

Corrigé du bac 2016 : Physique- Chimie Obligatoire Série S – Amérique du Nord

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : **3 h 30** – Coefficient : **6**

L'usage des calculatrices est autorisé.

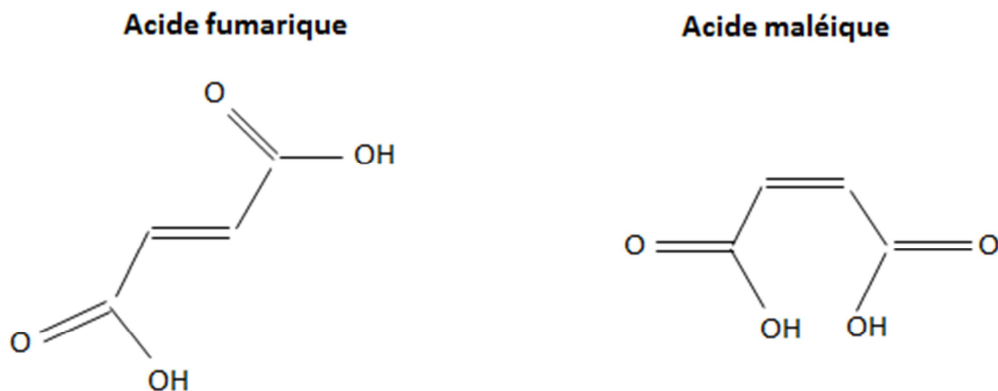
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-
chimie pour le site www.sujetdebac.fr

EXERCICE I – A PROPOS DE L'ACIDE FUMARIQUE (10 points)

1) Caractéristiques physiques de l'acide fumarique

1.1) Représentations de l'acide fumarique et de l'acide maléique :



Leur différence réside dans leur configuration : l'acide fumarique est de configuration E et l'acide maléique est de configuration Z (voir la double liaison C=C).

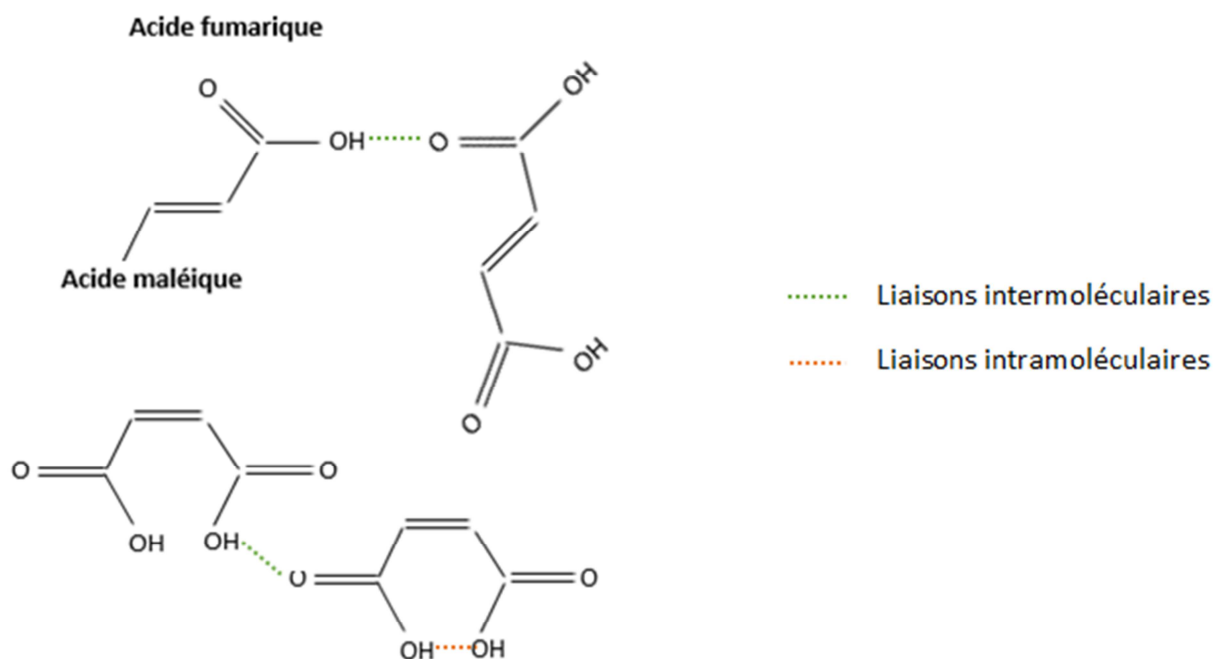
1.2) On ne remarque aucun carbone asymétrique chez les deux acides : il ne peut donc pas y avoir d'énantiomères. De plus, nous avons remarqué à la question 1.1) leur différence de configuration : l'un est Z et l'autre est E. Ils sont diastéréoisomères.

