

TP1 CH16 Les phénomènes ondulatoires

ÉNONCÉ ET ÉVALUATION

NOM :

Prénom :

ÉVALUATION				
Compétences	Niveaux validés			
	A	B	C	D
s'APProprier				
ANALyser				
RÉALiser				
VALider				
Note :		/20		

OBJECTIFS DU SUJET

Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de **diffraction** dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.

CONTEXTE DU SUJET

On observe un phénomène de **diffraction** lorsqu'une onde traverse une ouverture ou rencontre un obstacle dont la dimension est voisine de la longueur d'onde.

Plus la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est petite grande, plus le phénomène de diffraction est marqué. Cette technique est donc intéressante pour mesurer des objets de petite taille.

Le but de cette épreuve est de déterminer le diamètre d'un cheveu par l'observation d'une figure de diffraction.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT

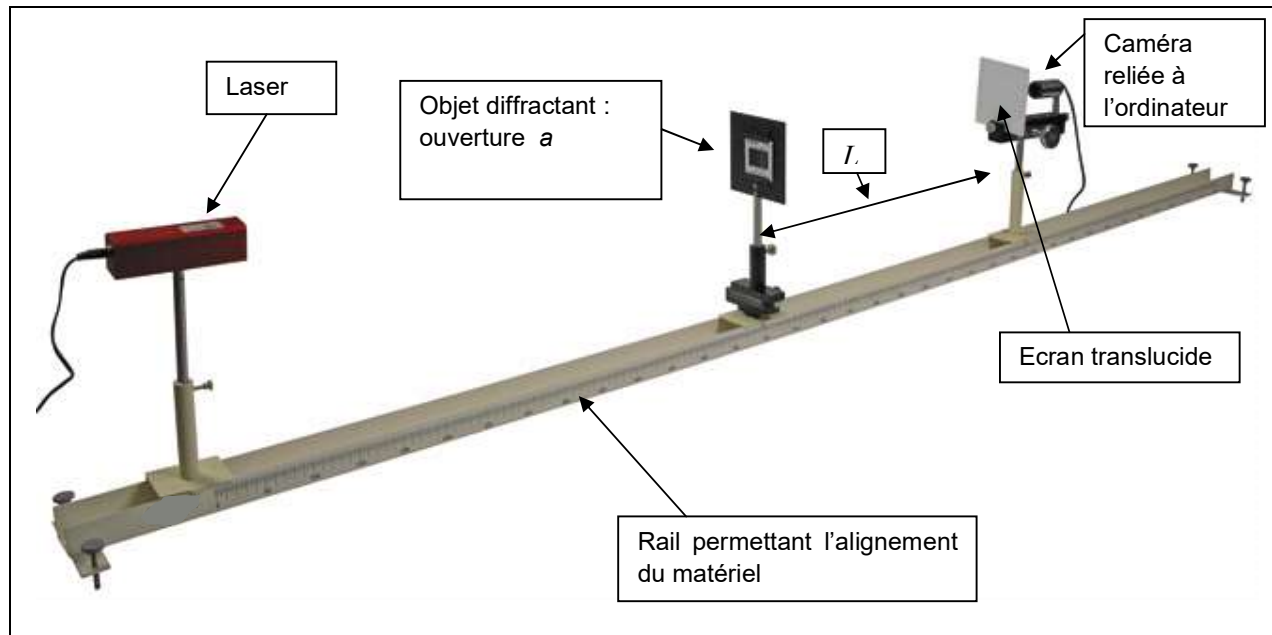
Matériel mis à disposition du candidat

- un écran translucide sur lequel figure un segment étalon de longueur spécifiée (en cm) au centième de millimètre près
- une lampe de bureau de faible puissance
- un ordinateur
- un logiciel de traitement d'images pymecavideo et un logiciel de traitement regressi
- un double-mètre ruban + règle métallique de 0,500 m
- une source laser (rouge et vert) sur un support de hauteur réglable
- des lunettes de protection pour l'utilisation du laser
- un support bac optique
- une caméra (webcam) disposée sur un support réglable et reliée à un ordinateur
- un dispositif d'enregistrement de la voix
- fils calibrés de diamètre : 40 μ m 60 μ m 80 μ m 100 μ m et 120 μ m montés sur support de diapositive
- cheveu de diamètre inconnu monté sur support de diapositive

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Obtention de la figure de diffraction (30 minutes conseillées)

A l'aide du matériel mis à disposition et du schéma ci-dessous, mettre en œuvre le montage permettant de modéliser le phénomène de diffraction observé dans un télescope.



