

SESSION 2021

CAPLP
CONCOURS EXTERNE et CAFEP
3^{ème} CONCOURS

SECTION : MATHÉMATIQUES – PHYSIQUE-CHIMIE

ÉPREUVE ÉCRITE SUR DOSSIER DE PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 4 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

Thème d'étude : Un peu de physique-chimie autour d'un chantier

Contexte pédagogique du sujet

Le but du sujet est d'étudier différents éléments de physique-chimie en relation avec la thématique d'un chantier de construction, en quatre parties.

Il s'agit, tout d'abord, d'étudier l'éclairage d'un chantier en s'intéressant au groupe électrogène utilisé du point de vue électrique, thermodynamique puis acoustique.

Puis, un accident sans gravité ayant eu lieu avec une voiture de l'entreprise intervenant sur le chantier, le domaine de la mécanique sera étudié aussi, ainsi que les problèmes thermiques associés au système de freinage du véhicule.

Ensuite, comme il s'agit d'un chantier de construction, la dégradation du béton armé sera analysée du point de vue chimique avec l'étude de la carbonatation du matériau, puis du point de vue électrochimique avec l'étude de la corrosion des structures métalliques du béton armé. À cette occasion, des solutions pour lutter contre cette corrosion seront abordées.

Enfin, afin de pouvoir surveiller le chantier à distance, une paire de jumelle de théâtre, constituée de deux lunettes de Galilée identiques, est utilisée. Ce sera l'occasion de s'intéresser aux instruments d'optique. Des problèmes relatifs à la vision seront traités dans le cadre d'une activité d'enseignement qui porte sur le module HS4 du programme mis en œuvre en première du baccalauréat professionnel sous la forme d'un exercice de synthèse. Le chantier étant également l'occasion d'installer la fibre optique, le fonctionnement de celle-ci ainsi que les atténuations prévisibles du signal qui la parcourt seront abordés.

Structure du sujet

Le sujet est structuré autour d'un « dossier documentaire » et d'un « travail à réaliser par le candidat », adaptés à l'enseignement de la physique-chimie en lycée professionnel. Il permet au candidat :

- de montrer sa maîtrise d'un corpus de savoirs disciplinaires et didactiques ;
- de mobiliser ses savoirs dans le but de présenter, analyser et critiquer des solutions pédagogiques répondant à des situations données ;
- de montrer ses capacités à s'approprier et analyser les informations fournies ;
- de montrer sa capacité à communiquer par écrit de manière précise et adaptée, tant dans l'utilisation de la langue française que dans l'utilisation du langage scientifique (utilisation d'un vocabulaire précis et adapté, maîtrise de l'écriture des résultats numériques).

Dossier documentaire

Il est organisé autour de trois collections de documents :

- **collection 1** : documentation scientifique et technique liée au thème du sujet (pages 2 à 7) ;
- **collection 2** : textes réglementaires et officiels (pages 8 à 9) ;
- **collection 3** : documents supports à l'enseignement et productions d'élèves (pages 10 à 11).

Travail à réaliser par le candidat (pages 12 à 20)

Structuré en différentes parties et sous-parties indépendantes les unes des autres, le sujet s'appuie sur un questionnement permettant au candidat de mobiliser des savoirs disciplinaires et didactiques. Les références au « Dossier documentaire » peuvent être précisées ou non dans le questionnement. Le cas échéant, le candidat indique dans ses réponses les références des documents sur lesquels il s'appuie.

Documents-réponses (pages 21 à 23)

Le candidat doit rendre, avec son ensemble de copies, les documents-réponses présents en fin de sujet.

DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 1 : Documentation scientifique et technique

Document 1.1 : Ballon éclairant

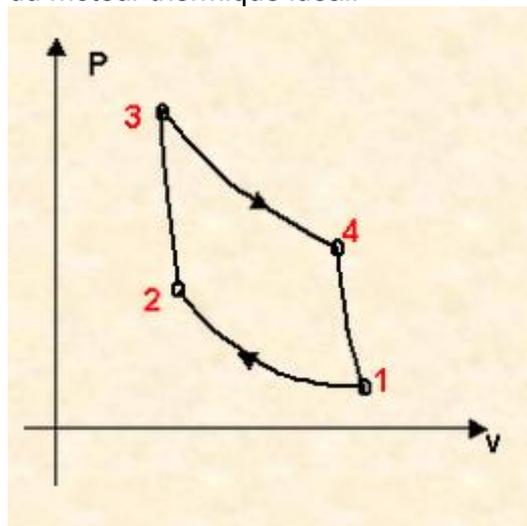


Un ballon éclairant de 2 x 1 000 W est conçu pour offrir une solution d'éclairage simple et efficace. Il est en enveloppe tubulaire, ce qui conduit à plus de lumière sur les zones de travail. Il est parfait pour les sites de construction et il possède un système anti-vibration. Les tensions disponibles sont : 100 – 120 V ou 220 – 240 V / 50 ou 60 Hz.

D'après : dumont.securite.fr

Document 1.2 : Cycle de Carnot

Le cycle (pression P en fonction du volume V) de Carnot est un cycle possédant le rendement maximal, celui du moteur thermique idéal.