1.3) Le tableau fourni dans les données nous indique les températures de fusion des deux acides qui sont très différentes. On peut donc les différencier par une mesure au banc Kofler.

Ce document nous indique également que les deux acides se comportent très différemment lorsqu'on les dissout : l'acide maléique est très soluble dans l'eau, ce qui n'est pas le cas de l'acide fumarique. On peut donc réaliser une expérience de dissolution.

1.4.1) La différence entre le type de formation de liaisons hydrogène réside principalement dans la distance entre les atomes d'hydrogène et d'oxygène (qui est très électronégatif).

Dans le cas de l'acide fumarique, les liaisons ne peuvent pas être intramoléculaires, car les atomes d'hydrogène et d'oxygène présentes au sein de la molécule sont trop éloignés. Les liaisons ne peuvent qu'être intermoléculaires. Dans le cas de l'acide maléique, les atomes d'hydrogène et d'oxygène sont très proches (ce qui est dû à la configuration Z de la molécule), donc les liaisons sont intramoléculaires en plus de pouvoir être intermoléculaires.



1.4.2) L'acide maléique possède deux atomes d'hydrogène. Or nous avons dit à la question précédente qu'il pouvait former des liaisons intra et intermoléculaires. Si on étudie deux molécules d'acide maléique, un hydrogène va donc intervenir dans une liaison intramoléculaire, et l'autre dans une intermoléculaire.

Pour l'acide fumarique, qui possède également deux atomes d'hydrogène, étant donné qu'il n'est concerné que par des liaisons intermoléculaires, ces deux atomes vont intervenir dans la création de ces deux liaisons.

Or pour faire fondre une molécule, il faut rompre des liaisons intermoléculaires. Il faudra en rompre 1 pour l'acide maléique et 2 pour l'acide fumarique. On en déduit donc que la température de fusion est plus élevée pour l'acide fumarique que pour l'acide maléique.

1.5) Les liaisons OH sont très polarisées du fait de la grande électronégativité de l'oxygène, et l'eau en contient beaucoup. Ainsi, oui, l'eau est un solvant polaire.

1.6) Une molécule apolaire est très peu soluble dans un solvant polaire. L'acide fumarique étant apolaire, il sera donc très peu soluble dans l'eau qui est un solvant polaire. A l'inverse, une molécule polaire sera très soluble dans un solvant polaire ce qui est le cas de l'acide maléique et de l'eau.

2) Propriétés chimiques de l'acide fumarique

2.1) Il s'agit d'un protocole classique de dissolution d'un solide. Tout d'abord, peser 500 mg d'acide fumarique dans une coupelle et l'introduire dans une fiole jaugée de 100 mL en veillant bien à récupérer tout l'acide en rinçant la coupelle. Remplir d'eau distillée jusqu'aux 2/3 de la fiole, boucher et agiter. Déboucher, et compléter toujours avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, reboucher et agiter.

2.2) Un acide au sens de Bronsted est une espèce capable de céder un proton H^+ .

2.3) Un diacide est capable de céder deux protons, ce qui est le cas de l'acide fumarique qui possède 2 groupes carboxyle $COOH$ (caractéristiques des acides carboxyliques) susceptibles de céder des protons.

