

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

**Spécialité : Sciences Physiques et Chimiques en
Laboratoire**

SESSION 2018

**Sous-épreuve écrite de sciences physiques et
chimiques en laboratoire**

Coefficient de la sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en laboratoire
seront traités sur des copies séparées.**

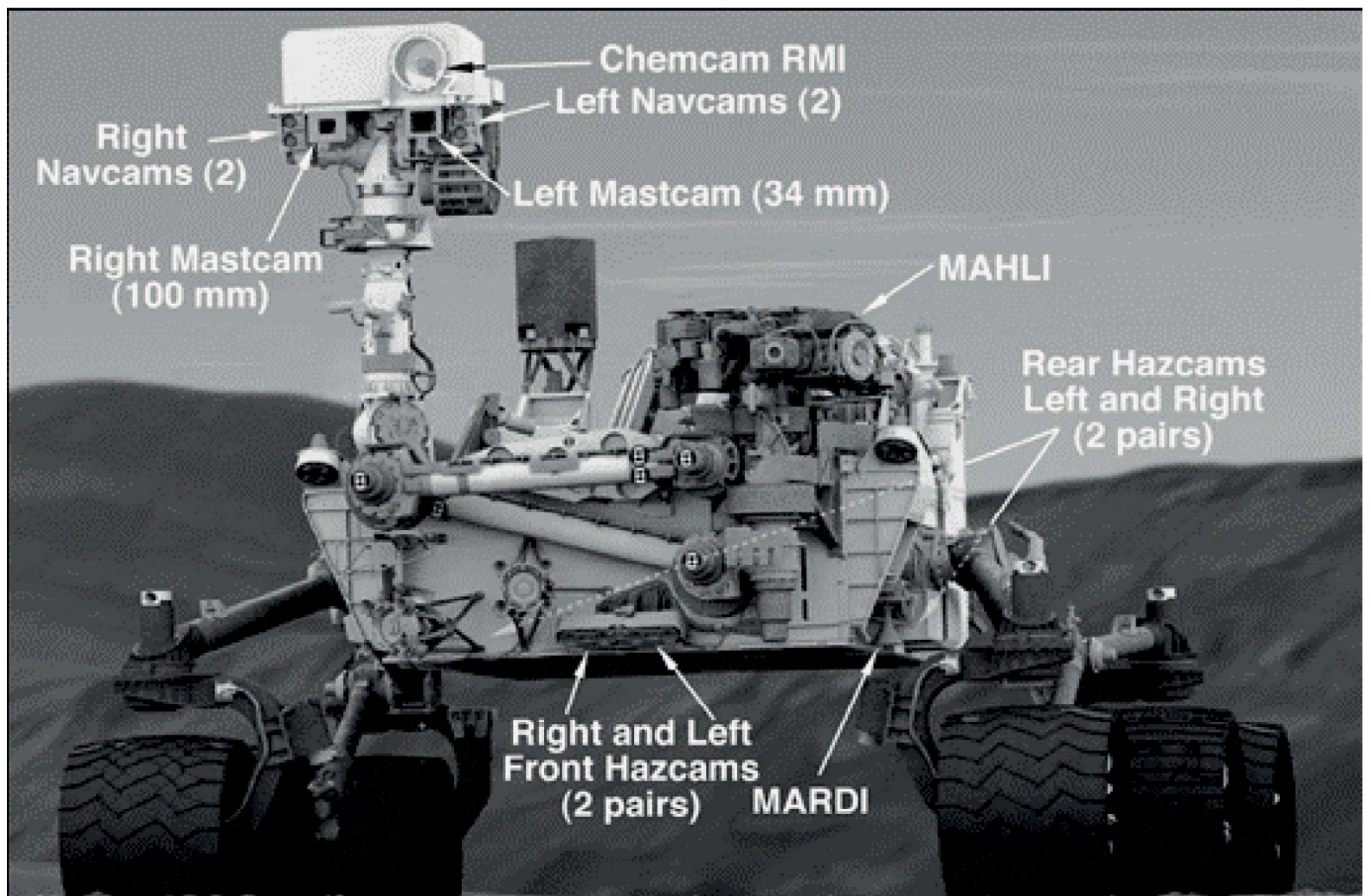
L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet comporte **10** pages.

La page 10 est à rendre avec la copie.

LE ROVER CURIOSITY ANALYSE LE SOL DE MARS

Le 6 août 2012, le rover Curiosity s'est posé sur le sol de la planète Mars. Depuis, il analyse le sol martien grâce aux équipements scientifiques embarqués, en particulier le ChemCam. Le rover doit faire face à des conditions difficiles : poussières, température moyenne de $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$, vents pouvant atteindre $400\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$...



