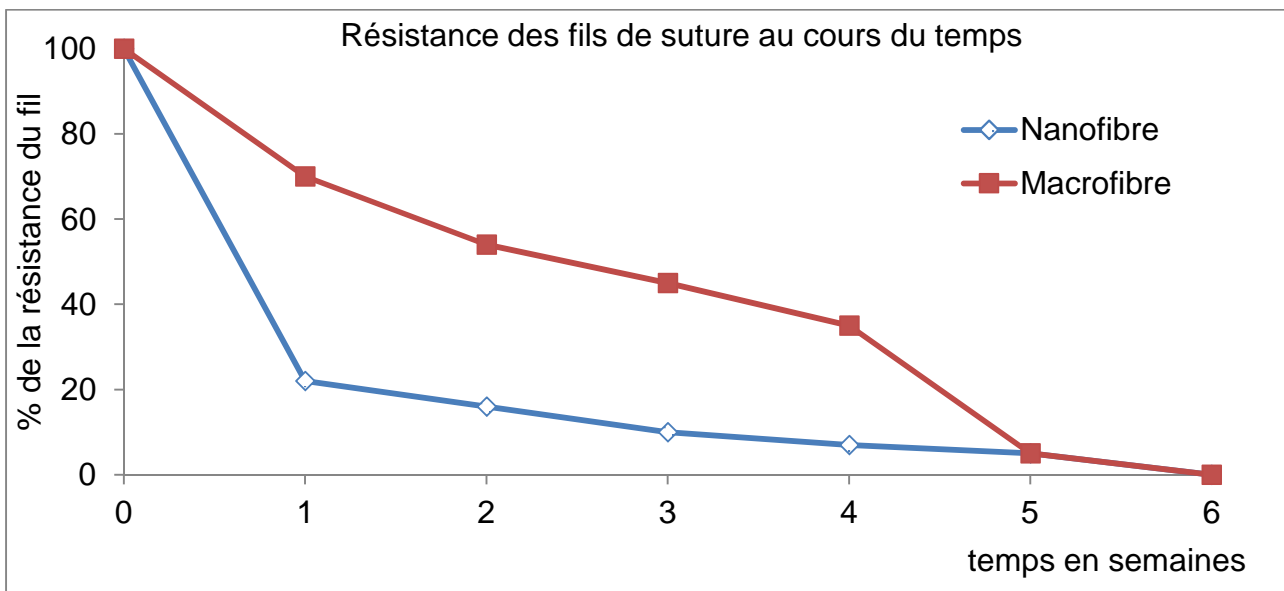
L'abécédaire des sutures B. Braun fournit les informations suivantes.

- Evolutions temporelles de la résistance des sutures à la traction et de la résistance des tissus lors de la cicatrisation de la plaie (ces deux évolutions *ne sont pas linéaires* : le *graphe ci-dessous donne seulement la tendance*).



Délai de cicatrisation en fonction des tissus

Tissu	Délai de cicatrisation
Tissu sous cutanés	2 semaines
Intestin	2 à 3 semaines
Vessie	5 jours 75 à 90 % de sa résistance initiale retrouvée en 2 semaines
Ligaments/tendons	6 semaines 50 à 70 % de sa résistance initiale retrouvée après 1 an



3. Un chirurgien souhaite effectuer la suture d'un intestin. Parmi les deux fils de suture proposés (nanofibre ou macrofibre), lequel est le plus adapté ?

La démarche nécessite d'être correctement présentée.

EXERCICE 2. LES ONDES GRAVITATIONNELLES (6 points)

Clin d'œil de l'histoire : c'est 100 ans tout juste après la publication de la théorie de la relativité générale d'Einstein, qu'une équipe internationale en a confirmé l'une des prédictions majeures, en réalisant la première détection directe d'ondes gravitationnelles.

