Corrigé et barème – 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

Exercice 1 – Corriger une copie *(4 pts)*

a) Il a oublié la **descente** : le signal monte jusqu'au satellite puis redescend, d = 2 × 36 000 km (0,5 pt). Il a divisé des Mo par des Mbit/s : il a oublié de **multiplier par 8** (1 octet = 8 bits). (0,5 pt) (1)

b) Délai : 72 000 ÷ 300 000 = 0,24 s ; taille : 750 × 8 = 6 000 Mbit (0,5 pt) ; envoi : 6 000 ÷ 50 = 120 s. Total : 120 + 0,24 = **120,24 s**, environ 2 min. (0,5 pt) (1)

c) Délai : 2 × 600 = 1 200 km ; 1 200 ÷ 300 000 = 0,004 s, soit 120,004 s en tout (0,5 pt). On gagne 0,236 s sur 120 s, presque rien : c'est la durée d'envoi, donc le débit, qui compte ici. (0,5 pt) (1)

d) Il reste 30 − 0,24 = 29,76 s pour l'envoi (0,5 pt) ; D = Q ÷ Δt = 6 000 ÷ 29,76 ≈ 201,6 Mbit/s : il faut au moins **202 Mbit/s**. (0,5 pt) (1)

Erreur fréquente — pour un satellite relais, on compte la montée ET la descente ; pour un fichier en Mo, on passe en Mbit avant de diviser par un débit.

Exercice 2 – Problème — La profondeur d'un lagon *(4 pts)*

a) Aller-retour du son : 1 500 × 0,016 = 24 m (0,5 pt) ; profondeur : 24 ÷ 2 = **12 m**. (0,5 pt) (1)

b) Les deux parties de l'éclair font le même trajet dans l'air ; celui du fond fait en plus 2 × 12 = 24 m dans l'eau, où la lumière va à 225 000 km/s = 2,25 × 10^8 m/s (0,5 pt). t = 24 ÷ (2,25 × 10^8) ≈ **1,07 × 10^{-7} s**. (0,5 pt) (1)

c) Trajet calculé : 3 × 10^8 × 1,07 × 10^{-7} ≈ 32 m, puis 32 ÷ 2 = **16 m** au lieu de 12 m (0,5 pt). La lumière va environ 1,33 fois moins vite dans l'eau que dans le vide : avec la vitesse du vide, il surestime la profondeur. (0,5 pt) (1)

d) L'eau trouble n'est plus assez transparente : les particules arrêtent ou renvoient la lumière dans toutes les directions avant le fond, aucun écho du fond ne revient (0,5 pt). Le son est une vibration de la matière : il se propage dans l'eau, même trouble, et revient du fond. (0,5 pt) (1)

Piège — la vitesse de la lumière dépend du milieu : environ 225 000 km/s dans l'eau. Prendre 300 000 km/s partout fausse une mesure de distance d'un tiers.

Exercice 3 – Enquête — Un octet abîmé *(4 pts)*

a) Un octet = 8 bits : 3,2 ÷ 8 = **0,4 ms** par bit (0,5 pt). 5 V pendant 1,2 ms = 3 bits à 1, puis 0, puis 1, puis 0 V pendant 1,2 ms = 3 bits à 0 : **11101000**. (0,5 pt) (1)

b) Un bit toutes les 0,4 ms et 1 s = 1 000 ms (0,5 pt) ; 1 000 ÷ 0,4 = **2 500 bit/s** (ou D = 8 ÷ 0,003 2 = 2 500 bit/s). (0,5 pt) (1)

c) Chaque mesure est proche de 5 V ou de 0 V : le récepteur lit **11101000**, l'octet envoyé (0,5 pt). Il n'a qu'à reconnaître deux niveaux : même un écart d'environ un volt (3,9 V au lieu de 5 V) ne change pas un 1 en 0. Un signal analogique porte l'information dans toutes ses valeurs : chaque déformation change le message pour de bon. (0,5 pt) (1)

d) Délai : t = 2 ÷ 200 000 = 0,000 01 s = **0,01 ms** (0,5 pt). Le premier bit arrive à 0,01 ms, alors que le dernier ne part qu'à 2,8 ms : **oui**. L'octet est entièrement arrivé à 3,2 + 0,01 = **3,21 ms** (durée d'envoi + délai). (0,5 pt) (1)

Méthode — sur un signal numérique, je trouve d'abord la durée d'un bit, puis je compte combien de bits tiennent dans chaque palier : un palier de 1,2 ms avec des bits de 0,4 ms, c'est trois bits identiques.