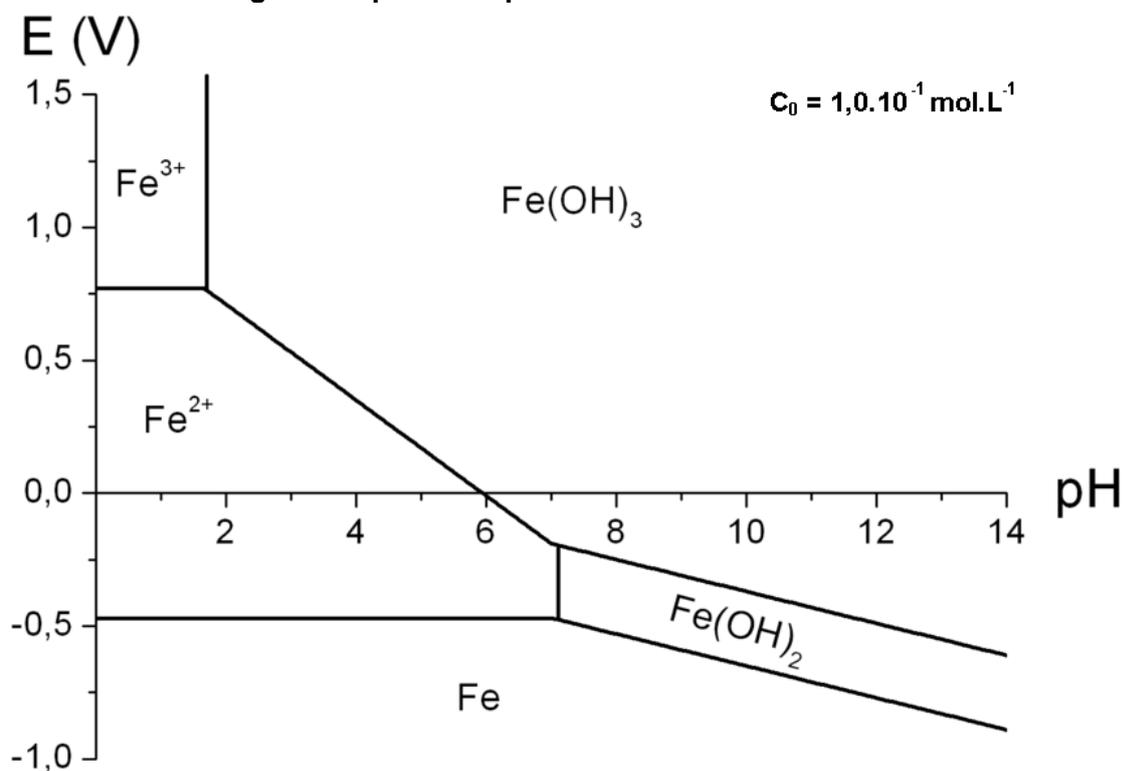


Cycle de Carnot

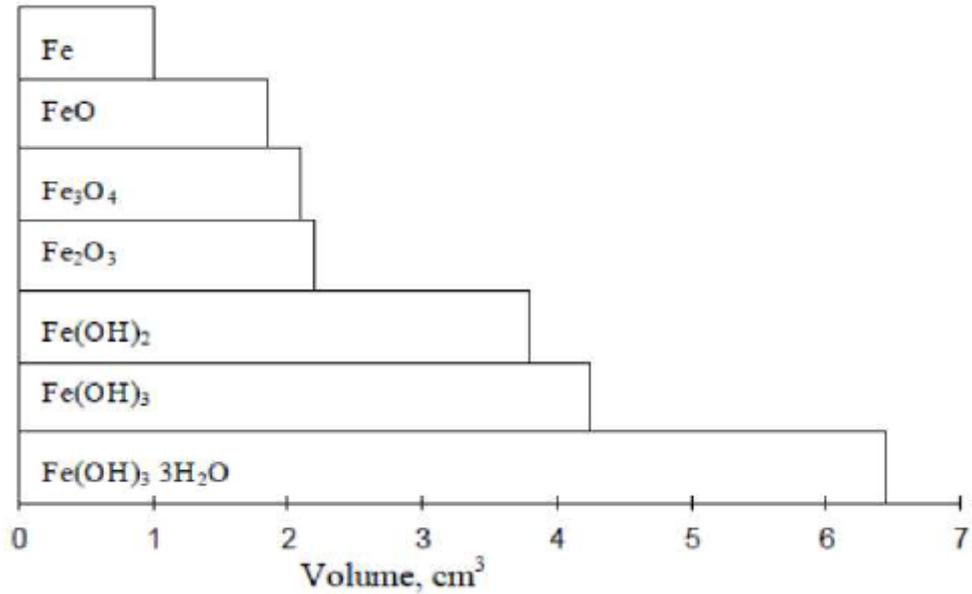
On considère que le fluide mis en jeu obéit à la loi des gaz parfaits.

- Une compression isotherme à T_f (température de la source froide) correspond au passage des étapes 1 à 2 et une détente isotherme à T_c (température de la source chaude) au passage des étapes 3 à 4. Dans ces deux cas-ci : $P.V = n.R.T = \text{constante}$.
- Une compression adiabatique correspond au passage des étapes 2 à 3 et une détente adiabatique au passage des étapes 4 à 1. Dans ces deux cas-là, $P.V^\gamma = \text{constante}$ (loi de Laplace), $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ étant le rapport des capacités thermiques à pression constante et à volume constant.

Document 1.3 : Diagramme potentiel-pH du fer



Document 1.4 : Volume relatif du fer et des produits de corrosion



Source : NGO Viet Duc, Contribution à l'approche probabiliste de la durabilité des structures en béton soumises à la carbonatation, Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, 2015.

Document 1.5 : Protection cathodique des armatures métalliques dans un béton

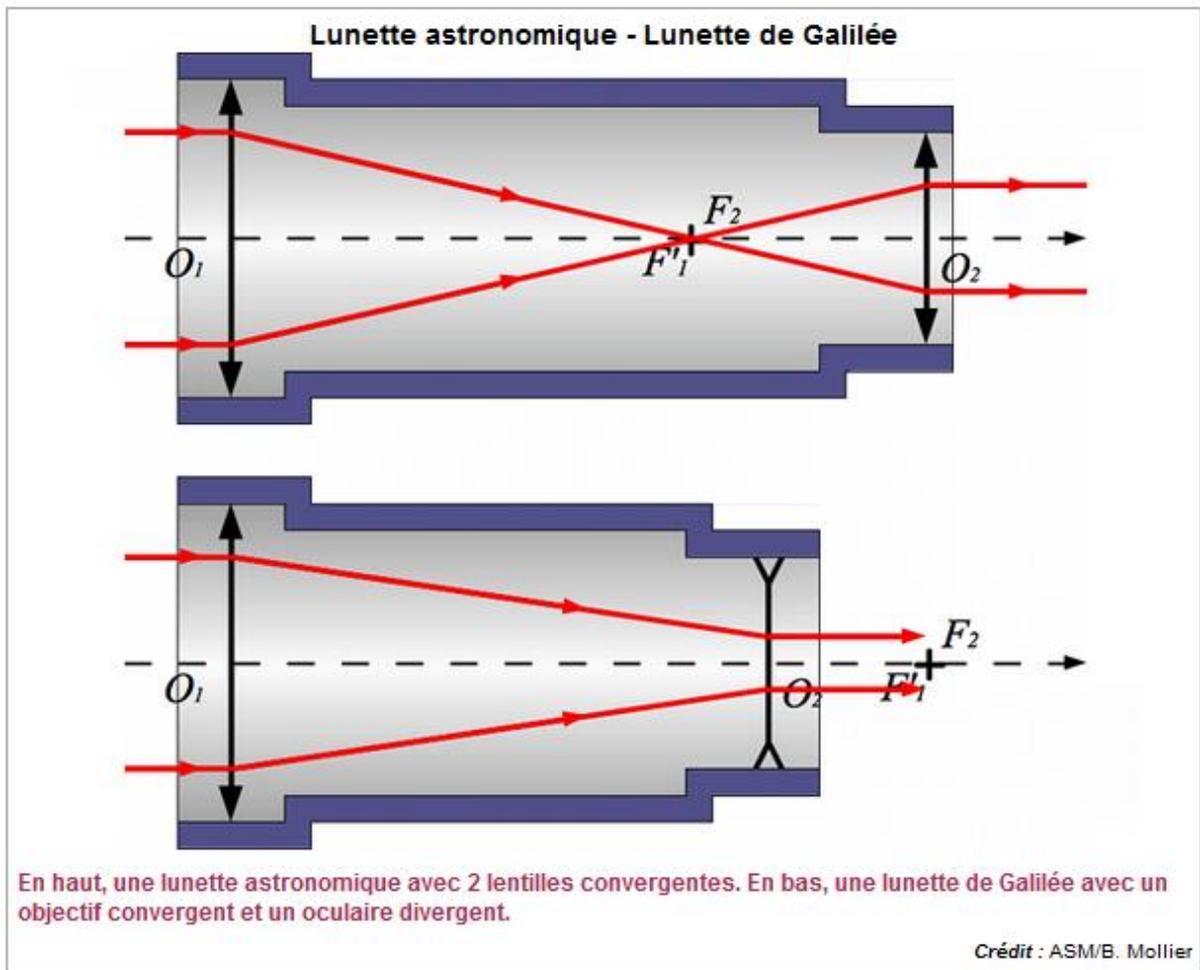


Mise en place du treillis anodique

Source : Groupe de travail AFGC / CEFRACOR, Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion, 2003.

Document 1.6 : Lunette de Galilée

La lunette de Galilée se distingue de la lunette astronomique par la nature de la lentille oculaire. Cette dernière est ici divergente. L'image en sortie sera à l'infini.



- Relation de conjugaison pour une lentille de centre O :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

Avec \overline{OA} repérant la position de l'objet A, $\overline{OA'}$ la position de son image conjuguée A' et f' la distance focale de la lentille.