2.4) Calcul de la concentration molaire C_A apportée de l'acide fumarique :

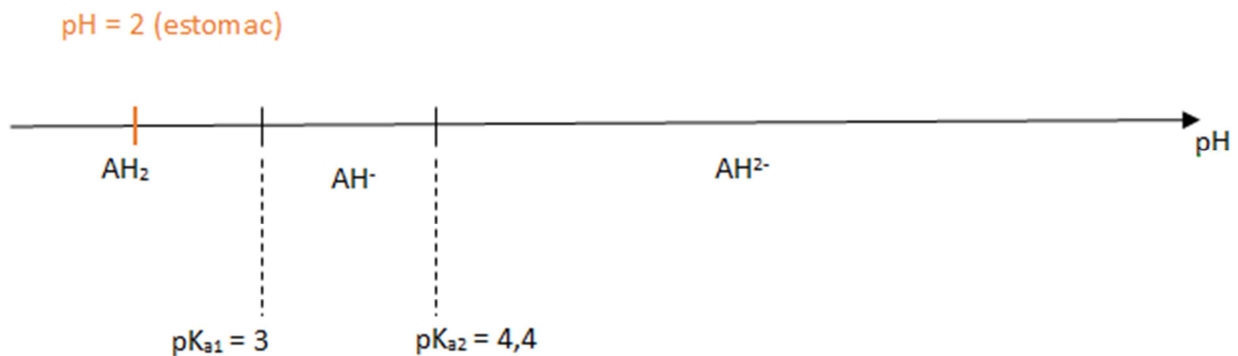
$$C_A = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{0,500}{116 \times 0,1} = 4,31 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

2.5) Calculons le pH de l'acide fumarique :

$$pH = -\log(2C_A) = -\log(2 \times 4,31 \cdot 10^{-2}) = -\log(8,62 \cdot 10^{-2}) = 1,06$$

Le pH de la solution étant égal à 2,4, on peut conclure que l'acide fumarique n'est pas un diacide fort.

2.6) Soyons rigoureux et développons le diagramme de prédominance de l'acide fumarique :

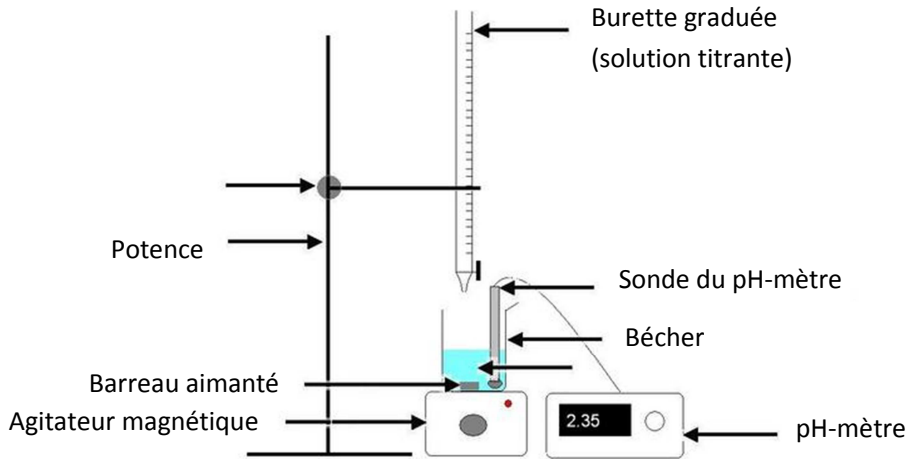


D'après le diagramme, on en déduit que l'acide fumarique se trouve prédominante sous forme AH_2 dans l'estomac.

3) Contrôle de qualité

3.1) On doit effectuer le prélèvement de la solution titrée à l'aide d'une pipette jaugée de 10,0 mL.