Données :

- *Masse du Soleil* : $M_S = 2,00 \times 10^{30}$ kg ;
- *Les ondes gravitationnelles se propagent à la célérité de la lumière dans le vide, soit* $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹ ;
- *Constante de gravitation universelle* : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻².

1. Les ondes gravitationnelles détectées 100 ans après la prédiction d'Einstein

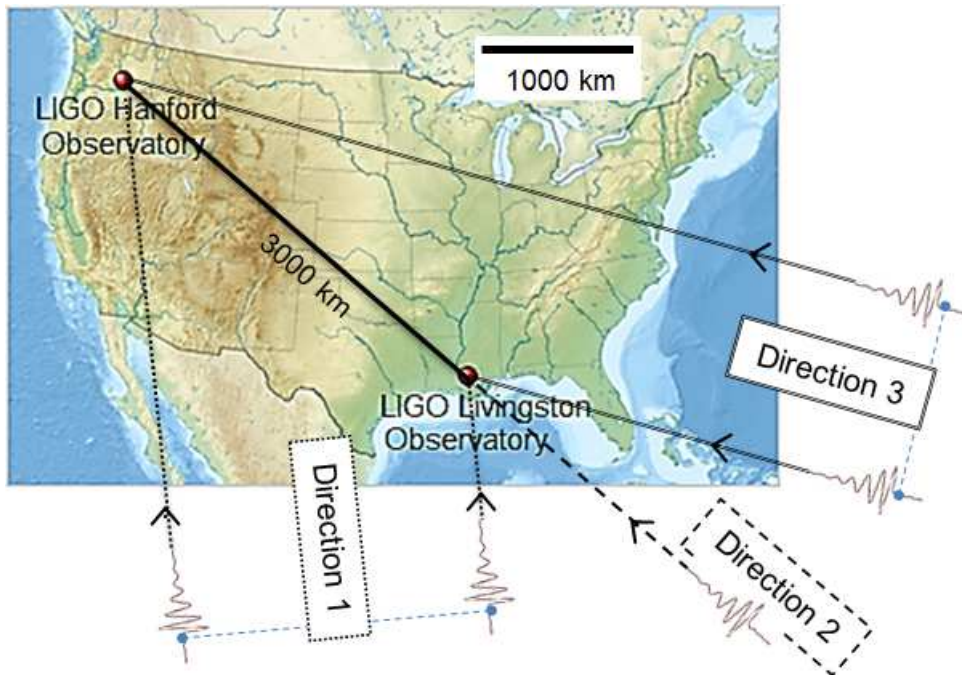
Pour la première fois, des scientifiques ont observé des ondes gravitationnelles, produites par la collision de deux trous noirs. Cette découverte confirme une prédiction majeure de la théorie de la relativité générale énoncée par Albert Einstein en 1915. Ces ondes ont été détectées le 14 septembre 2015 par les deux détecteurs jumeaux de LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) situés aux Etats-Unis à Livingston, en Louisiane, et à Hanford dans l'État de Washington, distants de 3000 km.

L'analyse des données a permis d'estimer que les deux trous noirs ont fusionné il y a 1,3 milliard d'années et qu'ils avaient des masses d'environ 29 et 36 fois celle du Soleil.

Selon la théorie de la relativité générale, un couple de trous noirs en orbite l'un autour de l'autre perd de l'énergie sous forme d'ondes gravitationnelles, ce qui entraîne un rapprochement des deux astres. Ce phénomène peut durer des milliards d'années avant de s'accélérer brusquement. En une fraction de seconde, les deux trous noirs entrent alors en collision et fusionnent en un trou noir unique. Une énergie colossale est alors convertie en ondes gravitationnelles. C'est cette "bouffée" d'ondes qui a été observée.

D'après le communiqué du CNRS - 11 février 2016

- 1.1** À quelle distance de la Terre, exprimée en année-lumière, se trouve la source des ondes gravitationnelles détectées le 14 septembre 2015 ?
- 1.2** Le détecteur de Livingston a détecté les ondes gravitationnelles 7 ms avant celui de Hanford. Cet écart a permis d'envisager des localisations possibles de leur source.