D'après : <https://www.jpl.nasa.gov>

Le sujet comporte 3 parties indépendantes :

Partie 1 : le ChemCam (sur 6,5 points)

Partie 2 : régulation de position angulaire de la tête de visée (sur 6,5 points)

Partie 3 : l'analyse du sol de Mars (sur 7 points)

Un **document réponse** à rendre avec la copie se trouve en fin d'énoncé (page 10).

A. Le télescope

Le ChemCam contient un télescope Schmidt-Cassegrain dont le principe est étudié ci-après.

- 1.1 Préciser comment s'appellent les points F, F_1 et F_2 indiqués sur le **document 2**.
- 1.2 Le **document 2** présente différents tracés de rayons à l'intérieur du télescope (schémas a, b et c). Identifier le tracé correct et justifier pourquoi les deux autres sont incorrects.
- 1.3 Dans le cadre d'une de ses mesures, le rover étudie une roche située à une distance de 7,0 m. La roche se compose de feuillets superposés d'environ 2 mm d'épaisseur. Déterminer si la caméra du rover peut distinguer ces feuillets. Justifier précisément à l'aide d'un calcul et d'une réponse argumentée. On peut s'aider des **documents 1 et 3**.

B. Les spectrographes

La dispersion de la lumière dans les spectrographes du rover est réalisée avec des réseaux de diffraction par réflexion (voir **documents 1 et 4**).

- 1.4 En vous aidant du **document 4**, nommer les familles de rayonnements électromagnétiques analysées par les spectrographes.

On étudie ici un spectrographe de démonstration similaire à l'un de ceux présents dans le rover. Le réseau est utilisé en incidence normale. Plusieurs réseaux peuvent être envisagés :

Nombre de traits par mm	100	600	1000
Pas du réseau a (en μm)	10	1,7	1,0
Angle de diffraction i_1 pour $\lambda = 470 \text{ nm}$	2,7°	16°	28°
Angle de diffraction i_2 pour $\lambda = 850 \text{ nm}$	30°	58°

- 1.5 À l'aide du **document 5**, calculer la valeur de i_2 manquante dans le tableau ci-dessus.
- 1.6 Identifier les paramètres que les concepteurs du rover ont dû ajuster pour assurer un fonctionnement optimal du capteur CCD dans le spectrographe. On rédigera soigneusement la réponse en détaillant clairement les arguments.

PARTIE 2 : RÉGULATION DE POSITION ANGULAIRE DE LA TÊTE DE VISÉE sur 6,5 points

Le système de visée du rover possède une régulation de position angulaire (azimut) afin d'orienter avec précision le laser lors des tirs selon la valeur de consigne. Afin de ne pas user prématurément les parties mécaniques, on souhaite une régulation qui évite les mouvements inutiles de la tête de visée, quitte à ce que la régulation soit lente. Pour cette partie, le candidat se référera aux **documents 6 et 7**, ainsi qu'au **texte introductif du sujet**.

- 2.1 Indiquer les grandeurs réglée, réglante et la perturbation principale de cette régulation.
- 2.2 Tracer sur votre copie la droite d'étalonnage du capteur de position angulaire $X = f(\theta)$.
- 2.3 Déterminer la valeur de l'angle θ mesuré correspondant à un signal de mesure $X = 60 \%$.
- 2.4 Deux réglages possibles pour la régulation de position angulaire sont présentés dans le **document 7**. Justifier que ces deux réglages correspondent à une bonne régulation du point de vue de la **précision**.
- 2.5 D'une manière générale rappeler quels sont, en plus de la précision, les deux autres critères permettant de définir une bonne régulation.
- 2.6 Évaluer les temps de réponse à 5 %, notés t_1 et t_2 correspondant aux deux réglages évoqués à la question 2.4.
- 2.7 Indiquer maintenant, pour le cas de la régulation de position angulaire de la tête du rover, quel réglage vous semble le plus adapté. Justifier précisément.

Certains éléments chimiques repérés sur Mars, dont le baryum, peuvent être analysés facilement sur Terre, sous leur forme ionique, à l'aide de dosages essentiellement.

A. Dosage de l'élément baryum

Dans un laboratoire, on souhaite doser par conductimétrie la concentration en ions baryum d'une solution inconnue. On dose un volume $V_1 = 10,0$ mL de cette solution par une solution titrante de sulfate de sodium ($2 \text{ Na}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$) de concentration molaire égale à $C_0 = 0,103 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

3.1 La réaction de dosage s'écrit : $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) = \text{BaSO}_4(\text{s})$

Grâce aux données du **document 8**, compléter le tableau du **document réponse à rendre avec la copie**, afin de justifier l'allure de la courbe de dosage présentée dans ce même document.

