



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2010

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
DES MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL
OPTION MÉTIERS DU SON**

**ÉPREUVE E3 :
SCIENCES PHYSIQUES**

ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

OPTION MÉTIERS DU SON

La qualité et la clarté de la rédaction sont prises en compte dans l'attribution de la note.
Il est impératif de respecter les notations de l'énoncé.

Le candidat devra en outre traiter dans l'ordre les questions au sein d'un exercice.

Le sujet porte sur l'étude de différents systèmes audiovisuels présents au sein d'un stade.

Les trois parties sont indépendantes.

La partie 1 porte sur l'optique et la photométrie.

La partie 2 traite de l'électricité et de l'électronique.

La partie 3 concerne l'acoustique.

PARTIE 1 - OPTIQUE ET PHOTOMÉTRIE :

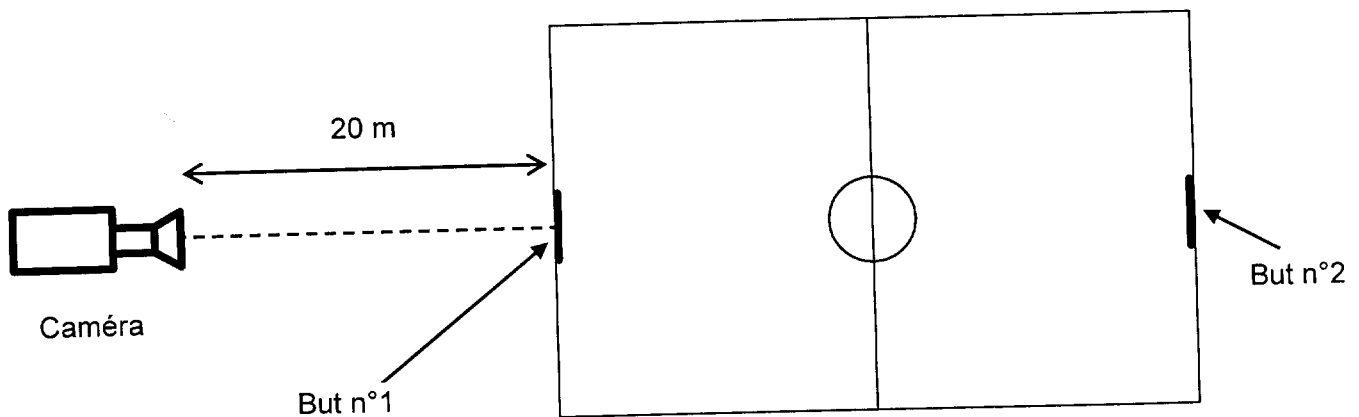
Les exercices A et B sont indépendants

A - ÉTUDE D'UNE CAMÉRA ET DE L'ÉCLAIRAGE DU STADE

Une caméra (capteur 2/3 de pouce en format 16/9 : 9,6 x 5,4 mm) est placée dans les tribunes dans l'axe des buts.

Données :

- Largeur du but : 7,32 m.
- Distance entre l'objectif de la caméra et le but n°1 : 20 m.
- Dimensions de la pelouse : 105 x 68 m.



- 1.1 - Calculer la distance focale f_1 de l'objectif de la caméra permettant d'obtenir plein cadre le premier but dans le plan horizontal.
- 1.2 - Calculer la distance focale f_2 de l'objectif pour cadrer dans les mêmes conditions le deuxième but.
- 1.3 - Les nouvelles réglementations de l'UEFA et de la FFF recommandent un niveau d'éclairage moyen de 1400 lux sur la pelouse qui mesure 105 m x 68 m. Le stade est équipé de projecteurs étanches équipés de lampes à iodure métallique de 2 kW d'efficacité lumineuse $K = 80 \text{ lm.W}^{-1}$. On considère que 70 % du flux émis arrive sur la pelouse.
Calculer le flux total Φ nécessaire et le nombre de projecteurs qui en découle.

B - ÉTUDE D'UN PROJECTEUR D'APPOINT

Un projecteur d'appoint est utilisé pour éclairer le point presse où sera réalisé les interviews.

Il est équipé d'une lampe HMI de 400 W (efficacité lumineuse $K = 70 \text{ lm.W}^{-1}$).