Danger
Attention de ne jamais regarder dans la direction du faisceau et faire attention aux multiples réflexions possibles.

- Placer le laser à environ 5 cm de l'objet diffractant.
- Placer l'objet diffractant le plus loin possible de l'écran translucide.
- Placer la caméra à 7 cm derrière l'écran translucide.

APPEL n°1



**Appeler le professeur pour lui présenter le montage
ou en cas de difficulté**



- Procéder à l'acquisition de la figure de diffraction par l'intermédiaire de la caméra.
- Enregistrer la figure de diffraction, avec la meilleure netteté possible dans votre répertoire personnel.
- Avec le logiciel de traitements d'images pymécavideo, définir l'échelle de la figure de diffraction.
- Utiliser l'image traitée pour effectuer la mesure de la **largeur L** de la tache centrale de diffraction obtenue par l'obstacle de **diamètre a** .
- Répéter cette manipulation pour l'ensemble des fils calibrés et le fil de diamètre inconnu.

Noter ci-dessous les résultats obtenus.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter la mesure ou en cas de difficulté	

2. Exploitation des mesures (20 minutes conseillées)

Reporter vos résultats précédents dans le tableur Regressi. Créer la grandeur « inva » qui est l'inverse du diamètre a de l'obstacle calibré.

Créer le graphe $L=f(\text{inva})$ L en fonction de inva. Ecrire l'équation du modèle mathématique proposé par le logiciel :

.....

.....

En expliquant votre démarche, déterminer le diamètre du cheveu.

.....

.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats ou en cas de difficulté	

Défaire le montage et ranger la paille avant de quitter la salle.

TP2 CH16 Les phénomènes ondulatoires

ÉNONCÉ ET ÉVALUATION

NOM :	Prénom :
-------	----------

ÉVALUATION				
Compétences	Niveaux validés			
	A	B	C	D
s'APProprier				
ANALyser				
RÉALiser				
VALider				
Note :		/20		

OBJECTIFS DU SUJET

Tester les conditions d'**interférences** constructives ou destructives à la surface de l'eau dans le cas de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase.

Prévoir les lieux d'interférences constructives et les lieux d'interférences destructives dans le cas des trous d'Young, l'expression linéarisée de la différence de chemin optique étant donnée. Établir l'expression de l'**interfrange**.

Exploiter l'expression donnée de l'interfrange dans le cas des interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.

Capacité numérique : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, la somme de deux signaux sinusoïdaux périodiques synchrones en faisant varier la phase à l'origine de l'un des deux.

CONTEXTE DU SUJET

En feuilletant une revue scientifique, une élève découvre diverses images illustrant les phénomènes d'interférences lumineuses. Très curieuse, elle désire en savoir davantage sur ce phénomène.

Le but de cette épreuve est d'apporter une explication satisfaisante quant à la présence d'irisations sur certaines figures d'interférences.

Document 1 : Figures d'interférences

En 1801, Thomas Young, dans le but de comprendre le comportement de la lumière, fait interférer deux faisceaux de lumière issus d'une même source, en les faisant passer par deux petites fentes percées dans un support opaque. Selon la source utilisée, la figure d'interférences n'est pas la même.

Image n°1: Figure d'interférences en lumière monochromatique

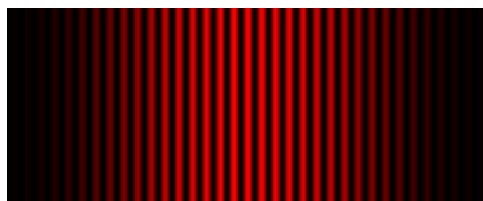
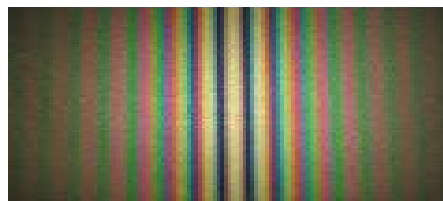


Image n°2 : Figure d'interférences en lumière polychromatique



Document 2 : interfrange et longueur d'onde

Un dispositif de fentes d'Young, éclairé en lumière monochromatique de longueur d'onde λ , permet d'observer une figure d'interférences dont l'interfrange i , distance séparant deux franges brillantes consécutives sur l'écran, est proportionnelle à λ .