3.2 Définir l'équivalence et en déduire une relation entre le volume équivalent V_{eq} , le volume V_1 de la prise d'essai, la concentration C_1 en ions baryum de la solution inconnue et la concentration de la solution titrante C_0 .

3.3 Déterminer le volume équivalent V_{eq} obtenu lors du dosage. Faire apparaître la méthode sur la courbe du **document réponse à rendre avec la copie**.

3.4 Déterminer la concentration C_1 en ions baryum.

3.5 D'après la méthode de dosage, l'incertitude relative sur la détermination de C_1 a été évaluée à : $\frac{U(C_1)}{C_1} = 0,020$. Calculer l'incertitude $U(C_1)$ et donner le résultat du dosage sous la forme d'un encadrement.

B. Identification de molécules organiques

Des molécules organiques ont aussi été mises en évidence sur Mars et nécessitent des méthodes d'analyse spécifiques telles que les spectroscopies IR ou RMN du proton.

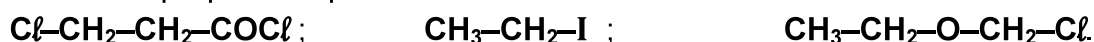
3.6 Indiquer quel type de spectroscopie est utilisée sur le **document 9**.
Nommer les grandeurs en abscisse, puis en ordonnée du graphe.

3.7 Retrouver parmi les 2 molécules ci-dessous celle qui correspond au spectre du **document 9** :



Il faudra justifier la réponse.

3.8 Le **document 10** propose 3 spectres de RMN à relier à 3 molécules :

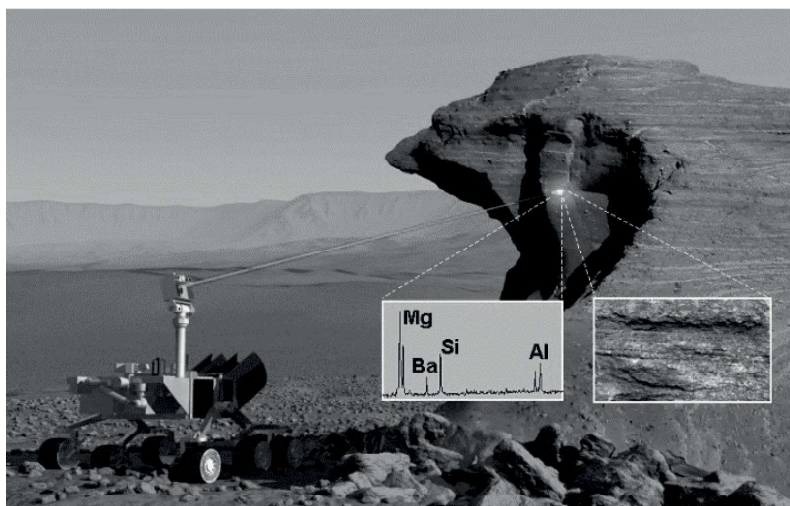


Associer chaque molécule à l'un des trois spectres, en justifiant la réponse.