Une lentille de 200 mm de diamètre et de focale 300 mm autorise 2 réglages : position flood ou spot, la distance lampe – lentille, notée d variant alors de 15 cm à 25 cm.

On supposera dans cet exercice la lampe ponctuelle et son rayonnement isotrope.

- 1.4** - Calculer le flux total Φ_T émis par la lampe seule puis l'intensité lumineuse I_1 générée par la lampe seule.
- 1.5** - On place à l'arrière de la lampe un réflecteur tel que les rayons partant vers l'arrière sont réfléchis vers l'avant : la lumière est alors émise dans un demi espace défini par une demi sphère. Trouver une relation entre la nouvelle intensité I_2 et celle sans réflecteur I_1 . (par la suite on considèrera $I_2 = 4460 \text{ cd}$).
- 1.6** - La source étant supposée ponctuelle, prolonger sur les figures 1 et 2 du document réponse DR1, les rayons extrêmes du faisceau issu de la source (S) et sortant du projecteur (délimité par les bords de la lentille).
- 1.7** - Suivant la position de la source (S), seule une partie du flux total émis va frapper la lentille donc sortir du projecteur : ce flux est appelé flux utile Φ_u .

Les calculs permettant de calculer Φ_u ont été effectués dans le tableau ci-dessous pour la position spot.

	SPOT	FLOOD
u en degré	21,8	
Ω en stéradian	0,45	
Φ_u en lumen	2004	4706

(u étant le demi-angle sous lequel la source S voit la lentille (voir figure 1 document réponse DR1) et Ω l'angle solide correspondant).

Rappel : Formule permettant de calculer l'angle solide Ω embrassé par un cône de demi-angle au sommet α (voir figure 3) : $\Omega = 2\pi (1 - \cos \alpha)$.

Détailler les calculs de u , Ω et Φ_u pour la position flood.

On montre que le faisceau sortant du projecteur a une forme de cône de $\frac{1}{2}$ angle au sommet (voir figure 3) égale à $\alpha_{\text{SPOT}} = 4$ degrés et $\alpha_{\text{FLOOD}} = 18$ degrés.

- 1.8** - En utilisant les valeurs de la question précédente, en déduire la valeur de l'intensité lumineuse dans chacune des 2 positions spot (I_S) et flood (I_F), et les comparer.

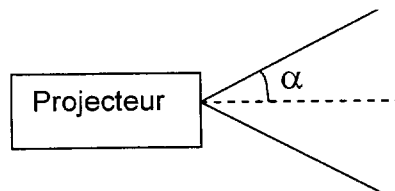


Figure 3

PARTIE 2 - ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE :

Les exercices A et B sont indépendants

A - ALIMENTATION DES ÉCLAIRAGES DU STADE

L'éclairage du stade nécessite une forte alimentation électrique. Elle est fournie par une ligne haute tension de 20000 V entre phases. À l'entrée du stade un transformateur triphasé réduit la tension à 400 V entre phases et peut fournir 200 A par phase.

2.1 - Quel est l'intérêt de transporter l'énergie électrique sous haute tension ? Justifier.

Étude du triphasé.

On rappelle les équations des 3 tensions simples entre phase et neutre (exprimées en volt) :

$$v_1(t) = 325 \sin(\omega t) \qquad v_2(t) = 325 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \qquad v_3(t) = 325 \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

2.2 - Quelle valeur de tension représente les 325 V ? Calculer la valeur efficace notée, V. Rappeler le nom et l'unité de ω , puis calculer sa valeur sachant que la fréquence est de 50 Hz.

2.3 - Sur le document réponse DR2, représenter sur une figure de Fresnel les 3 vecteurs associés aux 3 tensions simples entre phase et neutre.

2.4 - Mesurer graphiquement la tension composée entre 2 phases. En déduire la relation entre la tension simple et la tension composée.

2.5 - Calculer la puissance apparente nominale S_n disponible en sortie du transformateur triphasé.

B - PRISE DE SON AUDIO

La prise de son AUDIO est assurée par un enregistreur numérique. Celui-ci échantillonne à $f = 48$ kHz et quantifie sur 16 bits.

2.6 - Déterminer la fréquence maximale admissible du signal audio afin de respecter la règle de Shannon. Que se passe-t-il si le signal dépasse cette fréquence ?

