



Terminale S2

BAC BLANC

Janvier 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

SERIE SCIENTIFIQUE

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

L'usage de la calculatrice est **autorisé**

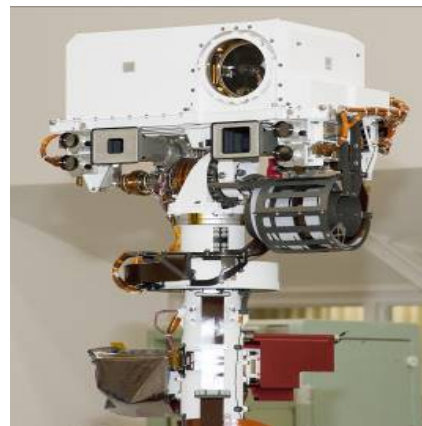
Ce sujet comporte 11 pages numérotées

SPÉCIFIQUE

EXERCICE I : Des images venues de Mars (7 points)

Mars Science Laboratory (MSL) est une mission d'exploration de la planète Mars développée par l'Agence Spatiale Américaine (NASA) qui a entre autre pour but de déterminer si la vie a pu exister sur cette planète. Une sonde spatiale a été lancée le 26 septembre 2011 et s'est posée sur Mars le 6 Août 2012. Elle transportait un module d'exploration ou rover (appelé « Curiosity »). Le rover Curiosity transporte 75 kg de matériel scientifique dont plusieurs caméras.

Les meilleures images réalisées par Curiosity proviennent de deux caméras numériques MASTCAM (Mast Camera) fixées au sommet du mât du rover, et pouvant fournir des images en couleurs, en lumière visible et en proche infrarouge.



Mars View from 'John Klein' to Mount Sharp, Left Eye (Courtesy NASA/JPL-Caltech.04.23.2013)

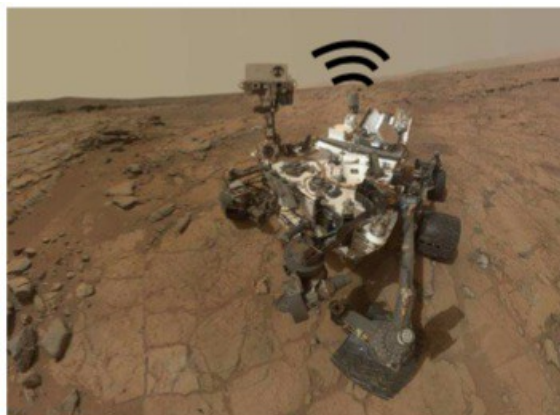
Données :

- Distance Terre Mars : entre $1000 \cdot 10^5$ km et $4000 \cdot 10^5$ km.
- Célérité de la lumière dans le vide : $3,00 \cdot 10^8$ km.s⁻¹
- 1 Mbit = 10^6 bits
- $2^8 = 256$; $2^{12} = 4096$

Document 1 : Transfert de données vers la Terre.

Pour transmettre les informations vers la Terre ou pour recevoir les instructions, le rover Curiosity dispose de plusieurs antennes.

L'une de ces antennes, fonctionnant en bande UHF (Ultra Haute Fréquence : 400 MHz) est utilisée pour les communications à courte portée avec le satellite Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) en orbite autour de Mars. Lorsque le satellite passe à proximité dans le ciel de Mars, Curiosity dispose de 500 s de communication (soit environ 8 minutes) pendant lesquelles les 250 Mbit de données peuvent être transmises.



Curiosity Self-Portrait at 'John Klein' (Courtesy NASA/JPL-Caltech.05.21.2013)

Le satellite retransmet ces données vers la Terre avec un débit de $2 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$ vers le réseau terrestre d'antennes de réception (Deep Space Network ou DSN).

Ces mêmes données sont transmises avec un débit de $3500 \text{ bits} \cdot \text{s}^{-1}$, par l'intermédiaire des autres antennes du rover en bande SHF (Supra Haute Fréquence : 8,4 GHz) qui sont utilisées pour les communications à longue distance directement avec la Terre.