Document 3 : images numériques

Un capteur photographique numérique est constitué d'une mosaïque d'éléments sensibles à la lumière associés à des filtres colorés qui tiennent compte de la sensibilité de l'œil humain. Les valeurs approximatives des longueurs d'onde correspondant aux maxima de transmission de chaque filtre sont précisées dans le tableau suivant :

Filtre bleu	Filtre vert	Filtre rouge
$\lambda_{max} = 480 \text{ nm}$	$\lambda_{max} = 550 \text{ nm}$	$\lambda_{max} = 630 \text{ nm}$

Une « image numérique couleur » est un tableau de nombres dans lequel chaque pixel de l'image est codé par trois nombres correspondant l'un à un niveau de rouge, l'autre de vert et le dernier de bleu.



Matériel mis à disposition du candidat :

- une série de fentes d'Young d'écartements différents ;
- une source de lumière blanche ;
- un laser (de longueur d'onde voisine de 650 nm) sur support réglable en hauteur ;
- un écran blanc ;
- un écran translucide ;
- un appareil photographique ou une webcam, disposé(e) sur support réglable en hauteur ;
- un ordinateur muni d'un logiciel de capture d'image et du logiciel de traitement d'image *SalsaJ* ;
- un tableur-grapheur ;
- une notice d'utilisation du logiciel de capture d'image ;
- une notice d'utilisation simplifiée du logiciel *SalsaJ* ;
- une notice d'utilisation simplifiée du tableur-grapheur ;
- un fichier « *interferences_lumiere_blanche.jpg* » dans le répertoire Bibliothèques/ Images

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Interférences en lumière monochromatique (20 minutes conseillées)

1.2. À partir du matériel mis à disposition, proposer le schéma légendé d'un montage permettant d'obtenir une figure d'interférences comparable à l'image n°1 du document n°1 et de capturer l'image numérique de cette figure.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour valider le montage ou en cas de difficulté	

1.3. Après validation par l'évaluateur, faire le montage et les réglages de façon à obtenir une figure d'interférences de bonne qualité.



Capter l'image numérique et l'enregistrer dans le répertoire MES IMAGES (voir annexe)

1.4. En suivant le protocole ci-dessous, déterminer la valeur de l'interfrange i mesurée en pixels.

PROTOCOLE

- Ouvrir le fichier de l'image capturée avec le logiciel *SalsaJ*.
- Cliquer sur l'icône « Sélection rectiligne » et tracer une ligne de coupe perpendiculaire aux franges d'interférences.
- Cliquer sur l'icône « Coupe » afin d'afficher les variations de l'intensité lumineuse sur cette ligne.
- Déterminer, le plus précisément possible, la valeur de l'interfrange i mesurée en pixels.

$i_{\text{rouge}} = \dots\dots\dots$

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter l'image et la détermination de l'interfrange ou en cas de difficulté	

2. Interférences en lumière polychromatique (20 minutes conseillées)

Le montage permettant d'obtenir une figure d'interférences en lumière blanche est beaucoup plus délicat à réaliser.

Une image similaire à l'image n°2, « *interferences_lumiere_blanche.jpg* » a été trouvée sur internet.

2.1. En suivant le protocole ci-dessous, effectuer le traitement de l'image numérisée se trouvant dans le répertoire Bibliothèques/ Images.