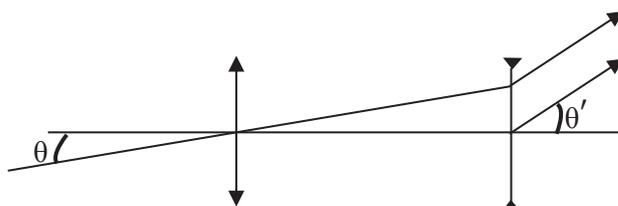
- **Grossissement**

On appelle grossissement G d'un instrument d'optique le rapport $G = \frac{\theta'}{\theta}$.

θ' est l'angle sous lequel on voit l'image donnée par l'instrument.

θ est l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu.

Pour les angles petits et exprimés en radians, $\tan \theta \approx \theta$



Source : media4.obspm.fr

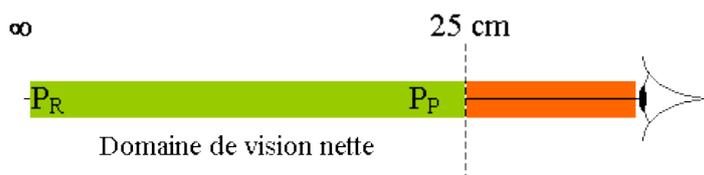
Document 1.7 : Punctum remotum et punctum proximum

Pour un œil ne présentant pas de défaut (emmétrope) et étant au repos (il ne fatigue pas), l'image d'un objet lointain se forme sur la rétine (la profondeur de l'œil est alors égale à la distance focale).

Le punctum remotum, PR, est le point le plus éloigné visible par l'œil au repos (sans accommodation).

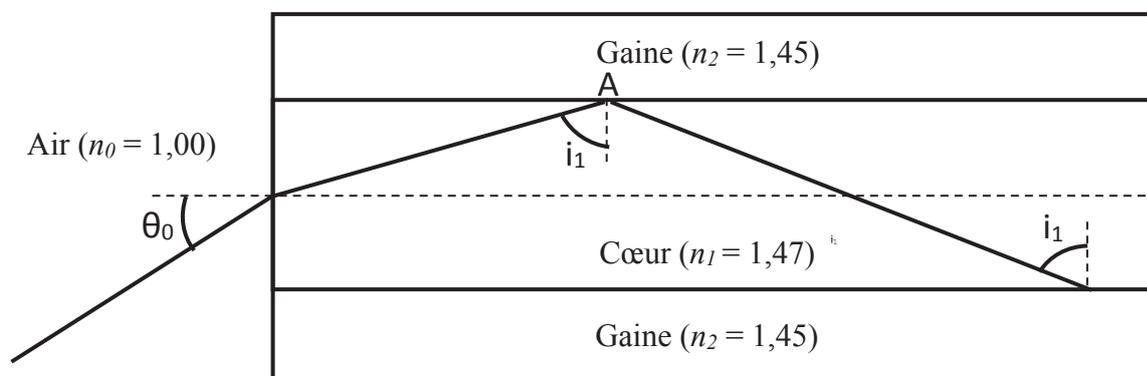
Le punctum proximum, PP, est le point le plus proche visible par l'œil accommodant au maximum.

Pour un œil emmétrope : le PR est à l'infini ; le PP est environ à 25 cm.



Document 1.8 : Propagation de la lumière dans une fibre optique à saut d'indice

La propagation de la lumière dans une fibre optique à saut d'indice est schématisée ci-dessous :



Longueur de la fibre : $L = 4,00 \text{ km}$

Document 1.9 : Fibre optique

1°) Qu'est-ce qu'une fibre optique ?

La fibre optique est actuellement une technique incontournable des nouvelles technologies. Elle a permis la révolution du domaine des télécommunications avec les réseaux de haut débit mais aussi dans le domaine de l'imagerie et plus particulièrement dans l'imagerie médicale.

C'est dans la première moitié du 20^e siècle que la fibre optique commence à être exploitée. Mais il faudra attendre l'utilisation des rayons infrarouges pour que celle-ci fasse son apparition dans les télécommunications.

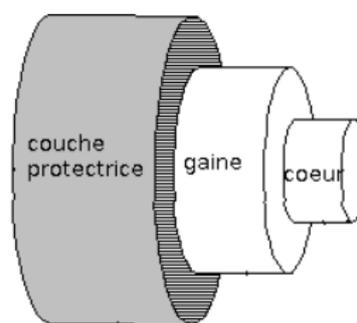
Les avantages de la fibre optique sont nombreux. Tout d'abord la fibre optique permet de transmettre des informations avec un débit élevé. L'atténuation est faible et permet donc un transport sur de longues distances. Mais son avantage le plus représentatif reste son immunité aux perturbations électromagnétiques usuelles. Enfin, la fibre optique permet une liaison discrète et inviolable.

2°) Principe de la fibre optique

La fibre optique fonctionne sur le principe de réflexion et de réfraction de la lumière. C'est un principe simple qui repose sur le changement d'indice à l'interface de deux milieux.

À partir d'un certain rapport entre les indices, le rayon est totalement réfléchi et n'est plus du tout réfracté. On appelle l'angle limite de réfraction, l'angle critique.

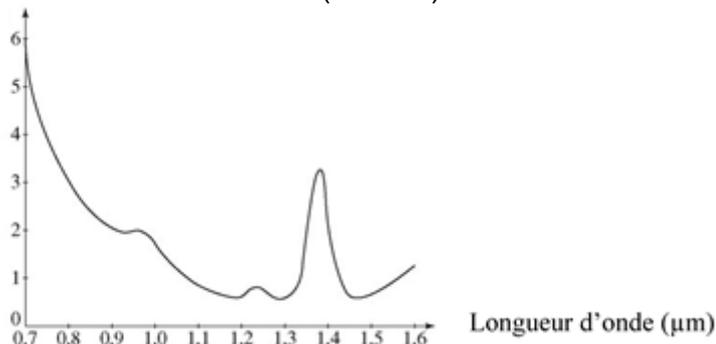
Dans la fibre optique, la lumière est ainsi confinée dans le cœur de la fibre optique par la gaine qui possède un indice inférieur à celui du cœur.



3°) Coefficient d'atténuation et longueur d'onde

La lumière lorsqu'elle se propage le long de la fibre, s'atténue progressivement. Le coefficient d'atténuation s'exprime par une valeur en décibels par kilomètre (dB.km⁻¹). Il dépend de la longueur d'onde de la lumière et des matériaux en présence.

Coefficient d'atténuation α (dB.km⁻¹) des fibres en silice



L'atténuation de la fibre est le rendement exprimé en décibels sous la forme :

$A(\text{dB}) = 10 \log \left(\frac{P_0}{P_1} \right)$, avec P_0 la puissance à l'entrée de la fibre et P_1 la puissance à la sortie.

Pour une fibre optique de longueur L (en km), on définit le coefficient d'atténuation en dB.km⁻¹ par : $\alpha = \frac{A(\text{dB})}{L}$

On admet que le signal de sortie est exploitable tant que sa puissance de sortie P_1 est au moins égale à 1 % de la puissance d'entrée P_0 .