Document 1 : le ChemCam

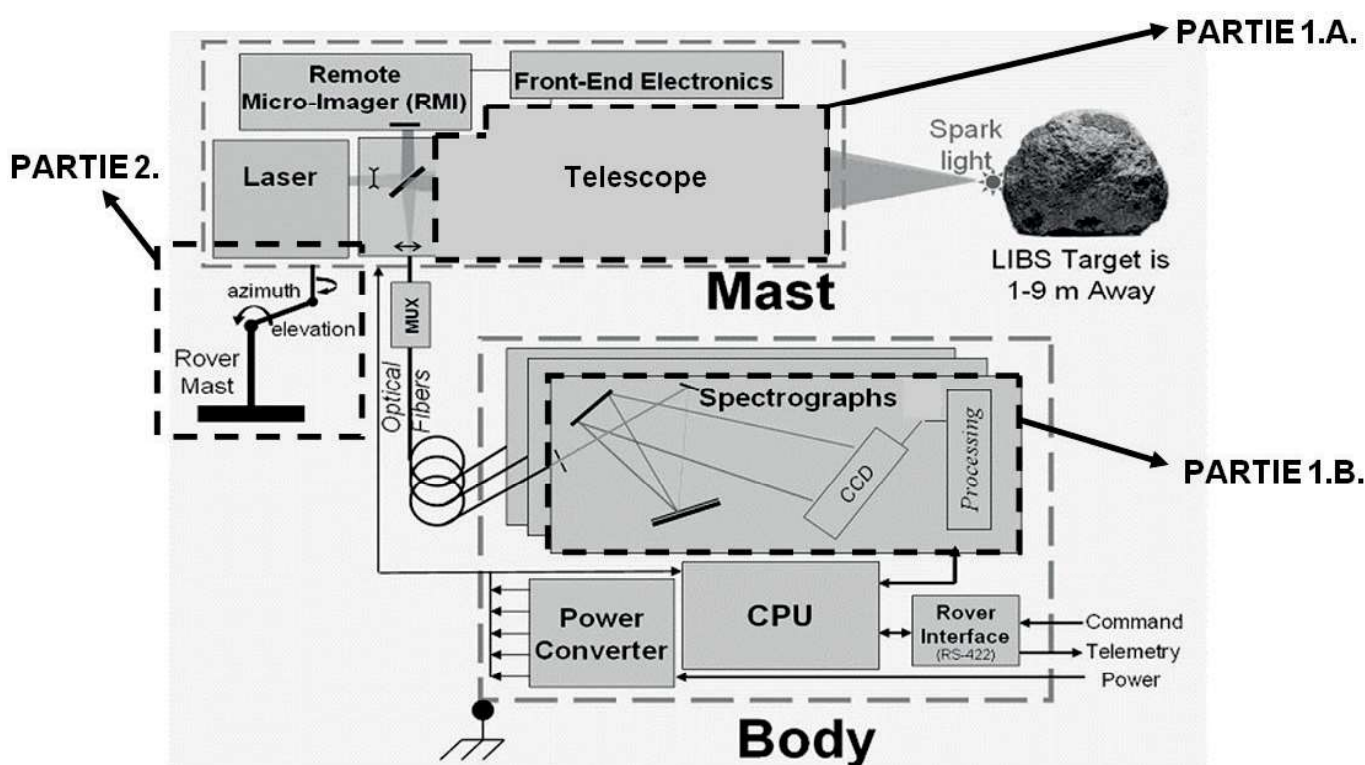
Le principe de fonctionnement de l'instrument est :

- de viser un échantillon à une distance de 1,5 à 7,0 m (azimut et élévation) ;
- de former une image de l'échantillon (RMI) ;
- d'envoyer un faisceau laser pulsé vers cet échantillon (1 GW/cm^2) ;
- de collecter la lumière émise par l'échantillon pour une analyse spectrale (entre 240 et 850 nm). (MUX).



D'après : <https://msl-curiosity.cnes.fr>

Constitution du ChemCam



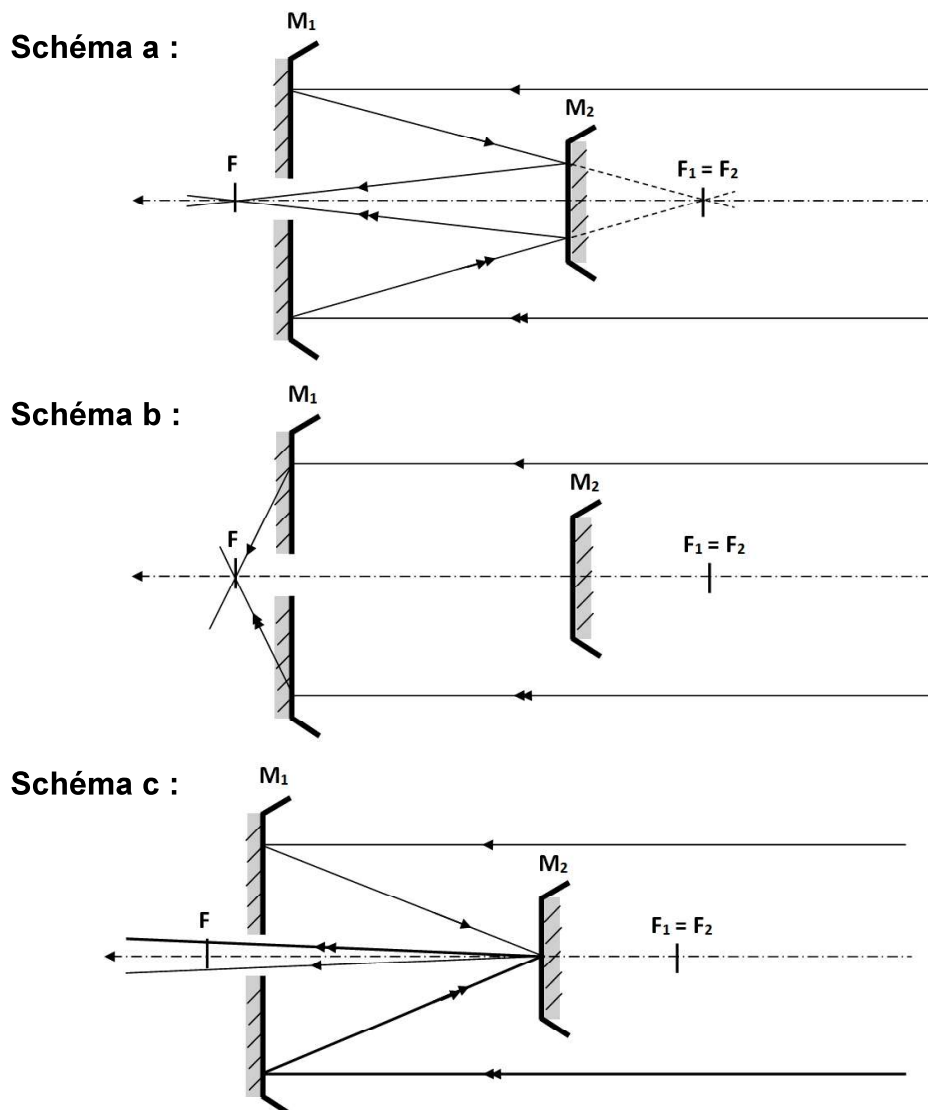
D'après : <https://msl-curiosity.cnes.fr>

