

BTS METIERS DE L'AUDIOVISUEL
Option : Métiers du Son

EPREUVE E3

**PHYSIQUE ET TECHNOLOGIE DES
EQUIPEMENTS ET SUPPORTS**

SUJET ZERO

—————
Durée : 6h
Coefficient : 4
—————

Matériel autorisé :

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999)

Tout autre matériel est interdit.

Le candidat doit gérer son temps en fonction des recommandations ci-dessous :

- ✓ **traiter la partie 1 relative à la TECHNOLOGIE DES EQUIPEMENTS ET SUPPORTS pendant une durée de 3 heures ;**
- ✓ **traiter la partie 2 relative à la PHYSIQUE pendant une durée de 3 heures.**

Les parties 1 et 2 seront rendues sur des copies séparées et ramassées à la fin de l'épreuve de 6 heures.

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 48 pages, numérotées de 1/48 à 48/48.**

Partie 1 : Technologie des Equipements et Supports – durée 3 heures

La société Pro@Scène est chargée d'une prestation audiovisuelle du festival de musique classique « Classique en fête ».

Technicien du son au sein de cette société, vous êtes chargé d'effectuer :

- la préparation technique du plateau de prise de son de l'orchestre en vue de son enregistrement et de la sonorisation directe pour le public.
- la préparation des systèmes de prise de son HF pour les interviews des musiciens et du chef d'orchestre
- le système d'acheminement des signaux audio entre le plateau, la console de mixage et l'enregistreur multipistes
- un disque dur pour l'enregistrement
- le choix d'un système de sauvegarde sécurisé de l'enregistrement
- un plan de câblage des alimentations « secteur » des racks d'amplification pour les systèmes de diffusion sonore
- le synoptique général de l'installation

1. LA PRISE DE SON

Problématique : choisir un couple stéréophonique et ses appoints destinés à reprendre l'ensemble de l'orchestre pour le meilleur rendu naturel sonore possible.

Vous disposez pour cela de têtes microphoniques de la série « Colette » de la marque Shoeps (annexe 1), de corps CMC6 (annexe 2) et de barrette de couple UMS20 de la même marque (annexe 3).

Deux types de prise de son sont envisagés par l'ingénieur du son : XY ou ORTF.

- 1.1. Choisissez la référence de tête microphonique, parmi les modèles présentés en annexe 1, à utiliser pour chacun de ces couples.
- 1.2. Complétez l'annexe 20 (document réponse) par un simple schéma en indiquant les positions des microphones et le routage nécessaire à adopter pour chacune de ces 2 prises de son, indiquez le réglage des panoramiques.
- 1.3. Après avoir indiqué un avantage et un inconvénient de chacune de ces prises de son (XY et ORTF), choisissez le couple qui vous permettra d'obtenir le rendu sonore le plus naturel en justifiant votre réponse.
- 1.4. Si l'on choisit la prise de son ORTF, quel outil est indispensable pour vérifier la parfaite compatibilité monophonique.
- 1.5. On demande de choisir judicieusement la directivité des microphones utilisés pour les appoints placés devant les groupes musicaux (Premiers Violons, Altis...) et les solistes avec la diffusion sonore. Vous choisirez pour cela une

tête de la série dans le document Annexe 1 en justifiant brièvement votre choix.

Lors de la prise de son de l'interview du chef d'orchestre, on dispose de 3 références possibles de microphones DPA SC4060 et 4080 (annexe 4 et 5).

Problématique : choisir un de ces microphones pour une prise de son optimale.

- 1.6. Comparez les diagrammes polaires de ces 2 têtes.
- 1.7. Choisissez une des 2 références en sachant que les prises de son des voix se feront dans un milieu bruyant et réverbérant.

Lors des prises de son pour les reportages sur les musiciens et le chef d'orchestre, un émetteur SK2000 et un récepteur EK2000 hautes fréquences de marque Sennheiser sont utilisés (annexe 6 et 7).