Observatoires LIGO aux Etats-Unis ainsi que 3 directions proposées pour la source des ondes gravitationnelles.

- 1.2.a. Compte tenu de cet écart de détection de 7 ms, expliquer pourquoi les ondes gravitationnelles ne peuvent pas provenir de la direction 2.
- 1.2.b. Choisir, en justifiant, une direction possible pour leur provenance parmi les deux autres proposées sur la carte ci-dessus.
2. Fusion des deux trous noirs

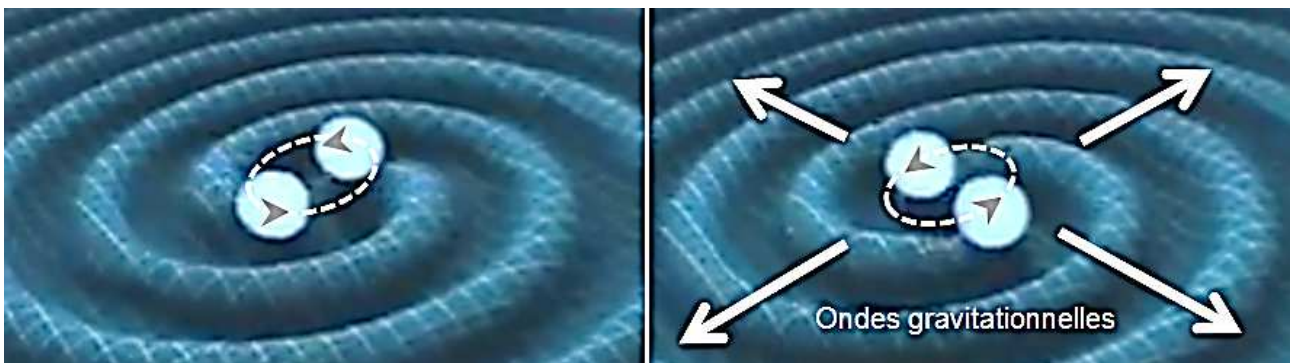


Illustration de l'émission d'ondes gravitationnelles lors de la rotation d'un couple de trous noirs de même masse.

D'après une animation LIGO

Dans cette partie on fait l'hypothèse que les deux trous noirs ont la même masse. On considère qu'ils sont sur une même orbite circulaire de rayon r mais diamétralement opposés.

- 2.1 Schématiser le système des deux trous noirs et représenter sans souci d'échelle la force d'interaction gravitationnelle exercée par l'un des deux trous noirs sur l'autre et donner l'expression de sa valeur en fonction de G , m et r .

La période des ondes gravitationnelles émises est la demi-période de révolution des trous noirs.

On se place dans le cadre de la mécanique newtonienne. Le référentiel dans lequel les trous noirs sont en rotation est considéré galiléen. On considère le centre de la trajectoire fixe dans ce référentiel.

2.2 Montrer que la vitesse v des trous noirs peut s'écrire :

$$v = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Gm}{r}}$$

2.3 En déduire que le rayon de l'orbite est lié à la période de révolution des trous noirs par la relation :

$$r^3 = \frac{Gm}{16\pi^2} T^2$$

2.4 Comment évolue la fréquence des ondes gravitationnelles émises par les deux trous noirs quand ils se rapprochent pour fusionner ?

L'analyse des données indique que juste avant la fusion des deux astres, ces derniers tournaient l'un autour de l'autre à une cadence d'environ 75 tours par seconde. Les théoriciens tenant compte de la relativité générale estiment alors que la vitesse de chacun est voisine du quart de celle de la lumière.

2.5 En considérant deux trous noirs, chacun de masse environ égale à 30 fois la masse du Soleil, montrer que les lois de la mécanique newtonienne donnent une bonne approximation de la vitesse des trous noirs.