Le télescope du ChemCam

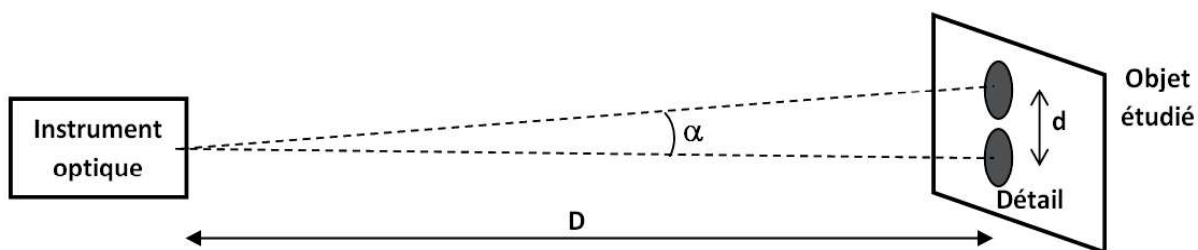
Le système RMI (voir schéma ci-dessus) fabrique une image de la roche à étudier, afin d'être sûr que le faisceau laser est correctement focalisé sur cette roche. L'image montre des détails fins de la structure rocheuse qui peuvent être étudiés par les scientifiques. Le champ de vision du télescope lui permet de former l'image d'objets de 20 cm de largeur à une distance de 10 m. Le télescope possède en outre une résolution de 0,1 mrad (milliradian).

Source : <http://msl-chemcam.com>

Document 2 : tracés de rayons lumineux dans le télescope Cassegrain



Document 3 : résolution des détails d'un objet par un instrument optique

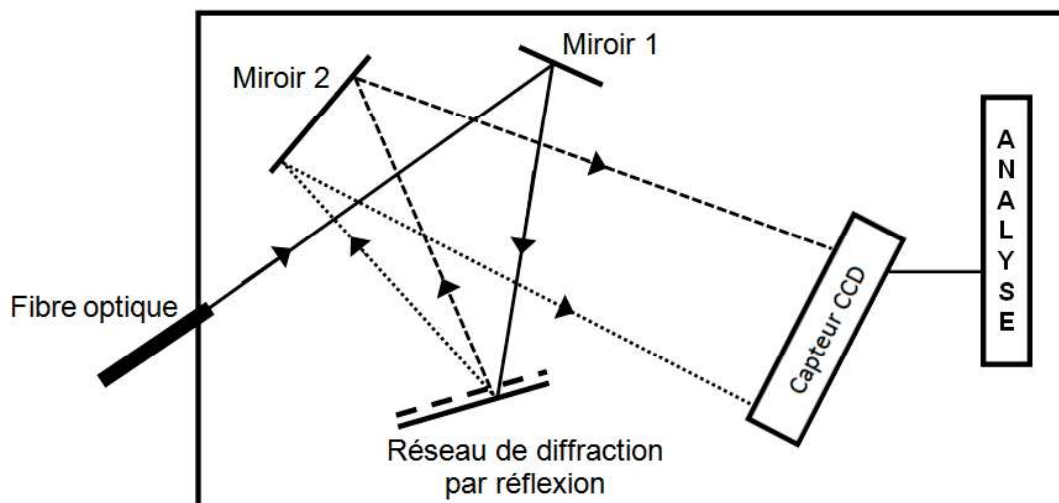


On note α_{lim} la résolution de l'instrument optique (jumelles, télescope,...). On considère deux détails proches sur un objet dont l'instrument optique réalise une image. Les détails sont séparés en moyenne d'une distance d . On note α l'angle sous lequel sont vus, depuis l'instrument, les centres de ces deux détails.