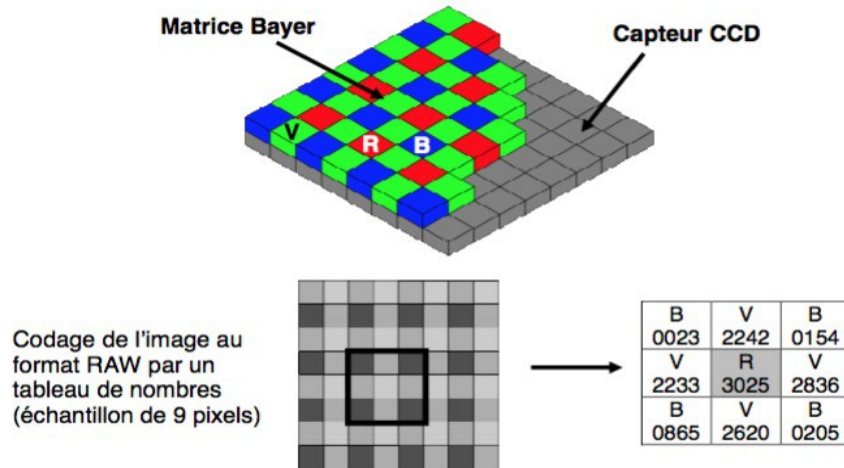
La NASA, pour récupérer plus d'information à chaque transmission, privilégie les communications ayant le plus haut débit.

Document 2 : Codage numérique des images.

La lumière entrant par l'objectif de la caméra MASTCAM arrive sur un capteur CCD d'environ 2 millions de pixels (1200 x 1600 pixels) qui transforme l'énergie lumineuse reçue sur chaque pixel en une tension qui sera ensuite numérisée à l'aide d'un convertisseur analogique numérique (CAN).

Pour éviter trois prises de vues successives avec trois filtres colorés différents, le capteur CCD est muni d'une matrice de Bayer qui sélectionne une seule bande de longueur d'onde pour un pixel à l'aide d'un filtre rouge, vert ou bleu.

On obtient une image monochrome (Noir et Blanc) car chaque pixel a un niveau de gris codé sur 12 bits correspondant à l'intensité lumineuse de sa couleur. C'est le format RAW.



Passage de l'image RAW à l'image RVB :

Pour reconstituer l'image en couleur (RVB) on associe à chaque pixel trois nombres binaires codés sur 8 bits correspondant aux niveaux d'intensité lumineuse de chaque couleur (Rouge, Vert et Bleu).

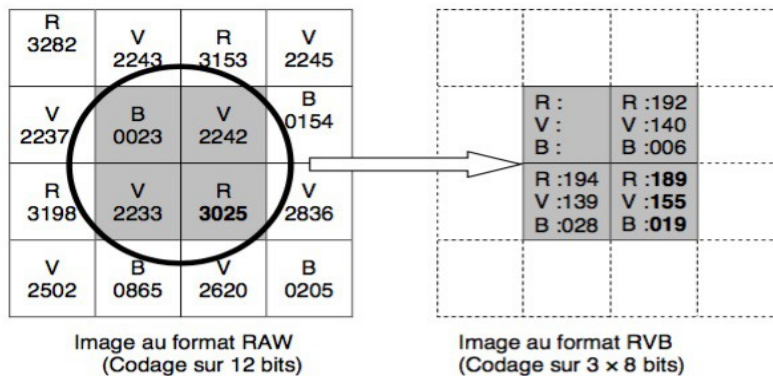
Ces niveaux sont obtenus à partir de l'image au format RAW de la manière suivante :

- On garde la valeur du pixel pour sa propre couleur en passant du codage sur 12 bits à un codage sur 8 bits.