2.7 - Quel montage faut-il placer à l'entrée du CAN pour éviter ce défaut ?

2.8 - Calculer le rapport signal sur bruit de quantification.

2.9 - Déterminer l'espace de stockage nécessaire en octets pour enregistrer les 2 h de l'évènement en stéréo.

PARTIE 3 - ACOUSTIQUE :

Les exercices A1, A2, B1 et B2 sont indépendants

A - ÉTUDE DES SYSTÈMES DE SONORISATION DU STADE

Le stade de football est également très utilisé pour la diffusion de concert de rock.

Afin que les auditeurs perçoivent la même intensité sonore quelque soit leur emplacement, les constructeurs proposent des systèmes de sonorisation comportant des associations d'un grand nombre d'enceintes.

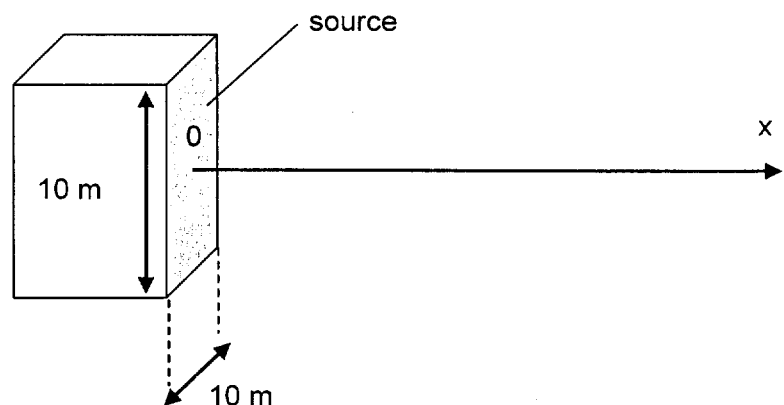
Données :

- Vitesse de propagation du son dans l'air : $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$.
- Intensité acoustique au seuil d'audition : $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$.
- On rappelle que l'intensité acoustique d'une onde à travers une surface S peut s'écrire : $I = \frac{P}{S}$.

Où P est la puissance acoustique (en watt) et S la surface (en m^2).

A1 - ÉTUDE D'UN MUR D'ENCEINTES

Lors d'un concert les techniciens ont installé un système de sonorisation constitué d'un mur de 72 enceintes formant un carré de 10 mètres de côté :



Le fabricant assure que ce système crée une onde plane de dimension 10 m par 10 m.

On suppose que ce système fonctionne à une fréquence $f = 200 \text{ Hz}$.

La puissance acoustique totale fournie par le mur d'enceinte vaut : $P = 10 \text{ W}$.

La forme générale de l'onde de pression s'écrit : $p(x,t) = p_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$.

- 3.1 - Calculer la longueur d'onde λ de cette onde.
- 3.2 - Quels sont le sens et la direction de propagation de l'onde ? Justifier.
- 3.3 - Donner l'expression de l'onde au niveau de la source notée $p_1(t)$.
- 3.4 - Donner l'expression de l'onde à la distance $x = \lambda$ notée $p_2(t)$.
- 3.5 - Quelle est donc la distance entre deux plans d'ondes vibrant en phase ?
- 3.6 - Calculer les intensités acoustiques I_1 et I_2 fournies par le mur d'enceintes à 10 m puis à 20 m de la source. Déterminer les niveaux de pressions acoustiques L_1 et L_2 correspondants. Conclusion ?
- 3.7 - Pour une distance supérieure à 40 m, le constructeur annonce que l'onde produite par le système devient sphérique. Montrer que pour une telle onde le niveau L décroît de 6 dB lorsque la distance est doublée par rapport à la source.
- 3.8 - Pour $x = 40 \text{ m}$, on donne $L_3 = 110 \text{ dB}_{\text{SPL}}$. Calculer le niveau L_4 pour une distance de 60 m par rapport à la source.