Les détails sont résolus si le système optique permet de les distinguer c'est-à-dire si :

$$\alpha \approx \tan(\alpha) \approx \frac{d}{D} \geq \alpha_{lim}$$

Document 4 : le spectrographe

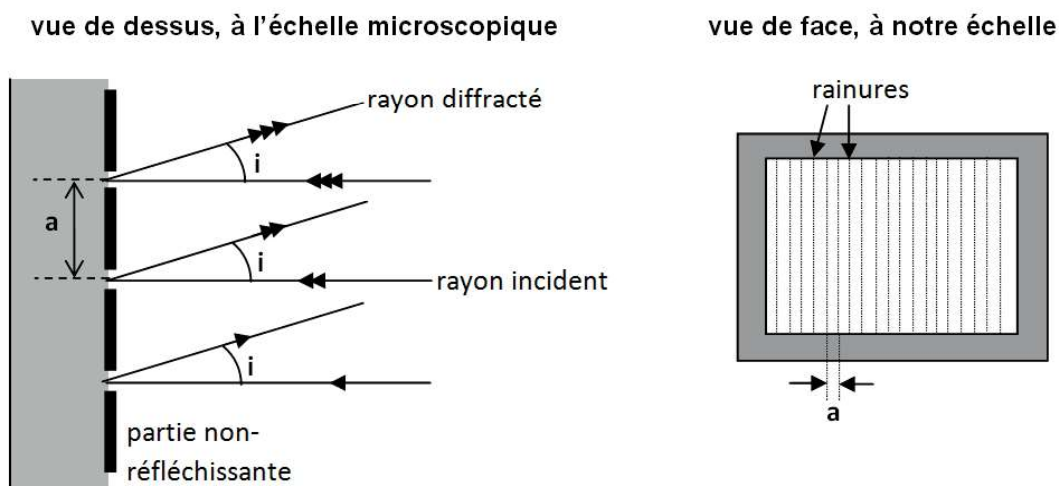


La lumière issue du système de visée est introduite dans le spectrographe par la fibre optique. Le faisceau est réfléchi sur le réseau de diffraction qui décompose la lumière en différentes longueurs d'onde. Le capteur CCD et son système d'analyse déterminent les longueurs d'onde mesurées. Les miroirs 1 et 2 permettent de séparer les longueurs d'onde et de réduire la taille du spectrographe en réfléchissant les rayons lumineux.

« The ChemCam spectrometers consists of 3 separate units covering separate spectral ranges. Each spectrometer unit is a modified version of Ocean Optics, Inc. commercial model HR2000. The three ranges are 240 – 336 nanometers, 380 – 470 nanometers, and 470 – 850 nanometers, designed to meet the spectral resolution and range requirements. [...] »

D'après : <http://www.msl-chemcam.com/>

Document 5 : les réseaux de diffraction



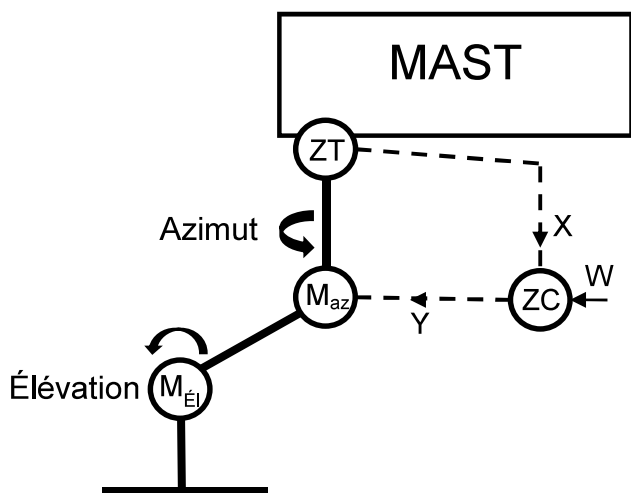
Le pas a d'un réseau est l'écartement entre deux rainures successives.