La problématique est ici d'assurer une émission et réception sans décrochage HF en établissant une liste des fréquences d'émission/réception libres ainsi que de trouver le nombre d'accumulateurs adaptés au travail de prise de son prévu.

Vous trouverez en annexe 8, une image de l'occupation spectrale dans les hautes fréquences du lieu où doit s'effectuer la prise de son.

- 1.8. Qu'indiquent les valeurs de canaux grisées « en bâton » sur l'annexe 8 (canal 40 par exemple) ?
- 1.9. De même, à droite à quoi correspondent les valeurs de canaux occupées à droite (canaux 61 à 64 et canaux 66 à 69) ?
- 1.10. En déduire les canaux utilisables sûrement sur le lieu de prise de son ?
- 1.11. La conversion des canaux en fréquences est donnée par la formule suivante :

$$F_c = 306 + 8 \times C$$

F_c : fréquence centrale du canal

C : numéro du canal

En déduire la liste des fréquences centrales utilisables sans perturbation.

La documentation technique de l'émetteur et le récepteur de marque Sennheiser de la série 2000 vous est fournie en annexe 6 et 7.

Vous trouverez en annexe 9, les caractéristiques des accumulateurs BA2015 utilisés.

La prise de son totale dure 4H30 (interviews) à laquelle on ajoute 3H de prises de son diverses (ambiance et concert).

- 1.12. En fonction des caractéristiques de consommation de l'émetteur et du récepteur, calculez l'autonomie d'un bloc de batterie.

- 1.13. Déduisez le nombre de blocs de batterie à prévoir pour la durée de la prise de son.

2. LE MIXAGE

Pour amplifier et mixer les signaux des microphones cravates, on utilise une mixette de marque Sony et de référence DMX-P01 dont le synoptique est fourni en annexe 10.

Problématique : vérifier le besoin d'utiliser une mixette numérique.

- 2.1. Faites cheminer en rouge sur l'annexe 21 (document réponse), un signal entrant sur le canal 1 et sortant sur la sortie coaxiale S/PDIF.
- 2.2. Quels blocs sur ce synoptique nous indiquent qu'une mixette numérique est ici utilisée ?

Pour le mixage live du concert final du festival, on utilise une console de mixage Allen & Heath dont vous trouverez le descriptif dans l'annexe 11, et le synoptique en annexe 12. La surface de contrôle choisie est la iLive-T112.

Problématique : choisir un boîtier de scène adapté à la prestation et vérifier, à la demande de l'ingénieur du son chargé du mixage en direct, que la console comporte bien un égaliseur paramétrique par tranche ainsi que des égaliseurs graphiques en sortie.

- 2.3. 32 microphones sont utilisés pour la reprise de l'orchestre, indiquez la référence du boîtier de scène à choisir (annexe 11).
- 2.4. Quel bloc nous indique sur le synoptique (annexe 12) que nous disposons d'égaliseur paramétrique sur les tranches de la console de mixage ? Donnez un exemple d'application de ce type d'égaliseur.
- 2.5. Quel bloc nous indique sur le synoptique que nous disposons d'égaliseur graphique sur les sorties de la table de mixage ? Donnez un exemple d'application de ce type d'égaliseur.

3. L'ENREGISTREMENT

On utilise pour l'enregistrement un enregistreur numérique autonome. La documentation de cet enregistreur numérique utilisé pour enregistrer le concert vous est fournie en annexe 13.

Problématique : comparer deux protocoles de communications audionumériques et en choisir un qui est adapté à la configuration du concert et aux infrastructures réseau de la salle de concert.

- 3.1. D'après l'annexe 14, quel est le nombre de canaux possibles avec le protocole Dante ?
- 3.2. Quel type de connectique et quel câble sont utilisés pour connecter ce type de liaison ?
- 3.3. Quel protocole réseau informatique est utilisé pour acheminer le protocole Dante ?
- 3.4. D'après l'annexe 15 quel est le nombre de canaux possibles avec le protocole MADI appelé aussi AES10 ?
- 3.5. Quel type de connectique et quel câble sont utilisés pour connecter ce type de liaison ?
- 3.6. Désirant utiliser les infrastructures réseau de la salle de spectacles, choisissez le protocole adapté à notre configuration.