EXERCICE 3 - DES ROUTES QUI GENERENT DE L'ELECTRICITE (5 points)

Fixer sur le bitume un revêtement photovoltaïque résistant au passage des poids lourds et ainsi transformer le réseau routier en centrale électrique : ce rêve d'ingénieur n'en est plus un. Relevant tous les défis, un prototype de dalle solaire a été mis au point en France, et dans un premier temps 1000 km de routes devraient en être équipés avant l'année 2020.



D'après *Science et Vie* - Mai 2016

Le but de cet exercice est d'estimer la surface de routes ou parkings qu'il conviendrait de munir de cette technologie pour couvrir la totalité des besoins de notre pays en électricité.

Questions préalables

1. Indiquer pourquoi, selon vous, des panneaux photovoltaïques fixés sur les routes bénéficieront a priori d'un éclairage moindre que ceux fixés sur les toits d'habitation.
2. Pour mieux comprendre les rendements relativement modestes des cellules à base de silicium, calculer la valeur de la longueur d'onde maximale λ_{max} au-delà de laquelle les photons absorbés ne peuvent plus générer d'électricité. À quel domaine des ondes électromagnétiques appartient cette longueur d'onde ?

Problème

3. Évaluer la surface de bitume à équiper de revêtement photovoltaïque, si l'objectif fixé est de couvrir par ce moyen la totalité des besoins de notre pays en électricité. S'appuyer sur le résultat obtenu pour dire si un tel objectif semble réalisable.

Hypothèse de travail : sur une voie à trafic moyen, la route bénéficie de près de 90% du temps d'éclairément.

La qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation, la rigueur des calculs, ainsi que toute initiative prise pour mener à bien la résolution du problème seront valorisées. Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat obtenu et de se demander si un objectif de ce type est accessible.

Définition

Le rendement d'une cellule photovoltaïque correspond au rapport entre l'énergie électrique fournie par cette cellule et l'énergie lumineuse reçue sur la surface correspondante :

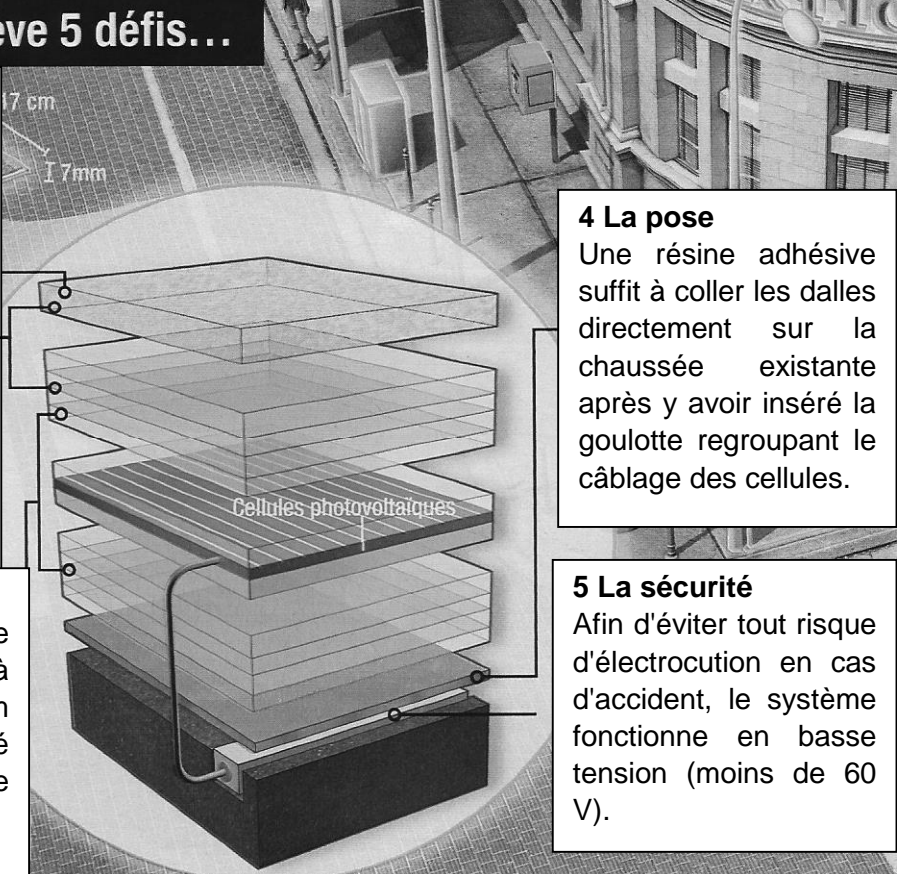
$$R(\%) = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}} \times 100$$