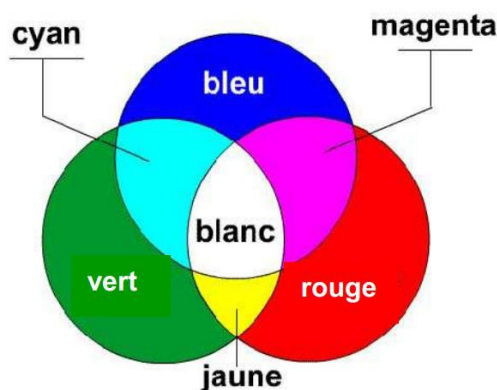
Exemple : Un pixel muni d'un filtre rouge est associé au nombre 3025 dans le format RAW.

On attribue à la couleur rouge le nombre $3025 \times \frac{256}{4096} = 189$ dans le format RVB.

- Pour les deux autres couleurs, on fait la moyenne des pixels voisins correspondant à cette couleur.



- 1.1.1. Déterminer un encadrement de la durée mise par le signal pour aller de Curiosity directement vers le réseau DSN.
- 1.1.2. La longueur d'onde des UHF est-elle plus grande ou plus petite que celle des SHF ? Justifier la réponse.
- 1.1.3. Lors d'un passage de MRO dans le ciel de Mars, combien d'images de la MASTCAM non compressées au format RAW Curiosity a le temps de lui transmettre ?
- 1.1.4. Comparer le nombre de bits de codage d'une image au format RVB et d'une image au format RAW. Conclure sur le format du fichier envoyé sur Terre.
- 1.1.5. Déterminer le codage RVB manquant dans le tableau de nombres du **Document 2**.
- 1.1.6. Les photos en couleurs de la planète Mars montrent une dominante de jaune orangé à l'origine de son appellation « planète rouge ». Vérifier cette constatation à partir du **Document 2** et de la synthèse additive des couleurs dont le principe est rappelé ci-dessous. On rappelle que pour une couleur donnée, plus le nombre codé est grand, plus l'intensité est grande.



- 1.1.7. Expliquer le choix du rapport $\frac{256}{4096}$ dans la conversion du format RAW vers le format RVB.
- 1.1.8. Sur le **schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, représenter par des flèches les parcours possibles de transmission de l'information. Placer à côté de chaque flèche l'une des 3 expressions ci-dessous caractérisant l'état sous lequel est transmise l'information :
« Onde électromagnétique (EM) », « tension analogique (TA) », « tension numérique (TN) ».
- 1.1.9. Quelle est la chaîne de transmission préférée par la NASA entre Curiosity et la Terre ? Justifier votre réponse valeurs numériques à l'appui.

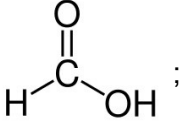
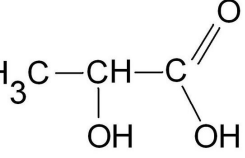
EXERCICE II : L'acide des fourmis (8 points)

En 1671, le naturaliste anglais John Ray a isolé, par distillation d'un grand nombre de fourmis mortes, un liquide incolore à forte odeur âcre et au caractère acide nommé acide formique.

Les différentes parties de cet exercice sont indépendantes.

1. L'acide formique en milieu biologique

Données :

- formule semi-développée de l'acide formique :  ;
- formule semi-développée de l'acide lactique :  ;
- l'acide formique et l'acide lactique sont des acides faibles dans l'eau ;
- constante d'acidité du couple acide formique/ion formiate ($\text{HCO}_2\text{H}_{(\text{aq})}/\text{HCO}_2^{-}_{(\text{aq})}$) :
$$K_A = \frac{[\text{HCO}_2^{-}] \times [\text{H}_3\text{O}^{+}]}{[\text{HCO}_2\text{H}]} = 10^{-3,8}$$
 ;
- constante ionique de l'eau : $K_E = 10^{-14}$;
- $\text{pH} > -\log(c)$ pour une solution aqueuse d'acide faible de concentration c (en mol.L^{-1}) en soluté apporté.