PROTOCOLE

Ouvrir le fichier de l'image n°2, nommé « *interferences_lumiere_blanche.jpg* » avec le logiciel *SalsaJ*. Dans le menu « Image », cliquer sur « Couleurs » puis sur « Séparation R/V/B » : on visualise séparément les trois composantes : R (rouge ou red), V (vert ou green) et B (bleu ou blue) de la photographie numérique. Déterminer, **pour la composante verte**, le plus précisément possible, la valeur de l'interfrange i mesurée en pixels. Pour les deux autres composantes, les mesures ont été réalisées et rassemblées dans le tableau ci-dessous. Les valeurs y sont indiquées en pixels.

Compléter le tableau.

i_{bleu}	i_{vert}	i_{rouge}
323 pixels		425 pixels

APPEL n° 3



Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté



2.2. Pourquoi la valeur de l'interfrange i_{rouge} fournie dans le tableau ci-dessus n'est-elle pas la même que celle obtenue à la question 1.3 ?

.....

.....

.....

.....

3. Confrontation avec la loi proposée (20 minutes conseillées)

3.2. À l'aide d'une étude graphique, montrer que les valeurs du tableau sont en accord avec le modèle proposé dans le document 2. Préciser les grandeurs choisies en abscisse et en ordonnée. Décrire le graphe obtenu.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3.3. En interprétant la figure d'interférences en lumière blanche comme la superposition de plusieurs figures d'interférence en lumière monochromatique, expliquer la présence d'irisations sur l'image n°2 du document 1. Justifier la réponse (on pourra faire un dessin avec les couleurs bleu, vert et rouge).

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.

TP4 CH16 Les phénomènes ondulatoires

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte six pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.

Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Le phénomène de diffraction est une des causes qui limitent la résolution des instruments d'optique. Cette limitation peut par exemple être contraignante en astronomie quand on veut identifier des objets petits et éloignés du lieu d'observation avec des lunettes astronomiques ou des télescopes.

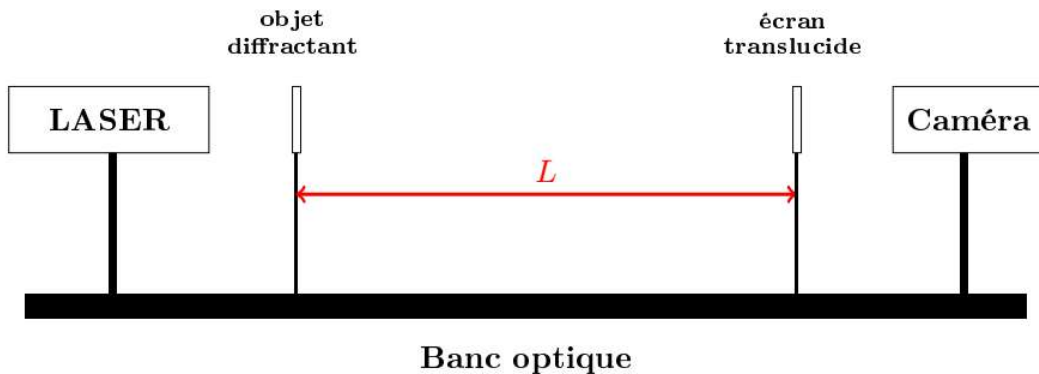
En pratique, l'image d'un point lumineux n'est plus ponctuelle mais correspond à une tache. Cette tache dépend également de la géométrie des différentes parties de l'instrument optique utilisé.

De manière générale, la modélisation du phénomène de diffraction s'effectue en considérant des objets diffractant de forme circulaire afin de prendre en compte les formes des lentilles, des miroirs et des diaphragmes qui limitent le passage du faisceau lumineux dans l'instrument d'observation utilisé.

Le but de cette épreuve est d'étudier le lien entre la diffraction et la limite de résolution d'un instrument d'optique afin de déterminer sous quelles conditions deux masses rocheuses lunaires sont observables depuis la Terre.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