D'après soudeuse-optique.com

DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 2 : Textes réglementaires et officiels

Document 2.1 : Extraits du B.O. spécial n°2 du 19 février 2009 Programmes d'enseignement de mathématiques et de sciences physiques et chimiques pour les classes préparatoires au baccalauréat professionnel

HS 4	COMMENT PEUT-ON ADAPTER SA VISION ?	Cycle terminal Tronc commun
1. Comment peut-on améliorer sa vision ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
<p>Identifier une lentille convergente.</p> <p>Déterminer expérimentalement le foyer image d'une lentille convergente et sa distance focale.</p> <p>Réaliser un montage en étant capable de positionner une lentille convergente par rapport à un objet pour obtenir une image nette sur l'écran.</p> <p>Déterminer, à l'aide d'un tracé à l'échelle, la position et la grandeur de l'image réelle d'un objet réel à travers une lentille convergente.</p> <p>Appliquer les relations de conjugaison et de grandissement.</p>	<p>Savoir que l'œil peut être modélisé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une lentille mince convergente ; - un diaphragme ; - un écran adapté. <p>Connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les éléments remarquables d'une lentille mince convergente (axe optique, centre optique O, foyer principal objet F, foyer principal image F', distance focale) ; - le symbole d'une lentille convergente. <p>Savoir que la vergence caractérise une lentille mince.</p> <p>Savoir que la vergence est reliée à la distance focale par une relation (formule et unités données).</p> <p>Connaître la différence entre une image réelle et une image virtuelle.</p>	<p>Réalisation d'une modélisation de l'œil à l'aide du matériel optique : banc optique, lentille mince convergente, diaphragme, écran.</p> <p>Etude expérimentale des formules de conjugaison.</p> <p>Etude documentaire : phénomène d'accommodation ; rôle du cristallin, de la cornée et de l'humeur vitrée, distances maximale et minimale de vision nette, mise en relation entre l'acuité visuelle et la vergence , ...</p>
SL 4	COMMENT VOIR CE QUI EST FAIBLEMENT VISIBLE A L'ŒIL NU ?	Cycle terminal Tronc commun
1. Comment obtient-on une image à l'aide d'une lentille convergente ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
<p>Identifier une lentille convergente.</p> <p>Déterminer expérimentalement le foyer image d'une lentille convergente et sa distance focale.</p> <p>Réaliser un montage en étant capable de positionner une lentille convergente par rapport à un objet pour obtenir une image nette sur l'écran.</p> <p>Déterminer, à l'aide d'un tracé à l'échelle, la position et la grandeur de l'image réelle d'un objet réel à travers une lentille convergente.</p> <p>Appliquer les relations de conjugaison et de grandissement.</p>	<p>Connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les éléments remarquables d'une lentille mince convergente (axe optique, centre optique O, foyer principal objet F, foyer principal image F', distance focale) ; - le symbole d'une lentille convergente. <p>Savoir que la vergence caractérise une lentille mince.</p> <p>Savoir que la vergence est reliée à la distance focale par une relation (formule et unités données).</p> <p>Connaître la différence entre une image réelle et une image virtuelle.</p>	<p>Recherche des foyers images et objet d'une lentille convergente.</p> <p>Utilisation d'un logiciel permettant de construire l'image d'un objet, de visualiser la position et la taille de l'image en fonction de la position de l'objet.</p>

**GRILLE NATIONALE D'ÉVALUATION
EN MATHÉMATIQUES ET
EN SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES**

NOM et Prénom :	Diplôme préparé :	Séquence d'évaluation ¹ n°
-----------------	-------------------	---------------------------------------

1. Liste des capacités, connaissances et attitudes évaluées

Capacités	
Connaissances	
Attitudes	

2. Évaluation²

Compétences ³	Capacités	Questions	Appréciation du niveau d'acquisition ⁴
S'approprier	Rechercher, extraire et organiser l'information.		
Analyser Raisonner	Émettre une conjecture, une hypothèse. Proposer une méthode de résolution, un protocole expérimental.		
Réaliser	Choisir une méthode de résolution, un protocole expérimental. Exécuter une méthode de résolution, expérimenter, simuler.		
Valider	Contrôler la vraisemblance d'une conjecture, d'une hypothèse. Critiquer un résultat, argumenter.		
Communiquer	Rendre compte d'une démarche, d'un résultat, à l'oral ou à l'écrit.		
			/ 10

DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 3 : documents supports à l'enseignement et productions d'élèves

Document 3.1 : Activité de synthèse pour le module HS4

Partie A

Madame Jivoiflou porte des lunettes avec le même verre à gauche et à droite. Malheureusement, sur le trajet du chantier, lors d'un petit choc en voiture ses lunettes se sont cassées. Vous récupérez un morceau du verre et vous devez déterminer sa vergence afin de pouvoir lui acheter une des paires de lunettes de substitution dans une pharmacie.



Problématique : Comment déterminer expérimentalement la distance focale du verre ?

1. Vous disposez sur la table d'une lentille identique à celle du verre de madame Jivoiflou.

a. S'agit-il d'une lentille convergente ou d'une lentille divergente ? Argumenter votre réponse.

La lentille est convergente car elle a 2 faces convexes.....

b. Proposer un protocole expérimental simple (sans matériel supplémentaire) permettant d'évaluer la distance focale image f' de cette lentille.

Je réalise l'image du rétro de la salle et je mesure la distance entre l'image et la lentille.....

c. Réaliser le protocole et mesurer la distance focale f' de cette lentille.

$$f' = \dots 0,19 \dots \text{m}$$



Appel 1 : appeler le professeur pour lui expliquer votre démarche

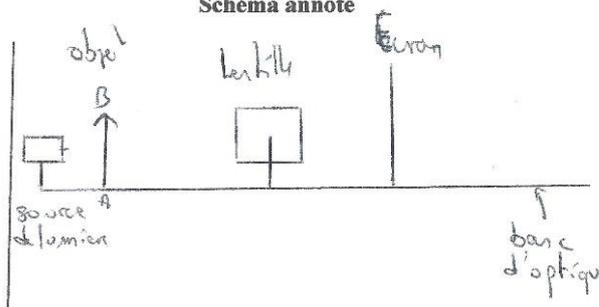
2. Nous souhaitons maintenant déterminer la distance focale de façon plus précise en utilisant le banc d'optique et une partie du matériel posé sur la table.

a. Proposer un protocole expérimental et un schéma annoté permettant de déterminer précisément la distance focale de la lentille.

Protocole

Prendre un banc d'optique.....
Mettre une source de lumière parallèle
Placer un objet devant la source
Placer une lentille convergente et un écran
Faire l'image nette de l'objet.....

Schéma annoté



Appel 2 : appeler le professeur pour lui expliquer votre démarche

b. Réaliser votre protocole et déterminer la distance focale image de la lentille.

$$f' = \dots 0,20 \dots \text{m}$$

c. En déduire la vergence de la lentille en dioptries (on rappelle que la vergence en dioptries est donnée par la formule $V = 1/f'$ où f' est la distance focale en mètres).

$$V = \dots 5 \dots \delta$$

3. A partir des résultats précédents, quelle paire de lunettes de l'annexe allez-vous acheter à Madame Jivoiflou ? Justifier votre réponse.

Madame Jivoiflou choisira la 3^e paire de lunettes.