3.2)



3.3) L'équation de titrage est ici : $\text{AH}_{2(\text{aq})} + 2\text{HO}^{-}(\text{aq}) \longrightarrow \text{A}^{-}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagi dans les proportions stoechiométriques. On a alors $n_{\text{AH}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{HO}^-}$

D'après la courbe d'évolution du pH en fonction du volume et en utilisant la méthode des tangentes parallèles, on trouve $V_E = 8,4 \text{ mL}$.

$$\begin{aligned} m_{\text{AH}_2} &= n_{\text{AH}_2} \times M_{\text{AH}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{HO}^-} \times M_{\text{AH}_2} = \frac{1}{2} (C_B \times V_E) \times M_{\text{AH}_2} \\ &= \frac{1}{2} (1,0 \cdot 10^{-1} \times 8,5 \cdot 10^{-3}) \times 116 = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ g} \end{aligned}$$

Cette valeur de la masse d'acide fumarique est celle comprise dans la prise d'essai de 10,0 mL. La solution initiale contenant 100 mL, il faut multiplier la valeur obtenue par 10 : la masse d'acide fumarique contenue dans une gélule est de 0,49 g.

3.4) En calculant toutes les contributions de la mesure de l'erreur :

$$\frac{U(V_A)}{V_A} = \frac{0,1}{10,0} = 0,01$$

$$\frac{U(V_E)}{V_E} = \frac{0,1}{8,4} = 0,012$$

$$\frac{U(C_B)}{C_B} = \frac{0,3 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-1}} = 0,03$$

La plus grande contribution à l'incertitude vient de la mesure de la concentration c_B .

$$3.5) \left(\frac{U(m_{exp})}{m_{exp}} \right)^2 = \left(\frac{U(V_A)}{V_A} \right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B} \right)^2$$

$$U(m_{exp}) = m_{exp} \times \sqrt{\left(\frac{U(V_A)}{V_A} \right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B} \right)^2}$$

$$= 0,49 \times \sqrt{0,01^2 + 0,012^2 + 0,03^2} = 0,02 \text{ g}$$

On peut donc encadrer m_{exp} de la sorte : $0,47 \text{ g} < m_{exp} < 0,51 \text{ g}$. Sur l'étiquette, on lit 500 mg par gélule ce qui est cohérent avec l'encadrement trouvé.

3.6) L'indicateur coloré doit contenir le pH à l'équivalence. Le rouge de crésol comprend la valeur de $V_E = 8,4$ dans sa zone de virage.

EXERCICE II – DÉTECTION ET HABITABILITÉ D'UNE EXPOLANÈTE (5 points)

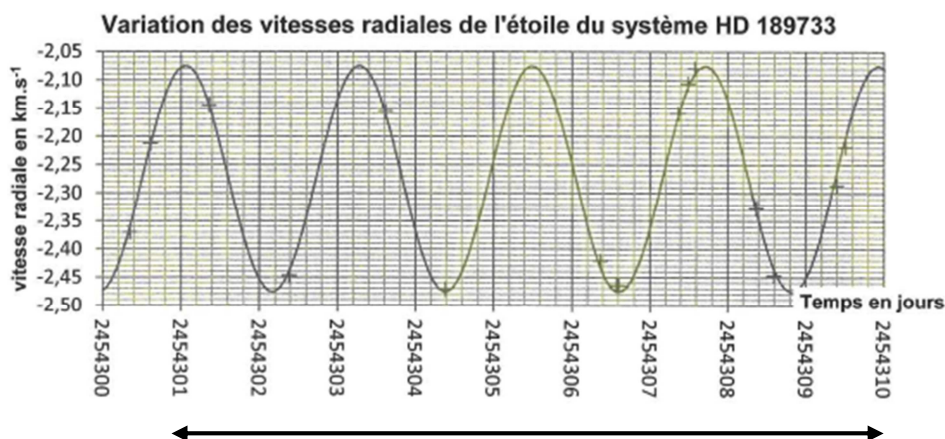
1) Illustration du principe de détection par vélocimétrie

1.1) La courbe du document 2 nous donne la variation des vitesses de l'étoile du système HD en fonction du temps en jours. On nous donne la relation entre cette vitesse et le décalage spectral $\Delta\lambda$: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$. Or on connaît déjà λ et c , qui sont des valeurs constantes. Le décalage spectral ne dépend donc que de la vitesse et vice versa.

On a ainsi $c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = v$ et $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_{mesurée}$.