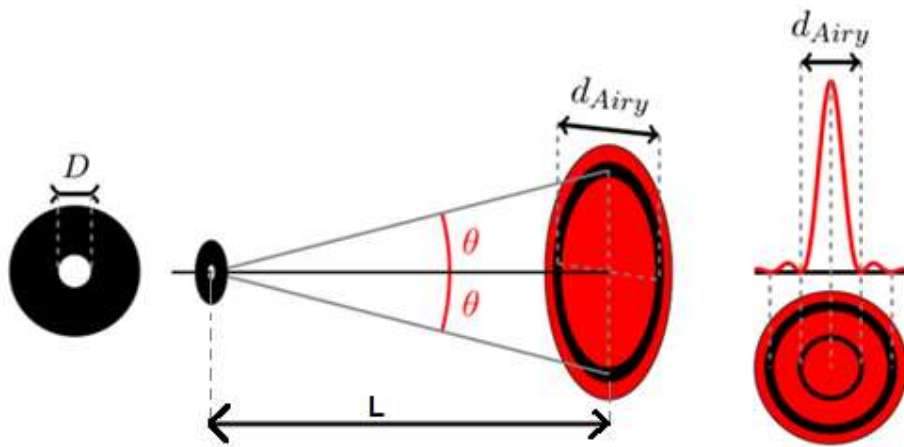
Exemple de dispositif expérimental utilisé en travaux pratiques :



Attention : respecter les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation de sources lumineuses.

Diffraction par une ouverture circulaire et tache d'Airy :

Le résultat de la diffraction de la lumière d'un LASER de longueur d'onde λ par une ouverture circulaire de diamètre D est schématisé ci-dessous.



θ est le demi-angle d'ouverture (ou encore rayon angulaire) et d_{Airy} correspond au diamètre moyen du premier anneau sombre entourant le disque central lumineux.

La tache centrale lumineuse (appelée tache d'Airy) a alors un rayon angulaire θ tel que : $\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{D}$.

Dans l'approximation des petits angles, on peut écrire $\theta = \tan \theta = \frac{d_{Airy}/2}{L} = \frac{d_{Airy}}{2L}$

Le diamètre de la tache d'Airy est donc $d_{Airy} = 1,22 \times \frac{\lambda}{D} \times L$ où L est la distance séparant l'ouverture circulaire et l'écran.

Observation de deux objets, critère de Rayleigh et rayon angulaire :

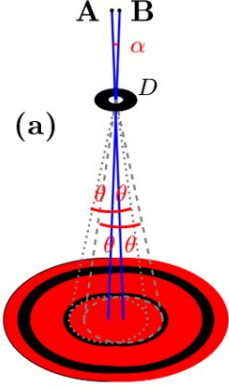
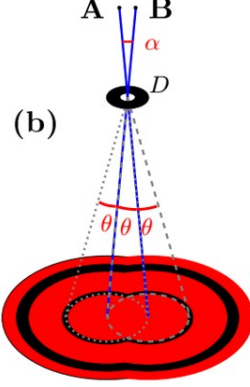
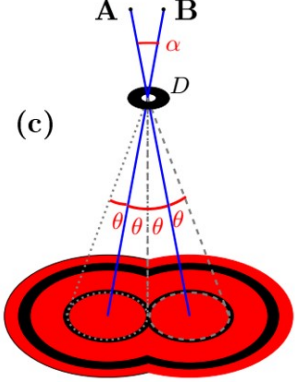
Dans un instrument optique, la lumière est collectée grâce à l'objectif, une ouverture circulaire de diamètre noté D dont la valeur peut varier de plusieurs

A

Soient deux objets **A** et **B** vus depuis la Terre sous un écart angulaire α (voir schéma ci-contre) et observés avec un instrument qui possède un objectif circulaire de diamètre D .

La lumière provenant de chaque objet subit une diffraction à travers cette ouverture. Cela conduit à la formation de deux images associées à des figures de diffraction (taches d'Airy), chacune ayant un rayon angulaire θ .

Les figures ci-après représentent la superposition des figures de diffraction associées à deux objets **A** et **B** pour trois valeurs différentes de l'angle α .