L'enregistreur numérique dont la documentation vous est fournie en annexe 13 se trouve déporté dans une salle éloignée du lieu du concert.

Le concert sera enregistré en 96 kHz avec une quantification de 24 bits sur 32 pistes. Le support d'enregistrement sera un disque dur, connecté à l'enregistreur, dont la documentation est fournie en annexe 16.

Problématique : choisir l'interface de communication entre l'enregistreur et le disque dur, vérifier que le débit du disque fourni est suffisant et choisir une référence de disque ayant une capacité suffisante à l'enregistrement.

- 3.7. Quelle est l'interface de communication entre l'enregistreur et le disque dur ?
- 3.8. Calculez le débit minimum nécessaire à l'enregistrement ?
- 3.9. L'interface entre l'enregistreur et le disque dur choisie supporte-t-elle le débit nécessaire à cette configuration ?
- 3.10. Le concert durant 2 h 50 min, indiquez la capacité minimale du disque à utiliser pour enregistrer la totalité du concert. Indiquez vos calculs.
- 3.11. Choisissez une référence de disque sur l'annexe 16.

4. L'AMPLIFICATION DES ENCEINTES ACOUSTIQUES

Les enceintes acoustiques de marque D&B sont alimentées par des amplificateurs de la même marque ayant pour référence D12 (Annexe 17 et 18). La liaison entre le boîtier de scène et ces amplificateurs est de type AES3 (option à ajouter au boîtier de scène). Plusieurs documentations de câbles vous sont fournies en annexe 19.

Problématique : choisir une connectique et un câble adapté aux liaisons entre le boîtier de scène et les amplificateurs, puis établir un schéma de câblage secteur pour des racks de 3 amplificateurs.

- 4.1. Quels connecteurs permettent la liaison AES3 ?

- 4.2. Choisissez la référence de câbles, sur l'annexe 19, à utiliser entre les sorties du boîtier de scène et les amplificateurs, sachant que l'on désire utiliser le câble avec le diamètre maximum pour une solidité optimale.

On propose de monter trois amplificateurs par baie roulante (ou rack).

- 4.3. Peut-on brancher ces trois amplificateurs sur une même prise secteur domestique (230 V, 16 A), à l'aide d'une simple multiprise domestique ? Justifier votre réponse.
- 4.4. Proposez un petit schéma de câblage d'alimentation possible de ces baies en triphasé en indiquant bien les câblages nécessaires.

5. SYNOPTIQUE DE CÂBLAGE

Problématique : achever le synoptique général de câblage de l'installation.

Sur le document réponse annexe 22, complétez le synoptique général de l'installation par les câblages nécessaires en utilisant un code couleur que vous préciserez pour les différents types de signaux.

Partie 2 : Physique – durée 3 heures

Le sujet traite certains systèmes utilisés par la société Pro@Scène, chargé de la captation sonore et vidéo d'une prestation audiovisuelle du festival de musique classique « Classique en fête ».

1. CAMERA DE PLATEAU – MUR d'IMAGE

• CAMERA DE PLATEAU

Les concerts de musique classique sont filmés par 5 caméras de plateau SONY HSC 300R

Problématique : *À travers différentes questions, le cadreur est amené à choisir les réglages d'un objectif de caméra qui lui permettra de réaliser le cadre demandé.*



Le constructeur donne les indications suivantes :

Caméra HD tri CCD

Capteur 2/3 de pouce : 6,6 mm par 8,8 mm

Caractéristiques de l'objectif utilisé :

Focale sans doubleur f : 6,3 - 100 mm

Focale avec doubleur : 12,6 – 200 mm

Un cadreur proche de la scène souhaite cadrer en gros plan le visage de la chanteuse lyrique.

Le plan d'implantation est donné en **annexe 23**. La caméra est orientée selon l'axe 1, en direction de la chanteuse.

Le visage de la chanteuse est considéré comme l'objet à cadrer mesure $\overline{AB} = 25$ cm de hauteur.