A2 - ÉTUDE D'UN SYSTÈME LINE SOURCE

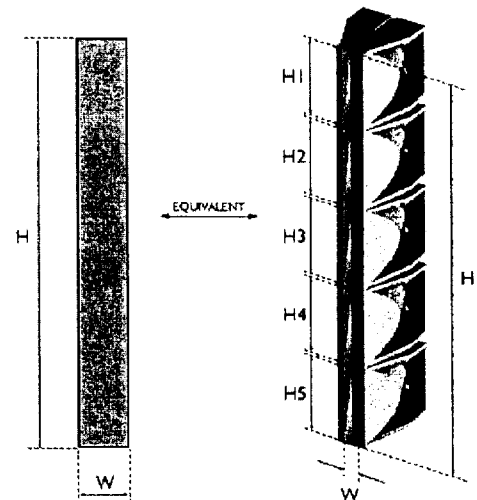
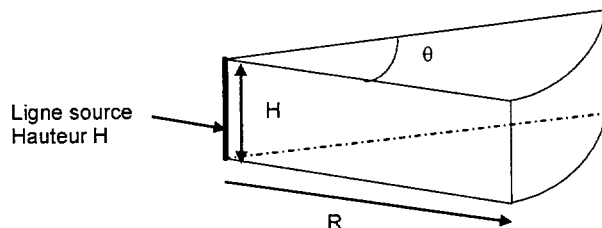
Le mur d'enceinte étudié précédemment ne peut pas créer des ondes planes pour des fréquences supérieures à 250 Hz.

Afin de créer une couverture sonore la plus uniforme possible sur une large plage de fréquences les constructeurs ont mis au point un système constitué d'un assemblage de plusieurs sources sonores appelé ligne source.

La ligne source est composée de 5 sources rectangulaires. L'ensemble forme une ligne acoustique de hauteur H et de largeur W :

On note P la puissance acoustique délivrée par une telle source.

La ligne source crée des surfaces d'onde formées d'un tronçon de cylindre de hauteur H et de rayon R (voir figure ci-dessous).



Dans ce cas, l'intensité acoustique à une distance R de la source s'écrit sous la forme : $I = \frac{B}{R}$ où B est une constante.

- 3.9** - En déduire que le niveau de pression acoustique L en dB_{SPL} décroît de 3 dB lorsque l'on double la distance par rapport à la source.
- 3.10** - Quel est l'avantage de créer une onde cylindrique plutôt qu'une onde sphérique pour un système de diffusion sonore ?
- 3.11** - Le constructeur annonce qu'il existe une distance limite, d_{lim} à partir de laquelle l'onde cylindrique se transforme en onde sphérique.

On donne $d_{\text{lim}} = \frac{3}{2} H^2 f \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3Hf}\right)^2}$ avec :

- d_{lim} en mètre,
- H la hauteur de la ligne source en mètre,
- f la fréquence en kilohertz.

3.11.a - La ligne source a une hauteur $H = 5,4$ m et fonctionne pour des fréquences comprises entre 63 Hz et 16 kHz.

Calculer les distances limites pour les deux fréquences extrêmes.

3.11.b - Un spectateur est placé à 50 mètres dans l'axe de la ligne source. Le niveau sonore perçu par cet auditeur sera-t-il plus élevé dans les « graves » ou dans les « aigus » ? Justifier.

B - ÉTUDES ACOUSTIQUE DE LA SALLE DE CONFERENCE DE PRESSE

À l'intérieur du stade de football une salle est réservée pour les conférences de presse.

La salle est parallélépipède et a pour dimension $12 \times 10 \times 3$ mètres.

Le plafond est recouvert d'un crépi.

Les murs sont en béton lisse. Le sol est recouvert d'une moquette.

Les orateurs sont amplifiés à l'aide d'une enceinte de facteur de directivité $Q = 2$.

Données :

matériaux	Coefficients d'absorption moyen α
Crépi	0,4
Moquette	0,3
Béton lisse	0,05

On suppose que la théorie de Sabine est applicable. On donne alors :

- Le temps de réverbération en seconde : $T_R = \frac{0,16 V}{A}$ où V est le volume de la salle (en m^3) et A son pouvoir d'absorption (en m^2).
- Le niveau d'intensité acoustique pour le son direct à la distance d par rapport à la source :

$$L_{ID} = L_W + 10 \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi d^2} \right) \quad (\text{formule n}^\circ 1)$$

Où L_W est le niveau de puissance acoustique de la source.