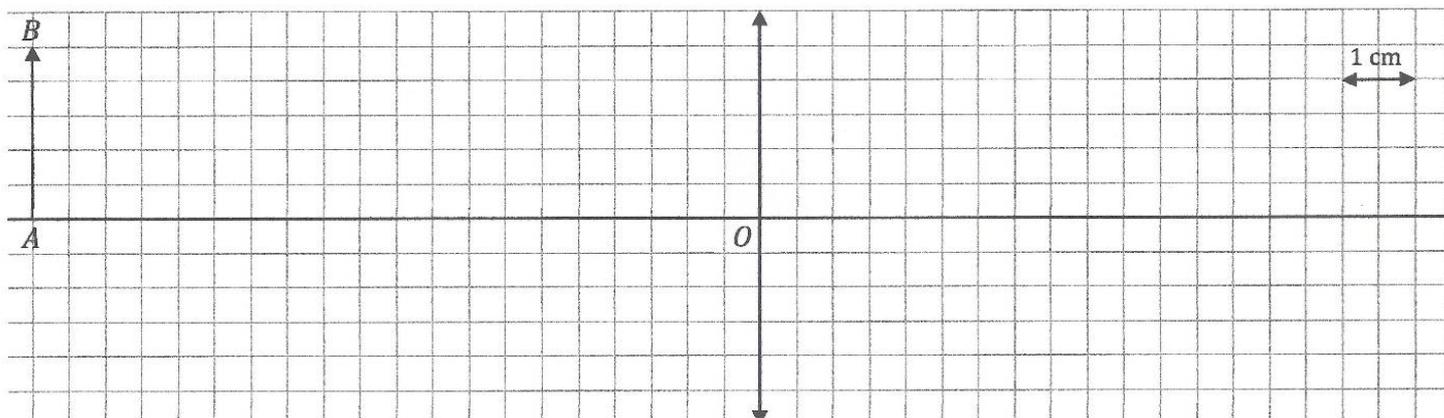
Partie B

Le schéma ci-dessous utilise une lentille de même vergence que dans la partie A.

1. Placer les foyers F et F' puis construire l'image $A'B'$ de AB .



Échelle : 1 cm sur le schéma \Leftrightarrow 5 cm dans la réalité



2. En utilisant la formule du grandissement ($\gamma = \frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB}$), calculer $\overline{A'B'}$.

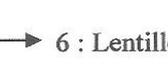
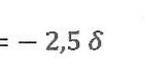
.....

3. Comparer la valeur de $\overline{A'B'}$ calculée avec sa valeur issue du graphique.

.....

ANNEXE

Lunettes de substitution :

- | | | |
|---|---|---|
| 1 : Lentille convergente $V = 2,5 \delta$ |  | 6 : Lentille divergente $V = -2,5 \delta$ |
| 2 : Lentille convergente $V = 3,3 \delta$ |  | 7 : Lentille divergente $V = -3,3 \delta$ |
| 3 : Lentille convergente $V = 5 \delta$ |  | 8 : Lentille divergente $V = -5 \delta$ |
| 4 : Lentille convergente $V = 6,7 \delta$ |  | 9 : Lentille divergente $V = -6,7 \delta$ |
| 5 : Lentille convergente $V = 10 \delta$ |  | 10 : Lentille divergente $V = -10 \delta$ |

TRAVAIL A REALISER PAR LE CANDIDAT

Partie A : Groupe électrogène pour l'éclairage sur un chantier

Partie A1 : Étude électrique d'un ballon éclairant

Lors d'un chantier de nuit, ou l'hiver, il faut prévoir un éclairage suffisamment efficace pour pouvoir travailler dans les meilleures conditions possibles. Un ballon éclairant, alimenté par un groupe électrogène, (**document 1.1**) permet la diffusion d'une lumière douce et puissante.

1. Rappeler la relation entre puissance électrique P , énergie E et durée Δt . Préciser les unités.
2. Rappeler la relation entre puissance électrique P , tension U , intensité du courant I et facteur de puissance $\cos \phi$ en régime sinusoïdal. Préciser les unités. Combien vaut $\cos \phi$ dans le cas d'une lampe ?
3. Le groupe électrogène délivre une tension identique à celle du réseau, $U = 230 \text{ V}$, et alimente une des lampes du ballon de puissance $P = 1\,000 \text{ W}$. Calculer l'intensité I du courant électrique qui traverse cette lampe.
4. Quelles sont les précautions à prendre du point de vue du risque électrique lors de l'utilisation d'un groupe électrogène ?

Partie A2 : Étude du moteur du groupe électrogène

On considère le cycle d'un moteur thermique idéal (**document 1.2**).

5. Exprimer les travaux et les chaleurs reçus par le moteur et ses variations d'énergie interne lors des deux transformations isothermes en fonction de variables d'état de son choix (par exemple, les volumes et les températures aux points 1, 2, 3 et 4). Préciser le signe de chaque grandeur.
6. Exprimer les travaux et les chaleurs reçus par le moteur et ses variations d'énergie interne lors des deux transformations adiabatiques en fonction de variables d'état de son choix (par exemple, les seules températures T_f , température de la source froide, et T_c , température de la source chaude). Préciser le signe de chaque grandeur.
7. En déduire, pour l'ensemble du cycle, la chaleur totale reçue Q_{cycle} et le travail total reçu W_{cycle} en fonction de variables d'état imposées cette fois : les quatre volumes et les deux températures T_c et T_f . On peut remarquer, en le justifiant, que $W_{(2-3)} + W_{(4-1)} = 0$.
8. Définir le rendement thermodynamique d'un moteur et montrer que celui du cycle de Carnot peut s'écrire :
$$\eta = 1 - \frac{T_f \cdot \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{T_c \cdot \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)}$$
9. Lors des transformations adiabatiques, montrer que l'on peut écrire la loi de Laplace sous une autre forme, $T^{\frac{1}{\gamma-1}} \times V = \text{constante}$. En déduire l'expression de η en fonction uniquement de T_f et de T_c .

10. Calculer la valeur numérique du rendement thermodynamique du cycle de Carnot en prenant $T_f = 300\text{ K}$ et $T_c = 2\,500\text{ K}$.

Un extrait du site internet du constructeur du groupe électrogène est reproduit ci-après :
« Le groupe électrogène délivre au maximum 5 500 W et est alimenté par un moteur à essence de 9,55 kW. Lorsque le groupe électrogène est utilisé à $\frac{2}{3}$ de sa puissance nominale (ce qui donne 3 667 W), le moteur consomme 2,5 L de carburant à l'heure et, compte tenu des pertes thermiques inévitables dans les moteurs à combustion interne, il en résulte un rendement global $\frac{\text{énergie électrique délivrée}}{\text{énergie fournie par le carburant}}$ n'excédant pas 17 %. ».

11. On fait l'hypothèse que le groupe électrogène décrit ci-dessus fonctionne suivant un cycle de Carnot. On prendra pour cela les valeurs numériques des températures de la question 10., un taux de compression $\frac{V_1}{V_2} = 7$, la pression au point 1 $P_1 = 10^5\text{ Pa}$ et $\gamma \approx 1,40$. Calculer les pressions aux points 2 et 3 P_2 et P_3 . Conclure quant à la vraisemblance de ce modèle.

On donne :

$$d_{\text{octane}} = 0,703$$

$$M_H = 1,0\text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_C = 12,0\text{ g.mol}^{-1}$$

12. En considérant que le carburant est formé uniquement d'octane, calculer la quantité de matière de carburant correspondant à une consommation d'une heure du moteur du groupe électrogène fonctionnant à $\frac{2}{3}$ de sa puissance nominale.

13. Écrire la réaction de combustion complète de l'octane.

On donne :

$$\Delta H_{f(298), \text{octane gazeux}}^0 = -208,52\text{ kJ.mol}^{-1} ;$$

$$\Delta H_{f(298), \text{dioxygène gazeux}}^0 = 0\text{ kJ.mol}^{-1} ;$$

$$\Delta H_{f(298), \text{dioxyde de carbone gazeux}}^0 = -393,52\text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{f(298), \text{eau gazeux}}^0 = -241,8\text{ kJ.mol}^{-1}$$

14. En déduire l'enthalpie standard molaire de combustion totale de l'octane.

15. En déduire l'énergie libérée par la combustion du carburant en une heure.

16. Calculer le travail électrique fourni par le groupe électrogène fonctionnant à $\frac{2}{3}$ de sa puissance nominale en une heure.