On suppose que l'objectif de la caméra est assimilable à une lentille mince convergente de centre optique O.

L'image formée par la lentille est notée $\overline{A'B'}$

Le cadreur est placé à une distance de 7 mètres du chef d'orchestre.

1.1. Rappeler la formule de conjugaison d'une telle lentille et montrer que dans ces conditions l'image se formera dans le plan focal image de la lentille.

1.2. À partir de la formule du grandissement γ d'une lentille mince, montrer que dans notre situation, la relation sur le cadrage $D_i = O_f$ est valable, avec :

D : distance lentille objet

f : distance focale de l'objectif

i : taille de l'image

O taille de l'objet

1.3. Déterminer la valeur de la focale f réglée par le cadreur afin d'obtenir une image nette du sujet dans la hauteur du capteur CCD. Le cadreur doit-il utiliser le doubleur de focale intégré à l'objectif ?

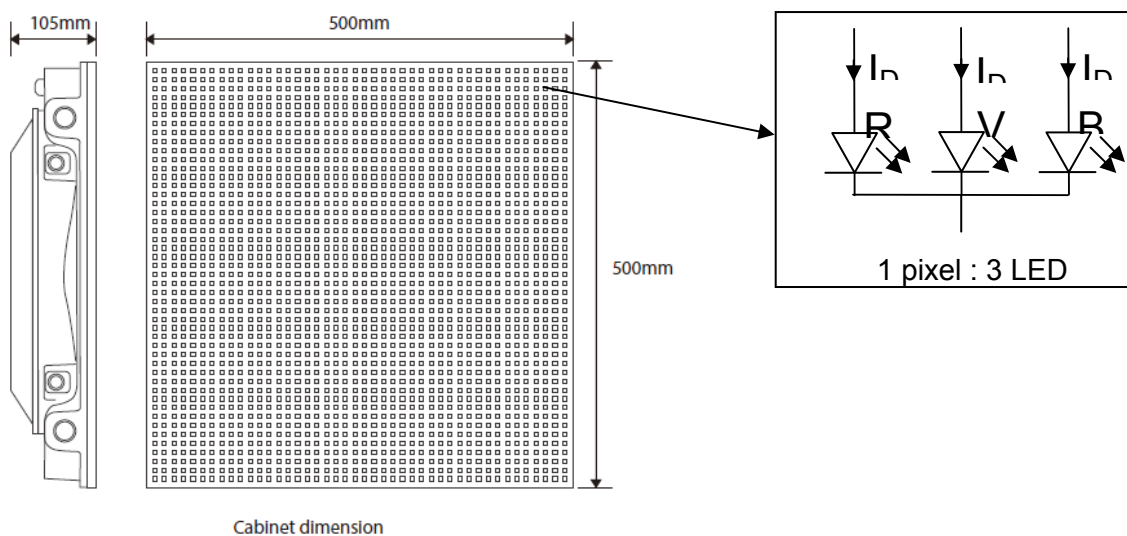
La caméra est maintenant orientée selon l'axe 2 : voir annexe 23.

1.4. Le cadreur règle l'objectif en gardant le doubleur de focale. Déterminer la valeur de l'angle de champ α_{\max} maximal horizontal correspondant. En déduire la représentation du champ de vision de la caméra sur l'**annexe 23**. Le cadreur devra-il conserver le doubleur de focale s'il souhaite cadrer l'ensemble de l'orchestre ? Justifier la réponse.

• MUR D'IMAGE

Problématique : identifier la couleur d'un mur d'image à partir de réglages étalonnages des couleurs.

Au fond de la scène, un mur d'image constitué de panneaux à L.E.D. permet de diffuser des images du spectacle. Le mur d'image est constitué d'une association de dalles de façon à former un mur d'images de 8 m par 6 m. On a représenté ci-dessous le schéma d'une dalle utilisée :



Chaque pixel est constitué d'une association de 3 LED :

Une L.E.D. rouge monochromatique de longueur d'onde $\lambda_R = 620 \text{ nm}$

Une L.E.D. verte monochromatique de longueur d'onde $\lambda_V = 520 \text{ nm}$

Une L.E.D. bleue monochromatique de longueur d'onde $\lambda_B = 470 \text{ nm}$

1.5. Utiliser le document réponse n°1 en **annexe 24** pour déterminer les coordonnées des points M_1 ; M_2 et M_3 correspondant respectivement aux trois couleurs émises par chaque L.E.D. R, V ,B.