1.1. Piqûre de fourmi

Les fourmis se défendent en mordant avec leurs mandibules et, pour certaines espèces, en projetant de l'acide formique dans la morsure. La réaction avec l'eau des tissus occasionne des brûlures.



Mandibules



Abdomen dirigé vers la zone de morsure

D'après www.desinfestation.ch

- 1.1.1. Donner la relation entre le pH d'une solution aqueuse et la concentration $[\text{H}_3\text{O}^{+}]$ en précisant les unités.
- 1.1.2. Rappeler la définition d'acide selon la théorie de Brønsted et expliquer pourquoi l'acide formique est un acide selon cette théorie ?
- 1.1.3. Écrire l'équation de la réaction chimique à l'origine des brûlures.
- 1.1.4. Donner la relation entre le pH d'une solution et la concentration c en solution apporté (en mol.L^{-1}) dans le cas d'un acide fort.
Démontrer que dans le cas d'un acide faible on a $\text{pH} > -\log(c)$.

1.2. L'estomac du tamanoir

La digestion des aliments dans l'estomac nécessite un milieu acide de pH environ égal à 2. Chez la plupart des mammifères, ce pH est atteint grâce à la production d'acide chlorhydrique dans l'organisme. En revanche, l'appareil digestif du tamanoir est différent en raison de son régime alimentaire : il mange jusqu'à 30 000 fourmis par jour !



Tamanoir

- 1.2.1. Quelle est l'espèce prédominante du couple acide formique/ion formiate dans l'estomac des tamanoirs ? Justifier
- 1.2.2. Quelle est la concentration en acide formique apporté dans l'estomac du tamanoir ? Vous pourrez vous aider d'un tableau d'avancement.
- 1.2.3. Proposer une hypothèse justifiant le fait que les tamanoirs n'ont pas besoin de produire d'acide chlorhydrique pour leur digestion.

1.3. Les yaourts et laits fermentés

Le yaourt est un produit issu de la fermentation du lait grâce à l'action de deux ferments (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*).

Le lait (éventuellement additionné de poudre de lait) est, successivement, pasteurisé, homogénéisé, refroidi à la température idéale de fermentation etensemencé des deux ferments. *Lactobacillus bulgaricus* produit essentiellement de l'acide lactique qui intervient entre autres dans le goût acide du yaourt tandis que *Streptococcus thermophilus* synthétise à la fois de l'acide lactique et de l'acide formique. L'action de ces ferments sur le lait est appelée « fermentation lactique », elle se déroule à une température voisine de 43°C, dans une étuve ou dans une cuve. L'acide lactique produit par les ferments, en augmentant l'acidité du lait, provoque la précipitation de certaines protéines, les caséines : Le lait prend en masse et on obtient du yaourt.

- 1.3.1. Recopier les formules semi-développées de l'acide formique et de l'acide lactique. Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans ces molécules.
- 1.3.2. Quel est le nom officiel de l'acide formique ?
- 1.3.3. L'acide lactique possède un carbone asymétrique. Le repérer dans sa formule semi-développée.
- 1.3.4. Représenter de manière adéquate les deux stéréoisomères de configuration de l'acide lactique.
- 1.3.5. Donner le nom du type de stéréoisomérisation de configuration qui lie les deux molécules précédentes.
- 1.3.6. Proposer une explication concernant la phrase : « *L'acide lactique produit par les ferments, en augmentant l'acidité du lait, provoque la précipitation de certaines protéines, les caséines : Le lait prend en masse et on obtient du yaourt.* »

2. L'acide formique dans les nouvelles chaînes énergétiques

Données :

- densité de l'acide formique par rapport à l'eau : $d_{AH} = 1,22$;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$;
- masses molaires atomiques : $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Document 1 : L'acide formique pour stocker l'hydrogène

L'hydrogène est souvent désigné comme le futur remplaçant des carburants fossiles. Il est facilement produit à partir d'énergie électrique. Écologique et performant, il n'en présente pas moins de nombreux inconvénients. Extrêmement inflammable, il doit être stocké dans d'encombrantes bouteilles pressurisées. Autant d'obstacles à son utilisation, que les scientifiques de l'EPFL et leurs confrères du Leibniz-Institut für Katalyse ont levés, en stockant l'hydrogène sous la forme d'acide formique. Grâce à un catalyseur et au CO_2 présent dans l'atmosphère, les scientifiques ont transformé l'hydrogène en acide formique.