Pour aboutir à la courbe étudiée, les chercheurs ont donc dû mesurer le décalage spectral entre la valeur de longueur d'onde fixée et celle mesurée à partir de plusieurs spectres de raies pris à différents moments donnés et ensuite calculer la vitesse v du système.

1.2) Calculons la période de révolution de l'étoile du système HD 189733.



On mesure $4T = 2454310 - 2454301 = 9$, donc $T = \frac{9}{4} = 2,25$ jours, ce qui nous donne $T = 2,25 \times 24 \times 3600 = 1,94 \cdot 10^5$ s.

1.3) Le graphe du document 2 étant une sinusoïde, on peut en déduire que la trajectoire de l'exoplanète autour du centre de gravité G est une trajectoire circulaire (un cercle).

1.4) D'après la question précédente, on sait que la trajectoire de l'exoplanète est circulaire. On suppose que l'étoile et l'exoplanète ont leur centre de gravité G confondus. La loi des aires nous dit que « le rayon-vecteur reliant le centre de gravité de la planète à celui de son étoile balaie des aires égales en des temps égaux ». Ainsi, on en déduit d'après la relation très connue liant la vitesse à la distance et au temps, que la vitesse est uniforme.

Le mouvement de l'exoplanète est donc bien uniforme.

2) Habitabilité de l'exoplanète du système HD 189733

2.1) Enoncé de la troisième loi de Kepler ou "Loi des périodes" : le carré de la période de révolution est proportionnel au cube de la distance au Soleil.

$$T^2 = k \times a^3$$

La troisième loi de Kepler permet de connaître la distance d'un corps au Soleil si on connaît sa période de révolution. Celle-ci est relativement facile à mesurer alors que la distance l'est moins.

2.2) En utilisant la deuxième loi de Newton, qui s'écrit : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$. (1)

La seule force présente et non négligeable est la force gravitationnelle $\vec{F}_g = G \frac{mM}{R^2} \vec{u}$. En remplaçant dans (1), on a : $m\vec{a} = G \frac{mM}{R^2} \vec{u}$.

On obtient alors $\vec{a} = \frac{GM}{R^2} \vec{u}$. (2)

L'accélération possède, dans le repère de Frenet, une composante normale et une composante tangentielle comme suit : $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n} + \frac{dv}{dt} \vec{t}$. En procédant par identification avec la relation (2), et en sachant que la composante tangentielle est nulle car la vitesse est uniforme (donc sa dérivée est nulle), on a $v^2 = \frac{GM}{R}$.

De plus, on peut tirer une autre relation de l'étude de la période : pendant une période T, l'exoplanète parcourt une distance égale à $2\pi R$ à une vitesse v, ce qui nous donne $T = \frac{2\pi R}{v}$.

$$\text{Ainsi, } T^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{v^2} = \frac{4\pi^2 R^2}{\frac{GM}{R}} = \frac{4\pi^2 R^3}{GM} \text{ d'où } \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}.$$

2.3) La distance moyenne entre la planète et l'étoile vaut, d'après la question précédente :

$$R = \sqrt[3]{T^2 \times \frac{GM}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{(2,2 * 24 * 3600)^2 \times \frac{6,67 \cdot 10^{-11} * 0,82 * 1,989 \cdot 10^{30}}{4\pi^2}} = \mathbf{0,031 \text{ UA}}$$

2.4) La zone d'habitabilité se trouve comprise entre 0,723 et 1,52, or R n'appartient pas à cet intervalle. La planète n'appartient pas à la zone d'habitabilité.

EXERCICE III – LE TÉLÉVISION NUMÉRIQUE : ÉMISSION, TRANSMISSION ET RÉCEPTION (5 points)

1) Propagation des ondes radio

1.1) On nous fournit dans les données un document de la NASA de « l'absorption des fréquences par l'atmosphère terrestre » - essayons de traduire la fréquence de 800 MHz en termes de longueur d'onde, puisqu'il s'agit de l'abscisse du graphe :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{800 \cdot 10^6} = 0,375 \text{ m.}$$

A 375 nm, on lit une valeur d'opacité atmosphérique de 100%, ce qui signifie que le signal ne sera pas absorbé par l'atmosphère, et c'est bien ce que l'on recherche lorsque l'on travaille avec un signal. (Il n'y aurait vraiment aucun intérêt à émettre un signal qui se verrait absorbé par l'atmosphère terrestre avant même qu'on lui fasse subir quoique ce soit !)