1.6. Faire apparaître sur l'**annexe 24** la zone géométrique des couleurs pouvant être créée avec cette association de L.E.D.

L'ingénieur lumière réalise des tests et envoie la même couleur sur tous les pixels du mur d'image. Il effectue les réglages de façon à envoyer les courants : $I_{DR} = 20 \text{ mA}$, $I_{DV} = 50 \text{ mA}$, $I_{DB} = 90 \text{ mA}$ respectivement dans les diodes Rouge, Verte et Bleue.

1.7. Relever à l'aide de l'**annexe 25**, les valeurs des intensités lumineuses pour les trois L.E.D. R, V et B que l'on notera respectivement I_{lumR} , I_{lumV} , I_{lumB} .

1.8. Déterminer par la méthode de votre choix les coordonnées du point M (x,y) de la couleur résultante. Placer ce point sur le document réponse n°1 en **annexe 24**. Puis en déduire la couleur du mur d'image pour ce réglage.

2. ETUDE DE LA REGIE FACADE

La régie façade est assurée par la console représentée ci-dessous, associée au Rack IDR 32 entrées qui assure également le traitement numérique du son, voir **Annexe 22** :

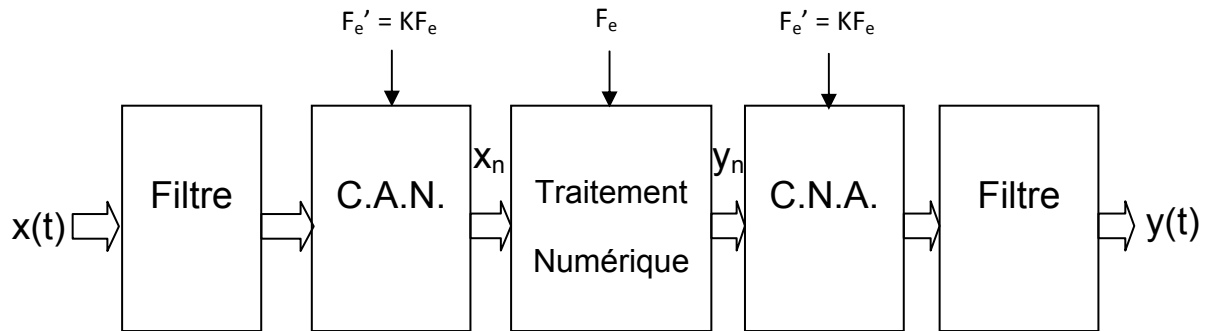


Console Télécommande

Boîtier de Scène

- Étude de la chaîne de conversion du signal

Problématique : mettre en évidence l'intérêt d'une conversion analogique numérique à suréchantillonnage.



$x(t)$: tension d'entrée

$y(t)$: tension de sortie

La conversion est assurée par le boîtier de scène, il fonctionne avec un convertisseur à suréchantillonnage, l'échantillonnage est réalisé avec une fréquence $F_e' = KF_e$.

On donne : $F_e = 48 \text{ kHz}$, $K = 128$ et $n = 24$ bits

La valeur du rapport signal sur bruit de la conversion analogique numérique s'écrit :

$$RSB_{dB} = 6n + 1,76 + 10 \cdot \log K$$

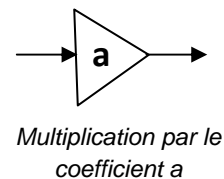
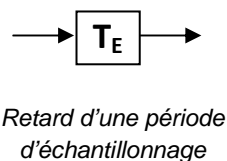
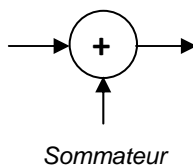
2.1. Quel est le rôle du filtre placé en début de chaîne de traitement ?
Déterminer une valeur possible de sa fréquence de coupure.