Données

- En 2015, la production d'origine photovoltaïque s'est élevée en France à 6,7 milliards de kilowattheures, soit 1,4 % de la consommation électrique nationale. (D'après *Science et Vie* - Mai 2016).
- La superficie totale des routes et parkings de France vaut environ 17000 km² (D'après *Science et Vie* - Mai 2016).
- Constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J.s.
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.
- Électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ J.

Document 1 : la Wattway

La dalle solaire relève 5 défis...



The diagram illustrates the Wattway solar panel structure, which is a thin, multi-layered panel designed for installation on road surfaces. It shows a cross-section of the panel with various layers and components. The top layer is a concrete surface with a depth of 7 cm and a width of 7 mm. Below this is a layer of granules. The main body of the panel consists of a stack of layers, including photovoltaic cells (Cellules photovoltaïques) and a silicon polycrystalline core. The bottom layer is a resin layer. The panel is shown being installed on a road surface, with a cable connecting it to a power source.

1 L'adhérence
La surface supérieure de la dalle contient des granulats qui assurent le contact avec les pneumatiques.

2 La transparence
Toutes les couches supérieures, posées sur les cellules photovoltaïques, laissent passer la lumière.

3 La résistance
Pour supporter le passage de véhicules pesant jusqu'à 45 tonnes, le silicium polycristallin est entouré d'une dizaine de couches de résines.

4 La pose
Une résine adhésive suffit à coller les dalles directement sur la chaussée existante après y avoir inséré la goulotte regroupant le câblage des cellules.

5 La sécurité
Afin d'éviter tout risque d'électrocution en cas d'accident, le système fonctionne en basse tension (moins de 60 V).

La cellule (à base de silicium polycristallin) est "prise en sandwich" entre une douzaine de couches de résines polymères aux caractéristiques variées, dont la "recette" reste bien-sûr jalousement gardée. Le résultat est une dalle rectangulaire de seulement 7 mm d'épaisseur, appelée Wattway, présentant un rendement moyen d'environ 15 %, proche de celui des toitures qui avoisine les 18 %.