Plutôt qu'une lourde bouteille de fonte remplie d'hydrogène sous pression, ils obtiennent ainsi une substance très peu inflammable et liquide à température ambiante. Une solution pour accumuler l'énergie des sources renouvelables comme le solaire ou l'éolien, ou alimenter la voiture de demain.

En novembre 2010, seconde étape. Les laboratoires sont parvenus à provoquer le phénomène inverse : par le biais d'une catalyse, l'acide formique retourne de manière totale à l'état de CO_2 et d'hydrogène, lequel peut ensuite être transformé en énergie électrique. Un prototype fonctionnel, peu encombrant et d'une puissance de deux kilowatts est d'ores et déjà au point.

Stocker les énergies renouvelables

« Imaginez par exemple que vous ayez des cellules solaires sur votre toit, explique Gabor Laurency, professeur au Laboratoire de chimie organométallique et médicinale et chef de Groupe de catalyse pour l'énergie et l'environnement. Par mauvais temps ou pendant la nuit, votre pile à combustible (H_2 , O_2) vous restitue le trop-plein d'énergie accumulé quand le soleil brillait. » Dans une telle configuration, le procédé permet de restituer plus de 60% de l'énergie électrique de départ.

Cette solution est extrêmement sûre. L'acide formique libère de manière continue de très petites quantités d'hydrogène, « juste ce dont vous avez besoin sur le moment pour votre consommation électrique », relève le chercheur.

Autre avantage par rapport au stockage conventionnel, le procédé permet de stocker presque le double d'énergie à volume égal. En effet, un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes d'hydrogène contre à peine 28 grammes pour un même volume d'hydrogène pur pressurisé à 350 bars.

Enfin, les chercheurs ont travaillé sur un procédé de catalyse basé sur le fer, métal facilement disponible et peu coûteux en comparaison des métaux « nobles » comme le platine ou le ruthénium.

De l'acide formique à la pompe

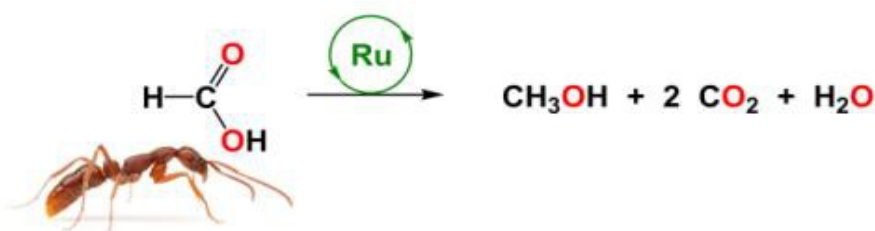
C'est sans doute dans le domaine automobile que l'invention présente les potentiels les plus intéressants. Actuellement, les prototypes produits par certaines grandes marques stockent l'hydrogène sous forme classique, avec les problèmes que l'on sait : danger d'explosion, volume important occupé par le réservoir pressurisé, difficultés pour faire le plein rapidement...

Les véhicules du XXIème siècle pourraient rouler à l'acide formique. Cette solution permet un stockage de l'hydrogène non seulement plus sûr, mais également plus compact et plus simple à remplir à la pompe – l'acide formique est liquide à température ambiante. « Techniquement, c'est tout à fait faisable. D'ailleurs, de grands constructeurs nous ont contactés en 2008, quand le baril de pétrole a atteint des sommets, confie Gabor Laurenczy. À mon sens, le seul obstacle est économique. » Il s'écoulera encore quelques années avant de peut-être pouvoir faire le plein à la première fourmilière croisée sur le chemin.