17. Calculer le rendement global du groupe électrogène. Commenter cette valeur par rapport à celle annoncée par constructeur du groupe électrogène.

Partie A3 : Étude acoustique du groupe électrogène

Les résultats donnés par le constructeur concernant le niveau d'intensité sonore correspondent à une mesure à 7 m de l'appareil. Si un ouvrier doit être plus près du groupe électrogène, il faut en tenir compte.

18. Donner la relation entre le niveau d'intensité sonore L , l'intensité sonore I et l'intensité sonore de référence I_0 . Préciser les unités.

19. Donner la relation entre l'intensité sonore I , la puissance acoustique P et la surface S parcourue par l'onde sonore. Préciser les unités.

On donne $I_0 = 10^{-12}$ SI.

20. Un groupe électrogène est décrit par le fabricant comme silencieux avec un niveau d'intensité sonore de 54 dB à 7 m. Calculer son niveau d'intensité sonore à 1 m du groupe électrogène ainsi qu'à 50 m, distance des premières habitations. Conclure sur les précautions à prendre pour son utilisation.

Partie B : Accident de la voiture de société

Une voiture de société a eu un accrochage sans gravité pour ses occupants, mais on observe que le pare-chocs avant est abîmé. « *Les voitures sont bien moins solides qu'il y a une vingtaine d'années* » entend-on sur le chantier.

Partie B1 : Étude mécanique d'un accident de la circulation

Le véhicule se déplace sur une route rectiligne parfaitement horizontale.

21. Donner l'expression de l'énergie cinétique de la voiture de masse m et de vitesse constante v .

22. Roulant à cette vitesse constante v , le conducteur s'aperçoit d'un danger à une certaine de mètres devant lui. Sachant que sa durée de réaction avant de commencer à freiner est Δt , donner l'expression de la distance parcourue, notée d_0 , pendant ce temps par la voiture.

23. Estimer cette distance pour une vitesse v de 50 km.h⁻¹ et une durée de réaction Δt de 1,0 s. Commenter.

24. Écrire le théorème de l'énergie cinétique dans le cas d'un freinage à force constante F permettant au véhicule de s'arrêter au bout d'une distance supplémentaire d .

25. Estimer la valeur de F si on souhaite que la voiture, de masse m égale à une tonne, évite de justesse le choc.

26. Commenter le réalisme de la situation étudiée en fonction des valeurs choisies pour les différentes grandeurs.

Malheureusement, le temps réel de réaction est cette fois nettement plus grand et, l'obstacle ne pouvant pas être évité, un choc a lieu.

27. L'évolution des structures des pare-chocs des véhicules au cours de ces cinquante dernières années fait que ceux-ci se déforment plus facilement désormais, ce qui permet d'absorber mieux l'énergie cinétique du véhicule. En faisant l'analogie du pare-chocs avec un ressort de raideur k , expliquer dans quel sens k a évolué en cinquante ans.

28. On note x l'enfoncement du pare-chocs par rapport au véhicule lors du choc contre un obstacle fixe et v_1 la vitesse du véhicule au moment de l'impact. Établir l'expression liant x , v_1 , m et k dans le cadre de e modèle très simplifié.

29. $v_1 = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. En déduire la valeur de k pour avoir uniquement des dégâts matériels au niveau du pare-chocs avant, c'est-à-dire pour un enfoncement maximum de 10 cm.

Partie B2 : Étude thermique d'un système de freinage du véhicule

30. Comment expliquer que le système de freinage s'échauffe lorsque l'on freine ? Utiliser un raisonnement faisant intervenir les énergies.

On note C la capacité thermique équivalente du système de freinage.

31. Faire un bilan énergétique au niveau du système de freinage et relier l'augmentation de température ΔT des freins à la vitesse initiale v de la voiture lors du freinage complet.

32. Que se passe-t-il au niveau du système de freinage si sa température devient trop élevée ? Quelle est la conséquence pour le véhicule ?

33. La capacité calorifique massique de la fonte est de $500 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. On considère que le système de freinage est globalement constitué de 10 kg de fonte. Évaluer l'augmentation de température du système de freinage dans le cas d'un freinage complet de la voiture roulant à $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ sur l'autoroute.

34. Commenter la valeur obtenue.

35. Comment modifier le système de freinage afin de limiter l'élévation de température ?

Partie C : Dégradation du béton armé

Le chantier se propose de rénover des parties de structures en béton armé ayant subi des dégradations au cours du temps. Nous allons voir dans cette partie certaines causes de cette dégradation ainsi que quelques méthodes de rénovation.

Partie C1 : Étude des réactions acido-basiques dans le béton

La carbonatation des bétons est une des causes de la corrosion des structures métalliques du béton armé. Elle résulte de l'action naturelle du dioxyde de carbone de l'atmosphère, qui diffuse sous forme gazeuse dans le réseau poreux du béton et se dissout en formant de l'acide carbonique au contact de la solution aqueuse interstitielle.

36. Donner l'équation de la réaction de formation de l'acide carbonique H_2CO_3 .

37. Les deux couples acido-basiques relatifs à l'acide carbonique sont $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$, associés respectivement aux constantes d'acidité K_{a1} et K_{a2} . Donner

l'expression de K_{a1} et de K_{a2} en fonction des concentrations des acides et bases conjugués de chaque couple.

On donne $pK_{a1} = 6,35$ et $pK_{a2} = 10,3$.

38. Donner le diagramme de prédominance des deux couples acido-basiques.

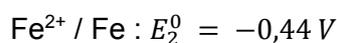
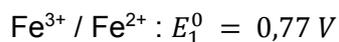
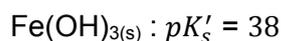
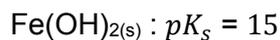
Le déséquilibre ionique de la solution aqueuse interstitielle conduit à son tour à la dissolution des hydrates du ciment, et notamment de la portlandite Ca(OH)_2 qui possède un effet tampon sur le pH, et à la formation de calcite CaCO_3 .

39. Le pH initial d'un matériau sain est de 13. Donner l'équation de la réaction entre l'acide carbonique et la portlandite. Pourquoi la portlandite a-t-elle un effet tampon ?

Partie C2 : Étude de la corrosion des armatures métalliques d'un béton armé

Lorsque la portlandite, principale source de basicité de la solution aqueuse interstitielle, a été en grande partie consommée, le pH chute à une valeur inférieure à 9, permettant ainsi la dépassivation des armatures en acier et le démarrage de la corrosion dans certaines conditions d'humidité et d'accessibilité de l'oxygène aux sites réactifs.

On donne :



À la température T considérée, $\frac{R.T}{F} \ln(10)$ vaut environ 0,06 V, R et F étant les constantes des gaz parfait et de Faraday.

40. Donner les expressions des constantes de dissociation K_s et K'_s en fonction des concentrations des espèces concernées. Calculer le pH de précipitation de l'hydroxyde de fer II ainsi que celui de l'hydroxyde de fer III pour une concentration de tracé C_1 du diagramme potentiel – pH de $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.

41. Donner l'expression du potentiel E en fonction du pH pour le couple $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$ et une concentration de tracé de $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$. On distinguera au besoin plusieurs zones de pH .

42. Donner l'expression du potentiel E en fonction du pH pour le couple $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ et une concentration de tracé de $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$. On distinguera au besoin plusieurs zones de pH .