- Le niveau d'intensité acoustique pour le son réverbéré : $L_{IR} = L_W + 10 \log_{10} \left(\frac{4}{A} \right)$ (formule n°2)

B1 - ÉTUDE DE LA SALLE VIDE

3.12 - Rappeler la définition du temps de réverbération T_R donné par la formule de Sabine.

3.13 - Calculer le temps de réverbération T_R de la salle vide.

3.14 - Montrer que la distance critique s'écrit : $d_c = \sqrt{\frac{QA}{50}}$

3.15 - On donne pour la salle vide $A_1 = 91 m^2$. Calculer la distance critique d_{c1} de la salle vide.

3.16 - On souhaite que le niveau réverbéré dans la salle vide soit $L_{IR1} = 70 \text{ dB}_{SPL}$.
Calculer la valeur du niveau de puissance acoustique L_W que doit délivrer le haut parleur.

B2 - ÉTUDE DE LA SALLE PLEINE

Le pouvoir d'absorption de la salle est maintenant : $A_2 = 120 m^2$.

Le haut parleur fournit toujours le même niveau de puissance acoustique $L_W = 83 \text{ dB}$.

3.17 - Calculer la nouvelle valeur d_{c2} de la distance critique dans ces conditions.

3.18 - Calculer la nouvelle valeur du niveau réverbéré dans la salle L_{IR2} .
Comment faudra-t-il procéder pour obtenir un niveau réverbéré de 70 dB_{SPL} ?

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : MVSSP
Page : 7/8

SESSION 2010

Durée : 3 H
Coefficient : 2

DOCUMENTS RÉPONSES
(à rendre obligatoirement avec la copie)

DOCUMENT-RÉPONSE DR1

NE RIEN ÉCRIRE

S en position spot (d = 25cm)

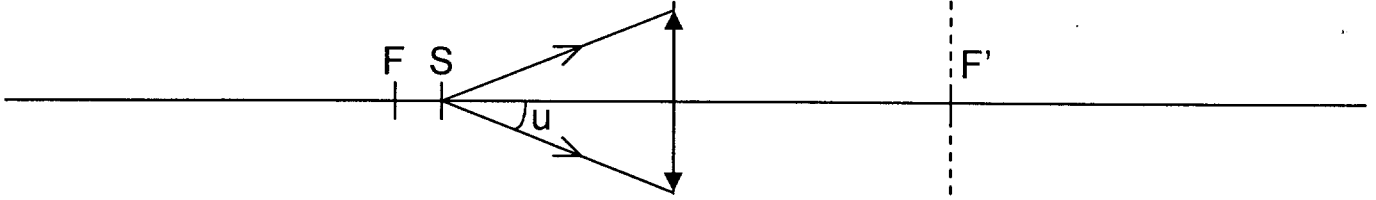


Figure 1

S en position flood (d = 15cm)

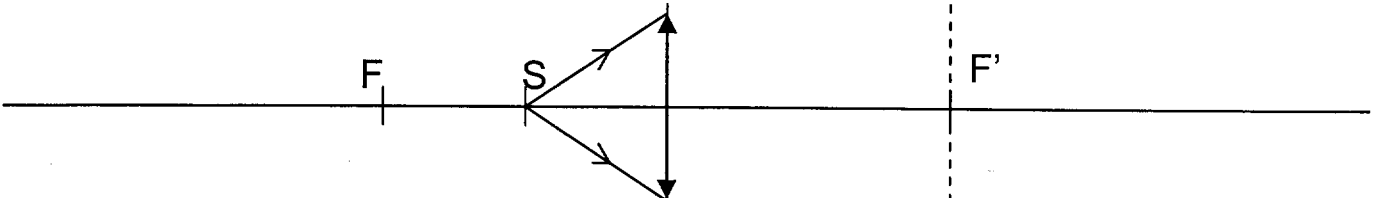


Figure 2

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : MVSSP
Page : 8/8

SESSION 2010

Durée : 3 H
Coefficient : 2

DOCUMENTS RÉPONSES (SUITE)
(à rendre obligatoirement avec la copie)

DOCUMENT-RÉPONSE DR2

REPRÉSENTATION DE FRESNEL DES 3 TENSIONS SIMPLES

Échelle : 1cm \Leftrightarrow 50 V