2.2. Quel est le rôle du filtre situé à la sortie de la chaîne de traitement ?

2.3. Calculer la valeur du RSB avec et sans suréchantillonnage. Conclure sur l'intérêt du suréchantillonnage.

- **Étude des traitements numériques de la régie façade**

On rappelle les symboles suivants :



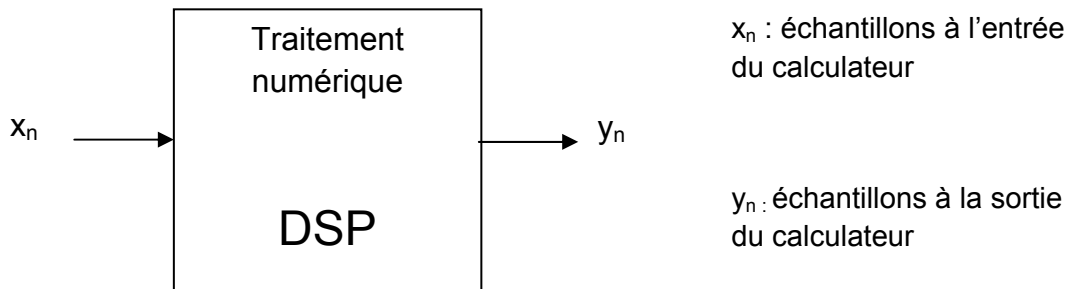
– **Étude d'une réverbération numérique**

Problématique : caractériser une réverbération simple à partir de son schéma structurel. L'objectif est de comprendre le principe de base du traitement numérique réalisé pour obtenir un effet de réverbération.

Lors du spectacle une chanteuse lyrique doit faire son apparition.

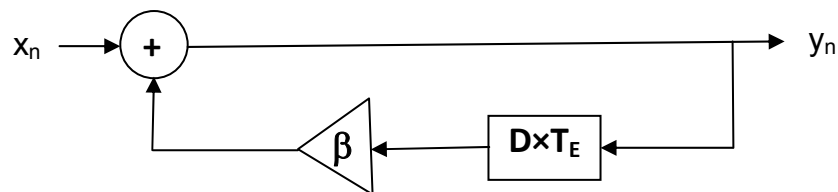
L'ingénieur du son souhaite appliquer une légère réverbération sur le signal provenant du microphone de la chanteuse.

Dans cette partie nous allons étudier l'algorithme de calcul correspondant à la réverbération générée par le DSP (Digital Signal Processing) de la console.



On fixe $F_e = 48 \text{ kHz}$ et $n = 24 \text{ bits}$

La structure du filtre numérique est la suivante :



β représente le facteur d'atténuation avec $0 < \beta < 1$, et D le nombre d'échantillons de retard du signal répliqué.

2.4. Déterminer l'équation de récurrence de la réverbération reliant y_n à x_n en fonction des coefficients β et D . Indiquer alors s'il s'agit d'un filtre récursif ou non récursif. Justifier la réponse.

2.5. La réverbération est réglée avec un retard (delay) $\tau = 24 \text{ ms}$.

On rappelle que $F_e = 48 \text{ kHz}$.

Calculer le nombre d'échantillons de retard D nécessaire pour réaliser cette réverbération.

– Étude de la réponse en fréquence d'un son de clarinette

Problématique : identifier la note jouée par une clarinette à partir de sa réponse en fréquence.

Lors des réglages, l'ingénieur du son réalise l'analyse spectrale du son provenant de la clarinette. Le spectre en fréquence donné par l'analyseur F.F.T. (Fast Fourier Transform) est représenté annexe 26, figure 1.

2.6. Donner les noms correspondant aux 5 premières raies du spectre. En déduire une particularité du son concernant le timbre émis par la clarinette ?