43. Le diagramme potentiel- pH du fer trouvé sur un site Internet (**document 1.3**) a été construit avec une concentration de tracé de $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Compléter ce diagramme sur le **document réponse 1** - à rendre avec la copie - pour une concentration de tracé de $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.

44. Commenter. Expliquer en particulier pourquoi lorsque le pH diminue, on peut observer une dépassivation des armatures en acier.

45. Une corrosion a lieu sur les barres qui constituent l'armature métallique dans le béton armé lorsque le processus de carbonatation du matériau atteint ces mêmes barres. Il y a alors formation de "micro-piles" d'oxydo-réduction au sein de la structure. Les couples à prendre en compte sont $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}_{(s)}$ et $\text{O}_{2(g)} / \text{HO}^-$. En supposant que la couche de passivation constitue une électrode en Zone 1, indiquer sur le schéma du **document réponse 2** - à rendre avec la copie - où sont l'anode et la cathode en le justifiant. Préciser également où sont les pôles + et - de la micro-pile et donner l'équation globale de corrosion au niveau d'une barre métallique de l'armature lorsque le béton n'est pas trop dégradé ($\text{pH} > 9,5$).

46. Les volumes relatifs du fer et des produits de corrosion sont donnés dans le **document 1.4**. Quels sont les conséquences sur le béton armé dont la structure métallique est soumise à la corrosion ?

La protection cathodique des armatures métalliques dans un béton est un traitement appliqué de façon permanente qui permet de ralentir, voire d'arrêter leur corrosion (**document 1.5**). Le principe de la protection cathodique consiste à polariser l'armature dans le béton, à l'aide d'une anode placée de façon permanente sur le parement ou parfois dans l'enrobage. Le courant de polarisation, qui circule de l'anode vers l'armature, se situe entre 2 et 50 mA par mètre-carré de surface d'armature. L'anode est directement reliée à l'armature.

47. L'anode est en zinc. Le couple à prendre en compte est : $\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}_{(s)}$. L'autre couple mis en jeu est : $\text{O}_{2(g)} / \text{HO}^-$. En considérant des barres verticales en zinc de 10 mm de diamètre et de 6 m de long placées dans le béton et espacées de 20 cm, déterminer la masse maximale de zinc perdue par corrosion dans le treillis anodique en une année sur un mur de 6 m de hauteur et 10 m de longueur.

On donne $M_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ g. mol}^{-1}$ et $F = 9,65. 10^4 \text{ C. mol}^{-1}$.

Commenter la valeur trouvée sachant que la masse volumique du zinc est de $7,13.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

La peinture des ouvrages de génie civil a pour but de contribuer à la protection du béton.

48. L'acétate de vinyle $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{O}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{O}$ est un monomère utilisé dans les peintures vinyliques. Afin d'avoir une meilleure idée de la géométrie de cette molécule, en donner la formule topologique.

49. L'acétate de polyvinyle est utilisé comme adhésif et dans les peintures à séchage rapide. Donner la formule topologique de ce polymère.

50. Pourquoi un film étanche permet-il d'augmenter la durabilité du béton armé ?

Partie D : Observation du chantier

Partie D1 : Comment peut-on améliorer sa vision ?

51. Énoncer le principe de Fermat pour l'optique géométrique.

52. En déduire le mode de propagation des rayons lumineux dans les milieux homogènes.

Dans le cadre de son enseignement sur le module HS4 en première baccalauréat professionnel (**document 2.1**), un enseignant propose l'activité de synthèse qui se trouve dans le **document 3.1** et qui sera évaluée avec la grille nationale (**document 2.2**).

53. En se basant sur la seule partie A du **document 3.1**, compléter le **document réponse 3**

- à rendre avec la copie - en remplissant la liste des capacités à évaluer ainsi que les numéros des questions relevant de la compétence Réaliser.

54. Proposer des améliorations de la rédaction de cette partie A.

55. En utilisant la méthode son choix, répondre à la question 2 de la partie B.

56. Cet exercice peut-il être utilisé pour une évaluation certificative ? Justifier la réponse.

Partie D2 : Étude de la lunette de Galilée

Afin de pouvoir surveiller le chantier à distance, Madame Jivoiflou achète une paire de jumelles de théâtre constituée de deux lunettes de Galilée identiques, d'axes optiques parallèles, dont le fonctionnement est donné dans le **document 1.6**.

Nous n'étudierons dans la suite qu'une seule jumelle constituée d'un objectif et d'un oculaire. Les caractéristiques sont les suivantes :

- L'objectif est constitué d'une lentille L_1 de focale image $f'_1 = 0,20$ m.
- L'oculaire est constitué d'une lentille L_2 de focale image $f'_2 = -20$ mm.
- On observe un objet AB de hauteur $h = 0,60$ m situé à la distance $D = 200$ m dont A est sur l'axe optique et B dans une direction perpendiculaire.
- Une molette de réglage permet de déplacer l'oculaire par rapport à l'objectif.
- L'oculaire est placé tel que $\overline{O_1O_2} = 0,17$ m.
- La notice indique un grossissement de 10.

L'œil de l'observateur est supposé emmétrope (cf. **document 1.7**).

Dans cette partie, on considérera que les axes optiques des deux lentilles sont confondus et orientés positivement vers l'œil, et on négligera l'épaisseur des lentilles (lentilles dites minces).

57. Préciser si les lentilles utilisées pour l'objectif et pour l'oculaire sont convergentes ou divergentes.

58. Les lentilles sont utilisées dans les conditions de l'approximation de Gauss. Quelles sont ces conditions ?

59. Les lentilles sont traitées pour limiter les aberrations chromatiques de l'image. À quoi sont dues ces aberrations chromatiques ?

60. Déterminer la position de l'image A' de A donnée par la seule lentille L_1 . On pourra par exemple calculer $\overline{O_1A'}$. Ce résultat était-il prévisible ?

61. Cette image est-elle réelle ou virtuelle ?

62. Calculer la taille de l'image $A'B'$. L'image est-elle droite ou renversée ?

63. L'image précédente sert d'objet pour la deuxième lentille. Construire l'image $A'B'$ de AB par la lentille L_1 puis l'image $A''B''$ de $A'B'$ par la lentille L_2 sur le **document réponse 4** - à rendre avec la copie -.

- 64.** Déterminer par le calcul la position de l'image A'' de A' donnée par la lentille L₂. On pourra, par exemple, donner la distance algébrique $\overline{O_2A''}$. L'image est-elle réelle ou virtuelle pour l'ensemble de la lunette ?
- 65.** Sachant que l'œil est situé à 1,5 cm de l'oculaire, l'image est-elle nette pour l'observateur avec ce réglage ?
- 66.** Calculer la taille de l'image A''B''. Dans quel sens est-elle ?
- 67.** La molette sur la jumelle permet de déplacer la lentille L₂ (oculaire) par rapport à la lentille L₁ (objectif). Où faut-il placer O₂ pour avoir une image A''B'' rejetée à l'infini ? On pourra, par exemple, donner la nouvelle distance algébrique $\overline{O_1O_2}$.
- 68.** Pourquoi parle-t-on de système afocal dans ce cas ? Préciser l'avantage d'un tel système pour l'œil.
- 69.** Donner l'expression algébrique du grossissement G de ces jumelles en fonction de f'_1 et f'_2 . Le calculer. Le résultat est-il conforme aux données de la notice ?

Partie E : Raccordement du chantier à la fibre optique

En application de la loi du 6 août 2015 pour la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques, le raccordement à la fibre optique devient obligatoire lorsque des travaux sont réalisés en logements collectifs ou dans un édifice accueillant des locaux professionnels. Une entreprise réalise donc le câblage du chantier avec une fibre optique longue de 4 km.