Pour un réseau par réflexion de pas a (en m), en incidence normale, l'angle de diffraction i , est relié à la longueur d'onde λ (en m) du rayonnement incident (à l'ordre 1) par :

$$i = \arcsin\left(\frac{\lambda}{a}\right)$$

Remarque : la notation « arcsin » correspond à la fonction arcsinus, souvent notée « \sin^{-1} » ou « asin » sur les calculatrices.

Document 6 : le système de visée

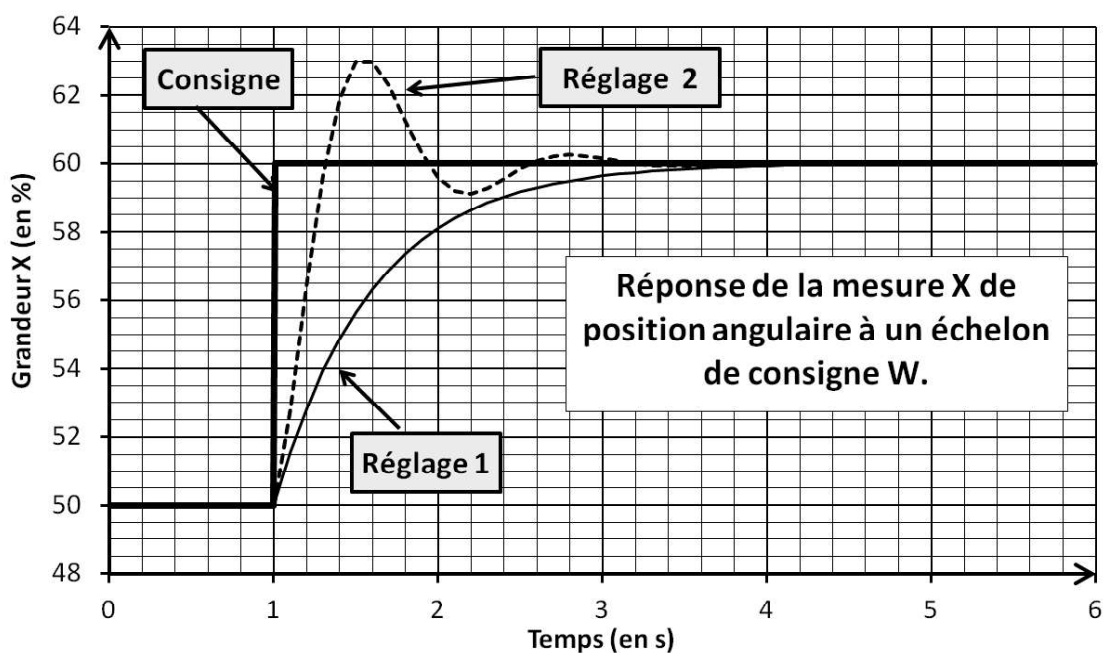


Légende :

- ZT : transmetteur de position
- ZC : régulateur de position
- M_{az} : moteur de déplacement azimut
- $M_{ÉI}$: moteur d'élévation
- X : signal de mesure
- Y : signal de commande
- W : consigne

Le capteur de position angulaire mesure un angle θ de 0 à 360 ° qu'il convertit de manière proportionnelle en un signal de mesure X dont les valeurs varient de 0 à 100 %. La rotation de la tête de visée est obtenue grâce à un moteur électrique M_{az} , alimenté par le signal de commande Y. Plus le signal Y est important, plus le moteur tourne rapidement.

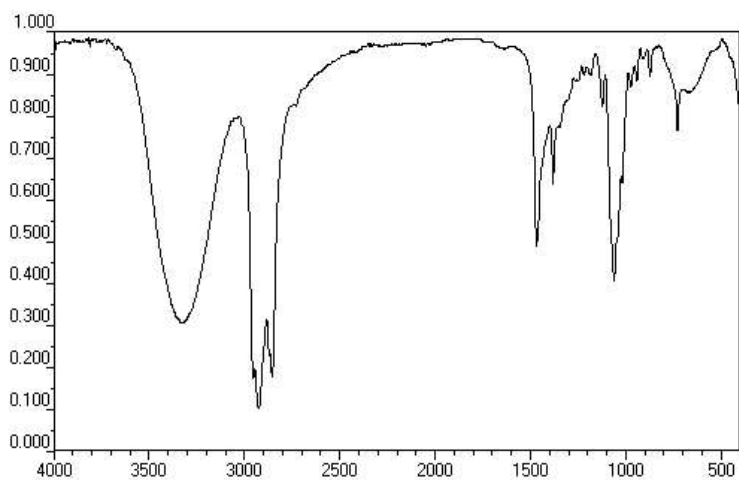
Document 7 : réglages de la boucle de position angulaire de la tête de visée