2.7. Déterminer par le calcul les valeurs des fréquences des pics n°8 et 9.

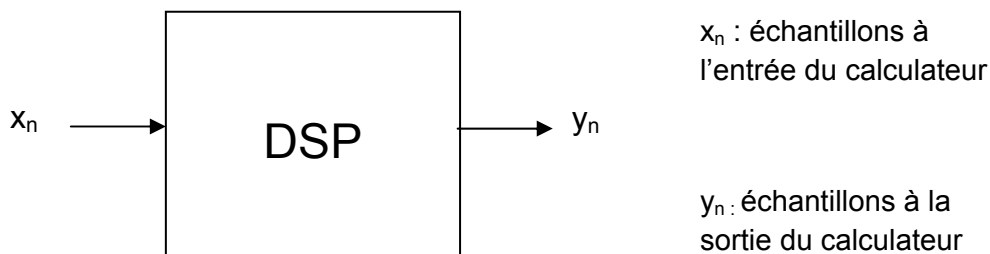
2.8. Utiliser l'annexe 26, figure 2, afin de déterminer la note jouée par l'instrument lors de l'analyse spectrale.

– B.3. Etude d'un filtre numérique

À présent l'ingénieur du son responsable de la diffusion applique un filtre numérique sur le signal provenant du microphone HF placé sur une clarinette.

Problématique : déterminer l'effet du filtre numérique sur le son de la clarinette étudié précédemment.

Nous allons étudier le filtre calculé par le D.S.P. (Digital Signal Processing) de la console



On donne $F_e = 48 \text{ kHz}$ et $n = 24 \text{ bits}$

2.9. On donne l'équation de récurrence du filtre réglé par l'ingénieur du son :

$$y_n = x_n - x_{n-1} + 0,98 y_{n-1}$$

Représenter la structure du filtre numérique en utilisant les symboles donnés précédemment.

2.10. Test du filtre : réponse du filtre à une impulsion :

Sur le document réponse n°2 en annexe 27 on donne la séquence $\{x_n\}$ correspondant à une impulsion. Compléter le tableau en annexe 27 de la séquence $\{y_n\}$. Justifier les calculs.

En déduire le tracé sur le graphique des points y_0 et y_1 en sortie du filtre

2.11. Préciser en le justifiant si le filtre est stable ou non.

2.12. Établir à partir de l'équation de récurrence, l'expression de la fonction de transfert en z

du filtre : $H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$

L'étude de la fonction de transfert $H(z)$ permet d'établir le tracé de la courbe de gain du filtre. Ce tracé est donné en annexe 28.

2.13. Quelle est le rôle du filtre ainsi réalisé ? Donner ces caractéristiques : fréquence de coupure et pente de l'asymptote oblique en dB par octave. Conclure sur l'ordre de ce filtre.

2.14. Ce filtre est maintenant appliqué sur le son de la clarinette étudié précédemment. Déterminer l'amplitude approchée de la première raie en dBV du spectre à la sortie du filtre en utilisant l'**annexe 28**.

Quel est l'effet du filtre sur les harmoniques de rang élevé ?

Conclure sur l'effet du filtre sur le signal audio.

3. ETUDE ACOUSTIQUE

- **Étude de la sonorisation de la salle**

On étudie le système de diffusion sonore mis en place pour le concert. La sonorisation en façade sera constituée de deux systèmes ligne source suspendus de chaque côté de la scène assurant une diffusion homogène du niveau sonore dans la salle.

Vue de face de l'installation :



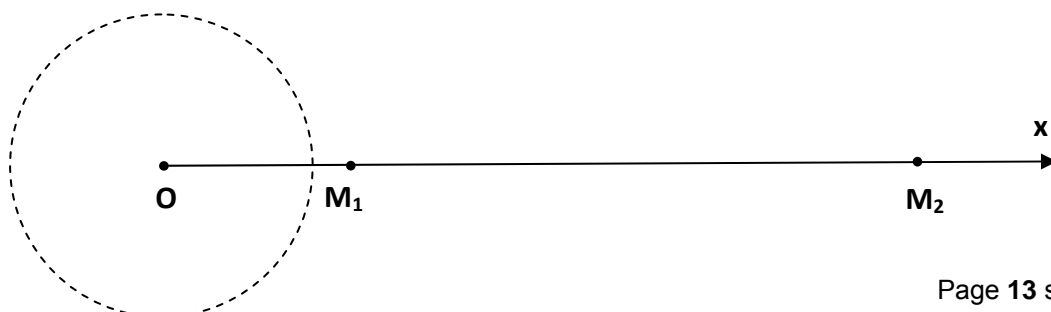
Données :