Exercice 4 – Problème — Pluton, des images qui arrivent lentement *(4 pts)*

a) $t = 4{,}8 \times 10^9 \div 300\,000 = 16\,000$ s = 4 h 26 min 40 s, soit environ **4 h 27 min** (0,5 pt). Une heure-lumière est la distance parcourue par la lumière en 1 h : 16 000 ÷ 3 600 ≈ **4,4 heures-lumière**. (0,5 pt) (1)

b) $\Delta t = Q \div D = 50 \times 10^9 \div 2\,000 = \mathbf{2{,}5 \times 10^7\ s}$ (0,5 pt) ; 1 jour = 86 400 s : $2{,}5 \times 10^7 \div 86\,400 \approx$ **289 jours**, plus de 9 mois. (En réalité, l'envoi a duré plus d'un an, car il a été interrompu.) (0,5 pt) (1)

c) L'ordre met 16 000 s pour aller jusqu'à la sonde, la réponse 16 000 s pour revenir : 2 × 16 000 = 32 000 s (0,5 pt) = 8 h 53 min 20 s, près de **9 heures**. C'est bien trop long pour réagir en direct à ce que voit la sonde : il faut tout programmer à l'avance. (0,5 pt) (1)

d) La photo a été prise le 14 juillet 2015, gardée dans la mémoire de la sonde, puis envoyée bien plus tard : elle montre Pluton telle qu'elle était **plus d'un an** avant son arrivée (0,5 pt). Les 4 h 27 min de trajet de l'onde ne sont qu'une petite partie du retard ; la lumière d'une étoile, elle, vient directement à nous, sans attente. (0,5 pt) (1)

Astuce — durée d'arrivée d'un message = durée d'envoi (Q ÷ D) + délai de propagation (d ÷ v) ; pour un ordre et sa réponse, le délai compte deux fois.

Exercice 5 – Débat — Quatre affirmations à juger *(4 pts)*

a) **Faux** (0,5 pt). La nature d'un signal (électrique) ne dit pas s'il est analogique ou numérique. La tension du micro varie de façon continue, comme la vibration du son : elle est analogique ; c'est le convertisseur analogique-numérique de l'ordinateur qui la change en 0 et en 1. (0,5 pt) (1)

b) **Faux** (0,5 pt). $2^4 = 16$ niveaux ; $2^8 = 256$ niveaux : $256 \div 16 = 16$, le nombre de niveaux est multiplié par 16. Chaque bit ajouté double le nombre : 4 bits de plus, c'est $2 \times 2 \times 2 \times 2$. (0,5 pt) (1)

c) **Juste** (0,5 pt). $4{,}06 \times 10^{14} \div (9{,}46 \times 10^{12}) \approx 42{,}9$ a.l. : sa lumière met environ 43 ans pour nous parvenir. Un changement de ce soir ne serait visible que vers $2026 + 43 = \mathbf{2069}$, après 2060. (0,5 pt) (1)

d) **Faux** (0,5 pt). La vitesse (en km/s) dit à quelle vitesse chaque bit voyage ; le débit (en bit/s) dit combien de bits partent chaque seconde. Ce sont deux grandeurs différentes : une fibre peut transmettre plus de 1 Gbit/s, soit plus d'un milliard de bits par seconde. (0,5 pt) (1)

Erreur fréquente — confondre une vitesse (km/s, durée du trajet) et un débit (bit/s, bits envoyés chaque seconde), ou la nature d'un signal (électrique, lumineux…) et sa forme (analogique ou numérique).

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).