Document 8 : conductivités molaires ioniques de quelques ions à 25°C

Ions	Formule	Conductivité molaire ionique λ en $\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$
Baryum	Ba^{2+}	12,73
Sodium	Na^+	7,14
Sulfate	SO_4^{2-}	16,00

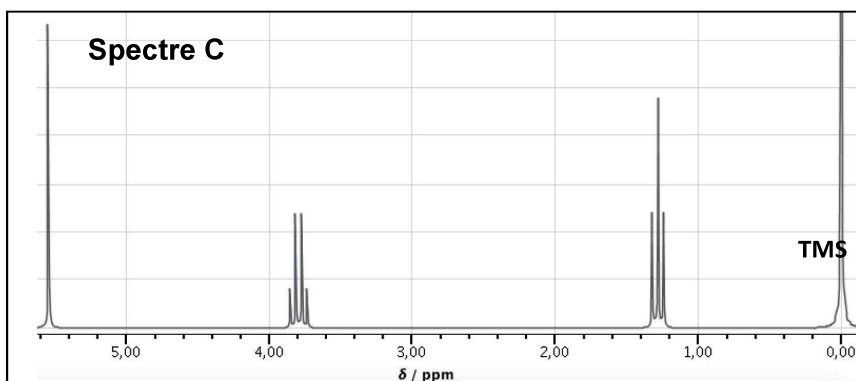
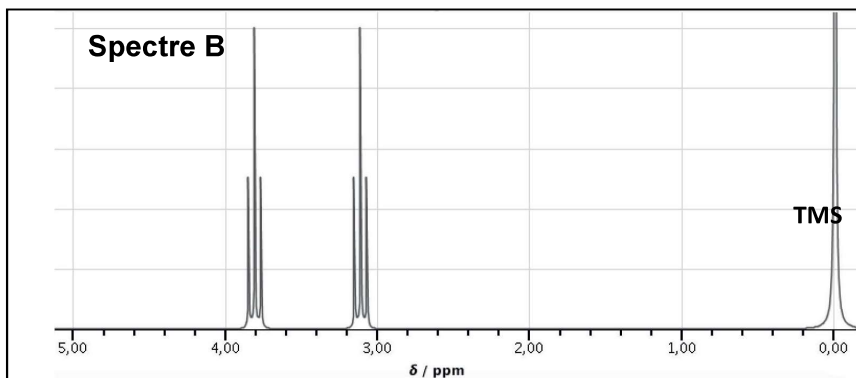
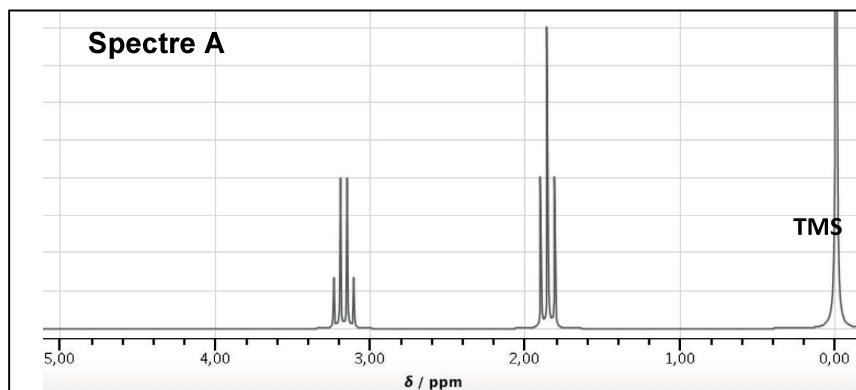
Document 9 : spectre d'une molécule organique mise en évidence sur Mars



Liaison	Nombre d'onde (en cm^{-1})	Intensité
O – H	3200 à 3650	F
N – H	3100 à 3500	M
C _{tri} – H	3000 à 3100	M
C _{tét} – H	2800 à 3000	F
C = O	1650 à 1750	F
C = C	1625 à 1685	M
C _{tét} – H	1415 à 1470	F
C – O	1050 à 1450	F

Importance de l'absorption :
 F : forte M : moyenne

Document 10 : spectres de RMN



Question 3.1 :

	Avant l'équivalence	Après l'équivalence
Évolution de la conductivité : lecture graphique		
Justification : espèces influençant la conductivité et leur évolution		

Question 3.3 :

Courbe conductimétrique du dosage des ions baryum par une solution de sulfate de sodium

