Devoir surveillé – ondes et signaux : vitesse de la lumière, année-lumière et transmission d'une information — niveau ★★

Durée : 55 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Physique 4e

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Problème — Le concert retransmis *(4 pts)*

Lors d'un concert en plein air, Nathan est assis au fond du public, à 272 m de la scène. Au même moment, sa cousine Léa écoute le concert en direct à la radio, chez elle, à des centaines de kilomètres. Le micro de la chanteuse est relié par un câble à un camion de régie, qui envoie le signal par ondes radio à un satellite géostationnaire, à 36 000 km d'altitude ; le satellite le renvoie vers un émetteur radio situé à 50 km de chez Léa. On néglige le trajet de la scène au camion. Son dans l'air : 340 m/s ; ondes radio : 300 000 km/s.

a) Calcule la durée que met le son de la chanteuse pour parvenir à Nathan.

b) Entre le camion et le satellite, que traverse le signal ? Explique pourquoi un son ne pourrait jamais faire ce trajet, alors que les ondes radio le peuvent.

c) Calcule la durée du trajet du signal radio, du camion jusqu'à la radio de Léa (en passant par le satellite, puis par l'émetteur).

d) Qui entend une note en premier : Nathan, dans le public, ou Léa, chez elle ? Justifie avec tes calculs, en ne tenant compte que des durées de propagation.

Exercice 2 – Les photos d'un rover sur Mars *(4 pts)*

Le rover Perseverance s'est posé sur la planète Mars en 2021. Sa caméra photographie un rocher éclairé par le Soleil. Le rover envoie la photo par ondes radio à un satellite qui tourne autour de Mars, avec un débit d'environ 2 Mbit/s ; ce satellite la renvoie ensuite vers la Terre, où elle s'affiche sur l'écran d'une ingénieure. Ce jour-là, Mars est à $2{,}25 \times 10^{8}$ km de la Terre. Ondes radio et lumière : 300 000 km/s.

a) Écris le trajet de la lumière qui permet à la caméra de photographier le rocher, puis la suite des natures du signal, du rocher jusqu'à l'œil de l'ingénieure. Le capteur de la caméra joue le rôle d'une photodiode.

b) La photo a une taille de 3 Mo. Calcule la durée de son envoi au satellite.

c) Calcule la durée du trajet du signal radio du satellite (près de Mars) jusqu'à la Terre, en s, puis en minutes et secondes.

d) La photo s'affiche sur l'écran de l'ingénieure. Elle dit : « Je vois le rocher tel qu'il est en ce moment. » Corrige sa phrase.

Exercice 3 – L'enregistreur de l'ornithologue *(4 pts)*

Une ornithologue enregistre le chant d'un rossignol perché dans un arbre. Son enregistreur mesure la tension de son micro 96 000 fois par seconde et code chaque mesure sur 24 bits (une seule voie). Lumière dans l'air : 3×10^8 m/s ; son dans l'air : 340 m/s.

a) Pour noter la distance de l'arbre, elle le vise avec un télémètre laser : la lumière revient $2{,}9 \times 10^{-7}$ s après l'émission. À quelle distance est l'arbre ? Combien de temps le chant met-il pour lui parvenir ? Arrondis au centième.

b) La tension produite par le micro est-elle analogique ou numérique ? Justifie, puis nomme l'élément de l'enregistreur qui la change en 0 et en 1.

c) Combien de niveaux différents une mesure peut-elle prendre ? Combien de bits l'enregistreur produit-il chaque seconde ?

d) Elle veut écouter le chant en direct sur un casque sans fil, relié à l'enregistreur par une liaison radio de 2 Mbit/s. Cette liaison peut-elle transmettre tous les bits produits par l'enregistreur ? Justifie, puis propose une solution.

Exercice 4 – Qui a raison ? *(4 pts)*

Pour chaque affirmation, dis si elle est juste ou fausse, puis justifie par un calcul ou une règle du cours. Lumière et ondes radio : 300 000 km/s $= 3 \times 10^8$ m/s ; lumière dans une fibre optique : 200 000 km/s.

a) Camille : « Avec ma fibre à 1 Gbit/s, un court message envoyé à Sydney, par 17 000 km de fibre optique, y arrive en moins d'une milliseconde. »

b) Rayan : « Un radar d'aéroport reçoit l'écho d'un avion 3×10^{-4} s après l'émission : l'avion est donc à 90 km. »

c) Elsa : « Une étoile située à 300 années-lumière est forcément plus vieille qu'une étoile à 30 années-lumière, puisque sa lumière est plus ancienne. »

d) Timéo : « Pour donner un code différent à chacune des 200 œuvres d'un musée, 8 bits suffisent. »

Exercice 5 – Problème — Un message vers les étoiles *(4 pts)*

Le 16 novembre 1974, le radiotélescope d'Arecibo, à Porto Rico, envoie vers l'amas d'étoiles M13 un message de 1 679 bits (des 0 et des 1), par ondes radio, avec un débit de 10 bit/s. M13 est à environ 25 000 années-lumière de la Terre. On prend 1 a.l. $\approx 9{,}46 \times 10^{12}$ km.

a) Ce message est-il un signal analogique ou numérique ? Justifie. Quel convertisseur du radiotélescope a produit les ondes radio ? Que recevait-il ?

b) Calcule la durée de l'envoi du message, en s, puis en minutes et secondes (arrondi à la seconde).

c) Calcule la distance de M13 en km, en notation scientifique (arrondi au centième).

d) Vers quelle année le message atteindra-t-il M13 ? Si des habitants de M13 le captaient et répondaient aussitôt, vers quelle année la réponse arriverait-elle sur Terre ?

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).