D'après le communiqué de presse de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) du 30 novembre 2010 (Journaliste : Lionel Pousaz)

Document 2 : L'acide formique à l'origine d'un nouveau biocarburant

Le carburant idéal possède une forte densité d'énergie et est formé à partir de ressources et énergies renouvelables. Le méthanol (CH_3OH), utilisable dans les piles à combustible ou les moteurs à combustion, pourrait être un tel candidat et pourrait ainsi remplacer l'éthanol E85 . La formation de méthanol à partir de l'acide formique a été observée (indirectement) pour la première fois en 1911 par Paul Sabatier, prix Nobel de chimie français. Mais il a fallu attendre 2013, pour que les premiers catalyseurs à l'iridium permettant la conversion de l'acide formique en méthanol voient le jour, avec un rendement maximum de 2 %. En 2014, les chercheurs du CEA découvrent qu'une catalyse au ruthénium permet d'obtenir le méthanol à partir de l'acide formique avec un rendement de 50%. De plus l'utilisation du ruthénium au lieu de l'iridium présente un avantage économique certain, ce métal étant plus de dix fois moins coûteux que l'iridium.



Physique chimie - Bac blanc n°1 (janvier 2016)

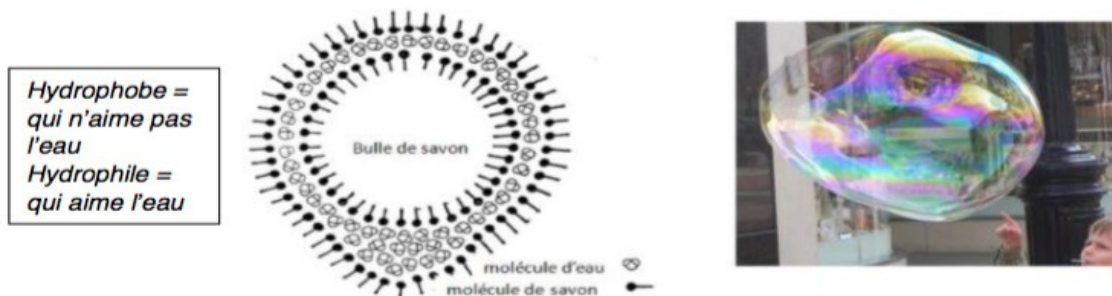
- 2.1.1. Donner trois arguments qui indiquent que l'acide formique serait plus avantageux que l'hydrogène dans les véhicules du futur.
- 2.1.2. Démontrer que l'affirmation du texte « un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes d'hydrogène » est vraie.
- 2.1.3. Compléter la chaîne des conversions d'énergie et des transformations chimiques en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** avec les termes suivant :
« CO₂ », « énergie électrique », « O₂ », « HCO₂H ».
- 2.1.4. En quoi la découverte de 2013 n'a pas permis de développer l'usage de l'acide formique pour la création de méthanol contrairement aux chercheurs du CEA en 2014.

EXERCICE III : Irisation sur une bulle de savon (5 points)

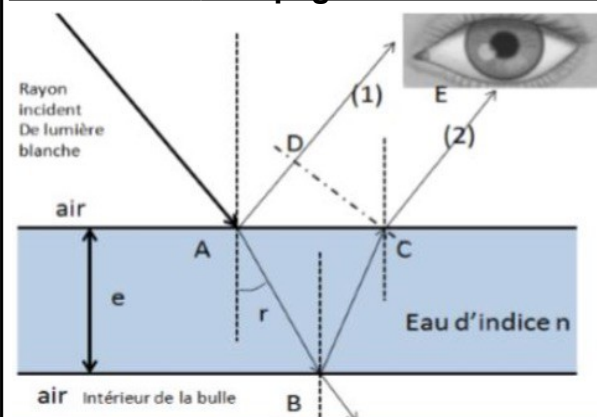
La paroi d'une bulle de savon est constituée de deux couches de molécules amphiphiles. Entre les deux couches une mince couche d'eau est retenue. Une molécule amphiphile comprend une longue chaîne carbonée hydrophobe (la queue) et une extrémité souvent chargée hydrophile (la tête).