		
<p>Figure (a) $\alpha < \theta$ Les images des deux objets ne peuvent pas être séparées.</p>	<p>Figure (b) $\alpha = \theta$ La limite d'identification visuelle des images des deux objets est atteinte. Ce cas correspond à la limite de validité du critère de Rayleigh.</p>	<p>Figure (c) $\alpha > \theta$ Les images des deux objets sont bien visibles.</p>

Données utiles :

- La longueur d'onde du LASER utilisé est $\lambda = \dots\dots\dots$ nm
- La distance moyenne entre la Terre et la Lune est : $L_{TL} = 384\,400$ km
- Le demi-angle d'ouverture θ d'une figure de diffraction est exprimé en radian. On se place dans le cadre de l'approximation des petits angles c'est-à-dire que $\theta \approx \tan\theta$.
- Exemples de diamètres d'objectifs d'instruments d'observation :

Exemples d'instruments d'observation	Diamètre de l'objectif D (m)
Instruments amateurs usuels	de 0,060 à 0,25
Télescope spatial Hubble / En service depuis 1990 (Remplacement prévu en 2021)	2,4
Télescope Keck (Hawaii) / Deux télescopes principaux	10
Télescope VLT (Very Large Telescope) (Chili) / Quatre télescopes principaux	8

TRAVAIL À EFFECTUER

3. Diffraction par un trou circulaire (30 minutes conseillées)



Mettre en œuvre le montage permettant de visualiser une figure de diffraction en utilisant le matériel et les documents mis à disposition. On pourra suivre les indications ci-dessous.

- Disposer l'objet diffractant de diamètre $D = 200 \mu\text{m}$ à 5 cm du LASER.
- Positionner l'écran translucide à une distance L de l'objet diffractant comprise entre 1,50 m et 2,00 m. Mesurer précisément la valeur de L .

$L = \dots\dots\dots$



- Installer la caméra à environ 8 cm de l'écran translucide et la relier au dispositif d'acquisition.

- Visualiser la figure de diffraction obtenue.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter le montage et la figure de diffraction obtenue ou en cas de difficulté	

- Procéder à l'enregistrement d'une photo exploitable de la figure de diffraction observée. Effectuer cet enregistrement plusieurs fois si nécessaire et choisir l'image possédant la plus grande netteté. On vérifiera que la photo n'est pas surexposée afin de bien visualiser la tache centrale. On pourra pour cela jouer sur l'éclairage ambiant.
- Sauvegarder la figure de diffraction dans le dossier :
- Définir l'échelle grâce au logiciel de traitement d'images disponible.
- Exploiter l'image afin de mesurer la valeur du diamètre d_{Airy} de la tache d'Airy.
- Procéder de la même manière pour les trois autres trous circulaires et noter les valeurs correspondantes dans le tableau ci-dessous :

D (μm)	200	400	800	1200
d_{Airy} (mm)				

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

4. Exploitation des mesures(20 minutes conseillées)

À l'aide du tableur-grapheur et des résultats précédents, tracer la courbe $d_{Airy} = f(1/D)$.

La courbe obtenue est-elle en accord avec l'expression théorique du diamètre d_{Airy} de la tache d'Airy donnée dans les information mises à disposition (page 2) ?

Remarque : une modélisation est attendue.

.....

.....

.....

.....

Comment doit-on choisir la valeur de D pour minimiser la diffraction afin d'optimiser les conditions d'observations ?

.....

.....

.....

.....

En utilisant la modélisation précédente, déterminer la valeur du diamètre de la tâche d'Airy puis en déduire la valeur du demi-angle d'ouverture θ associé à un instrument amateur usuel possédant un objectif de diamètre $D = 0,060$ m.

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats ou en cas de difficulté	

5. Observation du sol lunaire(10 minutes conseillées)

On souhaite observer le sol lunaire avec un instrument d'optique amateur d'objectif de diamètre $D= 0,060$ m.

On suppose que la lumière reçue à la même longueur d'onde que le LASER utilisé dans la partie 1.

Par hypothèse, on ne considère pas les autres causes de limitation de la netteté des images comme le phénomène de turbulence de l'atmosphère terrestre ou encore les défauts éventuels des lentilles et miroirs de l'instrument d'optique.

Conformément au critère de Rayleigh, indiquer s'il est possible de distinguer depuis la Terre, à l'aide de cet instrument d'optique amateur, deux masses rocheuses lunaires **A** et **B** distantes de 1,0 km sachant que l'écart angulaire vaut $\alpha = \frac{AB}{L_{TL}}$

.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Défaire le montage et ranger la pailasse avant de quitter la salle.