Partie E1 : comment fonctionne une fibre optique ?

70. Lors d'une séance de cours, un élève, ayant lu l'article du **document 1.9** sur internet, pose à son professeur les deux questions suivantes :

- Qu'est-ce que le principe de réflexion et de réfraction de la lumière ?
- Pourquoi le rayon est-il totalement réfléchi et n'est plus du tout réfracté ?

Proposer une réponse à chacune de ces deux questions.

71. En utilisant le **document 1.8**, calculer la valeur minimale de l'angle i_1 permettant d'avoir une réflexion totale en A.

72. On définit l'ouverture numérique de la fibre optique, qui caractérise le cône d'acceptance de la fibre, par $ON = \sin(\theta_{0max})$, θ_{0max} étant la valeur maximale de θ_0 pour qu'il y ait réflexion totale. Montrer que $ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ et calculer sa valeur.

73. Calculer la vitesse de propagation de la lumière dans le cœur de la fibre d'indice n_1 .

74. En déduire le temps mis par la lumière pour arriver au bout de la fibre dans le cas où $i_1 = 85^\circ$.

Partie E2 : Atténuation dans la fibre optique

La lumière utilisée pour transmettre les informations est un laser de longueur d'onde $\lambda = 800 \text{ nm}$.

75. En utilisant le graphe du 3°) du **document 1.9**, déterminer le coefficient d'atténuation correspondant à ce laser.

76. Calculer le rapport $\frac{P_0}{P_1}$.

77. En déduire si les signaux qui arrivent sur le chantier sont exploitables.

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPLP de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFE	1315J	102	0725

► **Concours externe du CAFEP/CAPLP de l'enseignement privé :**

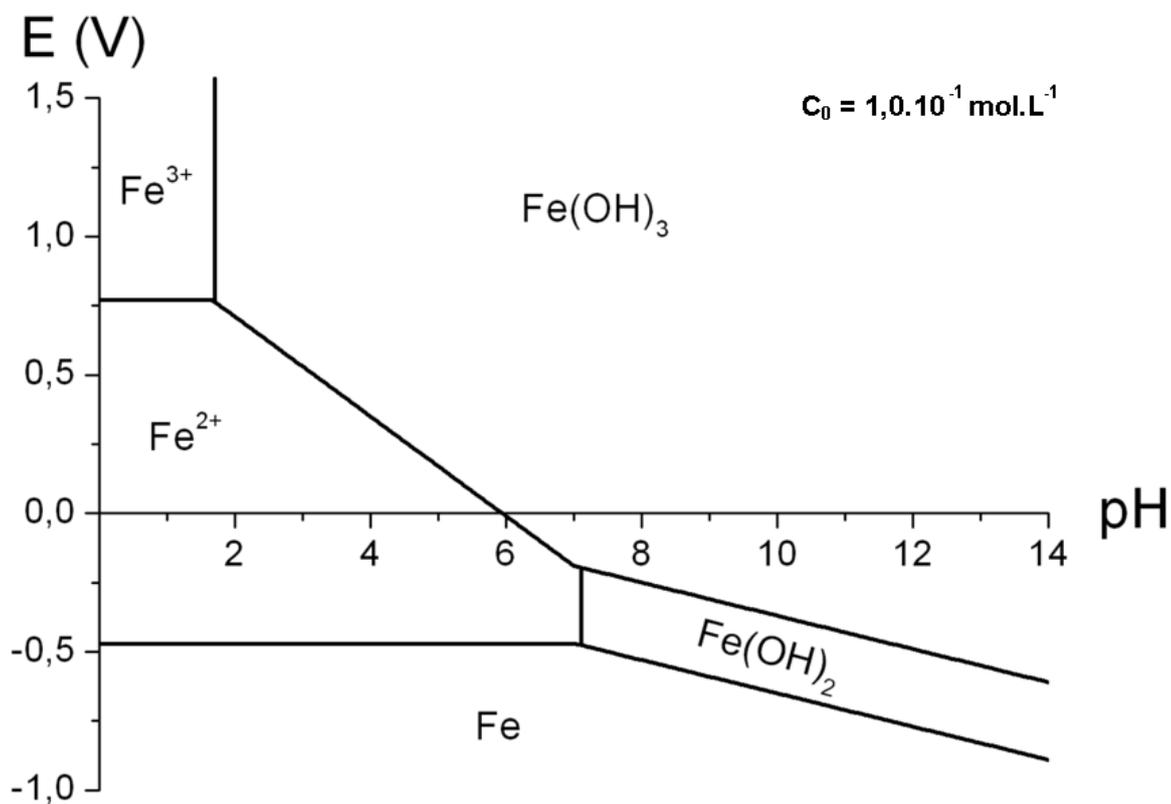
Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFF	1315J	102	0725

► **3^{ème} Concours du CAPLP :**

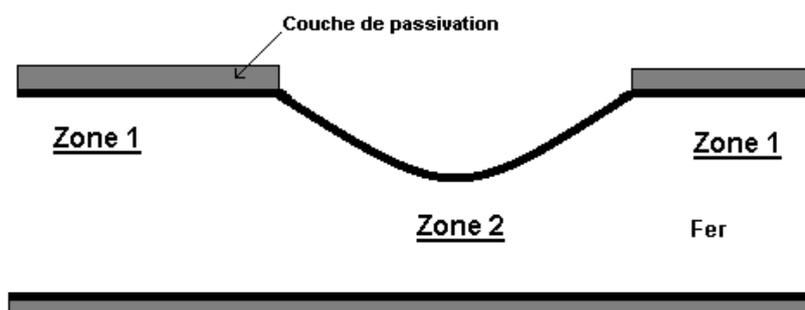
Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFV	1315J	101	0725

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document réponse 1 : Diagramme potentiel-pH du fer



Document réponse 2 : "Micro-pile" sur une barre métallique de béton armé



Document réponse 3 : Grille nationale d'évaluation en mathématiques et en sciences physiques et chimiques

GRILLE NATIONALE D'ÉVALUATION EN MATHÉMATIQUES ET EN SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES		
NOM et Prénom :	Diplôme préparé :	Séquence d'évaluation n°

1. Liste des capacités, connaissances et attitudes évaluées

Capacités	
Connaissances	Les éléments remarquables d'une lentille mince convergente (axe optique, centre optique O, foyer principal objet F, foyer principal image F', distance focale) ; le symbole d'une lentille convergente. Connaître la différence entre une image réelle et une image virtuelle.
Attitudes	Le sens de l'observation. Le goût de rechercher et de raisonner. L'esprit critique vis à vis de l'information disponible.

2. Évaluation

Compétences	Capacités	Questions	Appréciation du niveau d'acquisition		
			0	2	
S'approprier	Rechercher, extraire et organiser l'information.	A3			/1,5
Analyser Raisonner	Émettre une conjecture, une hypothèse. Proposer une méthode de résolution, un protocole expérimental.	A1b A2a			/ 2
Réaliser	Choisir une méthode de résolution, un protocole expérimental. Exécuter une méthode de résolution, expérimenter, simuler.				/ 2
Valider	Contrôler la vraisemblance d'une conjecture, d'une hypothèse. Critiquer un résultat, argumenter.	A1a			/ 1,5
Communiquer	Rendre compte d'une démarche, d'un résultat, à l'oral ou à l'écrit.	A1a A1c (appel1) A2a (appel2) A4			/ 3
			/ 10		

Document réponse 4 : Tracé des rayons lumineux (le schéma n'est pas à l'échelle)