Lorsque nous voyons une bulle de savon, nous pouvons voir des irisations rappelant les couleurs de l'arc en ciel. On se propose dans cet exercice d'en comprendre l'origine.

Document 1 : Constitution d'une bulle de savon



Document 2 : Propagation de la lumière dans la paroi de la bulle de savon



Le rayon incident, suite à sa rencontre avec la bulle se partage en deux rayons (1) et (2) qui ensuite se superposent sur la rétine de l'observateur (point E).

Pour un angle de réfraction r donné, la différence de marche δ entre les deux rayons, dépend de l'épaisseur e de la paroi de la bulle et de l'indice de réfraction n de l'eau du savon :

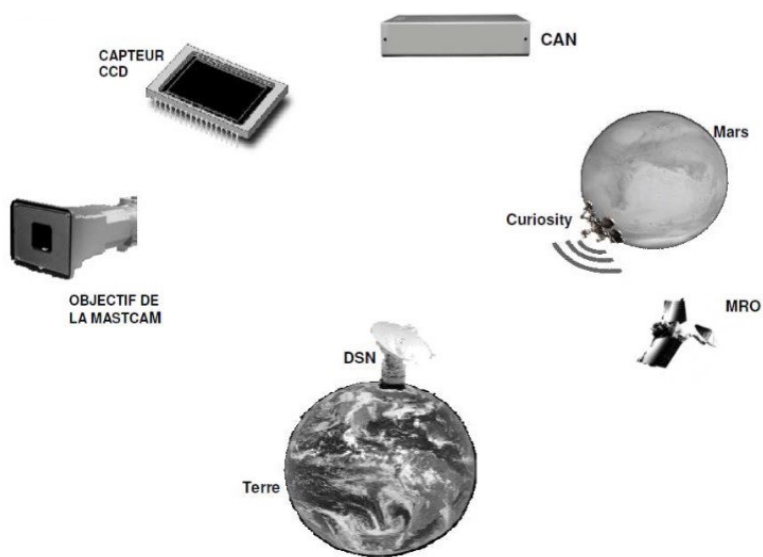
$$\delta = 2 \times n \times e \cos(r) + \lambda/2$$

L'indice n dépend également de la longueur d'onde λ de la radiation

- 1.1.1. Expliquez rapidement comment le savon emprisonne une fine couche d'eau pour former une bulle.
- 1.1.2. Quel(s) phénomène(s) physique peut-on observer au point A ? au point B ? au point C ? au point E ? parmi les phénomènes suivants : « diffraction », « réflexion », « réfraction », « dispersion », « interférence ».
- 1.1.3. Exprimer la différence de marche δ entre les parties (1) et (2) du rayon incident, en fonction de segments exprimés avec les points A, B, C et D.
- 1.1.4. Que se passe-t-il au point E si la différence de marche entre les rayons (1) et (2) est $\delta = k \times \lambda$ (k : nombre entier, λ : longueur d'onde de la radiation) ?
Même question si $\delta = (2k + 1) \times \lambda/2$.
- 1.1.5. Parmi toutes les radiations du spectre solaire, on s'intéresse à celles de longueur d'onde $\lambda(\text{Rouge}) = 700 \text{ nm}$ et $\lambda(\text{violet}) = 350 \text{ nm}$. L'épaisseur de la bulle est $e = 0,15 \mu\text{m}$, l'angle de réfraction $r = 29^\circ$. Indice de réfraction : $n(\text{Rouge}) = 1,33$ et $n(\text{violet}) = 1,34$.
Ces deux couleurs seront-elles perçues par l'observateur au point E ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE I : Des images venues de Mars



EXERCICE II : L'acide des fourmis

Chaîne des conversions d'énergie et des transformations chimiques :