1.2) Il s'agit là d'un problème lié au phénomène de diffraction. Plus la longueur d'onde est grande devant les dimensions d'un obstacle, et plus le phénomène de diffraction de l'onde est important. Ici, la dimension des ouvertures des maisons et celle de la longueur d'onde correspondante à la fréquence choisie sont du même ordre de grandeur à savoir le mètre. Il y a donc phénomène de diffraction des ondes électromagnétiques, et cette diffraction couvre un large périmètre incluant le récepteur, même si celui-ci n'était pas visible depuis l'émetteur au départ.

La réception est donc bien possible même si l'émetteur relais n'est pas visible pour un observateur situé au niveau de l'antenne réceptrice.

1.3) Combien de temps met l'onde à se propager sur une distance d ? Elle mettra $\Delta t = \frac{d}{c}$

Pour vérifier si les chaînes sont reçues en quasi-simultanéité en dessous d'une distance d de 50 km, il faut calculer le retard entre la réception des deux chaînes.

Soit une chaîne 1 qui parcourt une distance d_1 en un temps Δt_1 et une chaîne 2 qui parcourt une distance d_2 en Δt_2 . Le retard τ entre les deux chaînes s'écrit :

$\tau = \Delta t_1 - \Delta t_2 = \frac{d_1 - d_2}{c} = \frac{d_1 - d_2}{c} = \frac{d_3 \cdot 10^3}{3,0 \cdot 10^8} = a \cdot 10^{-5} \text{ s}$ avec d_3 la différence des distances 1 et 2 en mètres.

Cette valeur étant très petite, on peut aisément la négliger et affirmer que les chaînes, dans ces conditions, arrivent quasi-simultanément.

2) Atténuation du signal

2.1) Le signal (a) est continu : il s'agit d'un signal analogique. Le signal (b) est discontinu et prend des valeurs discrètes : il s'agit d'un signal numérique.

2.2) Les caractéristiques du câble coaxial utilisé se trouvent dans le document 2. On peut alors utiliser la formule de l'atténuation en décibels d'un signal de puissance P :

$$\alpha = \frac{A_{db}}{L} = \frac{10 \log\left(\frac{P_{entrée}}{P_{sortie}}\right)}{L} \text{ d'où } L = \frac{10 \log\left(\frac{P_{entrée}}{P_{sortie}}\right)}{0,17} = 41 \text{ m}$$

3) Débit et transmission d'une chaîne HD

3.1) En synthèse additive (ce qui est le cas lorsque les pixels sont codés en Rouge, Vert, Bleu), l'addition des trois composantes donne du blanc, et l'absence donne du noir. Dans ce cas, si on veut un pixel noir, il faudra le coder comme suit : (0, 0, 0). Si on veut un pixel blanc, on aura : (255, 255, 255).

3.2) Ce codage utilise 3 octets pour chaque pixel, donc 24 bits par pixels. (1 octet = 8 bits)
Le document 1 nous informe que, pour un format HD 1080p/25, l'image sera constituée de 1080 lignes de 1920 pixels chacune, et ce sont 25 images par secondes qui sont transmises dans le flux vidéo. Pour un format HD 1080p/50, il s'agit de 50 images par secondes.

Le débit, dans ce cas, est le nombre de pixels par secondes. On définit alors D tel que :

$$D = (nb \text{ d'images/s}) \times (nb \text{ de ligne/image}) \times (nb \text{ de pixels/ligne}) \times 24 \text{ bits}$$

$$D = 50 \times 1080 \times 1920 \times 24 \approx 2,5 \cdot 10^9 \text{ bits} \cdot \text{s}^{-1} = 2,5 \text{ Gigabits} \cdot \text{s}^{-1}$$

3.3) Il est possible d'envoyer trois chaînes HD sur un tel canal en utilisant une technique de compression des images qui permet de réduire leur taille.