D'après *Sciences et Vie* - Mai 2016

Document 2 : l'énergie de gap d'un semi-conducteur

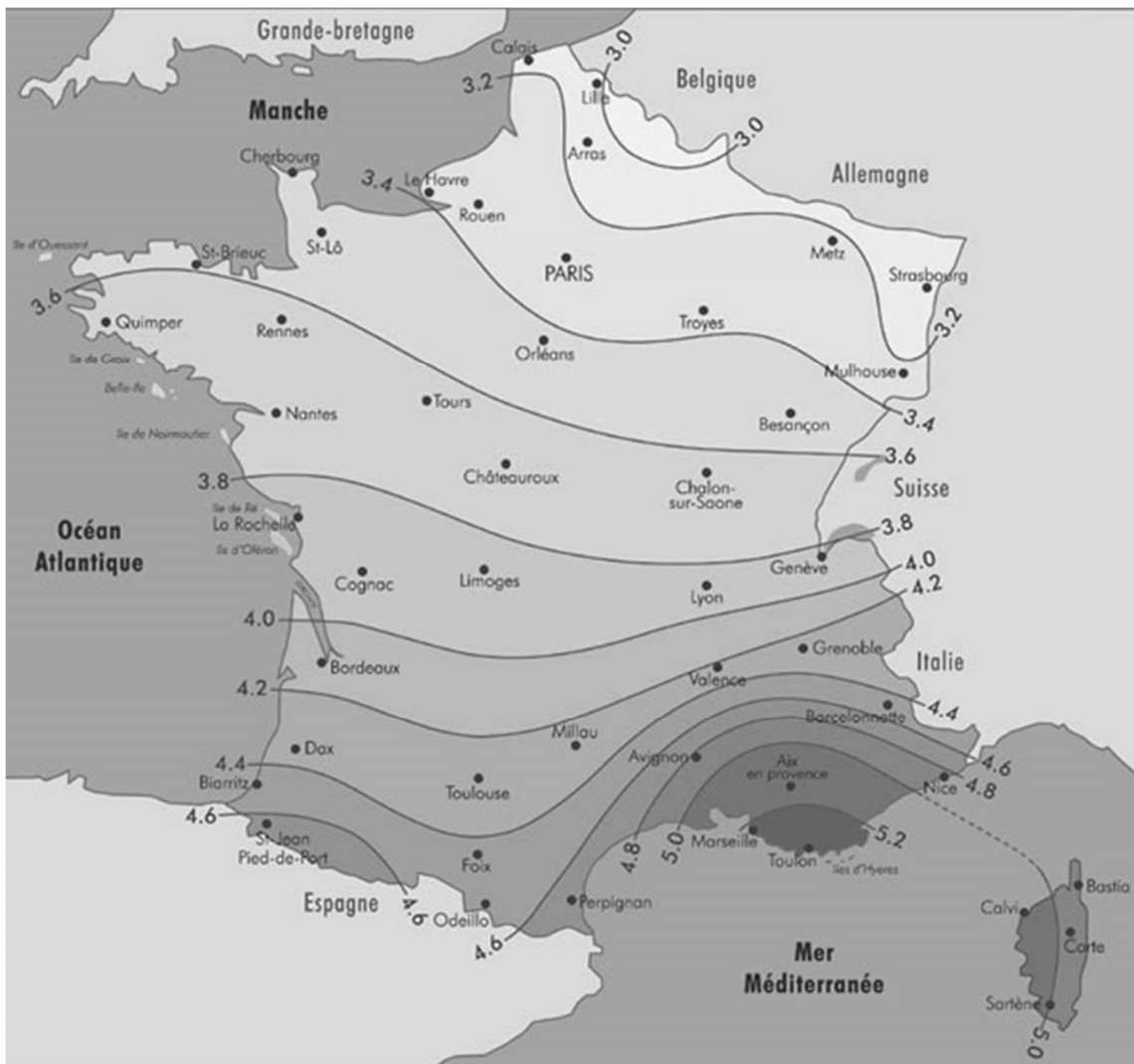
La cellule photovoltaïque, élément de base du capteur, est composée d'un matériau semi-conducteur qui permet de capter l'énergie des photons.

Dans un semi-conducteur à base de silicium, « l'énergie de gap » E_g est égale à 1,12 électronvolt à une température de 300 kelvins. Cela implique que seuls les photons ayant une énergie supérieure à E_g seront en mesure de déloger un électron de la bande de valence pour le faire passer dans la bande de conduction, contribuant ainsi à l'apparition d'un courant électrique.

D'après <http://ines.solaire.free.fr/solpv/page3.html>

Document 3 : l'ensoleillement en France

Voici la carte des moyennes annuelles de l'énergie solaire reçue sur une surface orientée au sud et inclinée d'un angle égal à la latitude (en kWh/m²/jour), valeurs qu'il convient de minorer d'environ 20 % lorsque la surface est horizontale.



D'après *Atlas européen du rayonnement solaire*