- 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 : $I = \frac{P_{ac}}{S}$, avec P_{ac} la puissance acoustique en watts, et S la surface en m^2 .

– **Comparaison d'une ligne source avec une source sphérique**

Problématique : comprendre l'intérêt de l'utilisation du système ligne source pour la sonorisation du concert.

Source sphérique : On suppose dans un premier temps que l'enceinte située au point O est une source sonore centrée en O , créant des fronts d'onde sphériques.



Les points M_1 et M_2 correspondent aux positions minimum et maximum des spectateurs par rapport à la source. On donne : $OM_1 = 10$ m et $OM_2 = 40$ m

3.1. Déterminer l'expression de l'Intensité acoustique I_1 en fonction de P_{ac} et x .

3.2. En déduire que l'expression du niveau acoustique N_1 produit par cette source peut

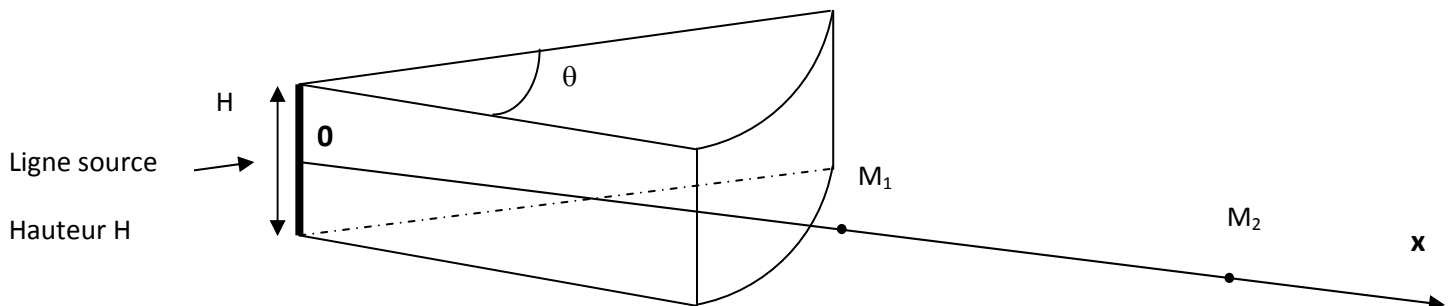
s'écrire :
$$N_1 = N_w + 10 \log \left(\frac{1}{4\pi x^2} \right)$$

Avec N_w le niveau de puissance de la source $N_w = 10 \log \left(\frac{P_{ac}}{10^{-12}} \right)$

3.3. En déduire la valeur de la diminution du niveau de pression acoustique N_1 dB_{SPL} lorsque la distance par rapport à la source est doublée.

3.4. On fixe $N_w = 125$ dB_{SPL}, calculer les valeurs du niveau acoustique N_1 pour les points d'écoute M_1 et M_2 .

Source cylindrique : Afin d'améliorer le système de sonorisation, la source sphérique est remplacée par un système ligne source (Line Array). On suppose que ce système génère des fronts d'onde parfaitement cylindriques pour une ouverture d'angle θ :



On donne $H = 3$ m et $\theta = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$ radians

On donne : $OM_1 = 10$ m et $OM_2 = 40$ m

3.5. Montrer que l'intensité acoustique à une distance x de la source s'écrit sous la forme

$$I_2 = \frac{K}{x}$$
 avec K une constante que l'on exprimera en fonction des données du problème.

3.6. Montrer que l'expression du niveau acoustique N_2 produit par cette source peut s'écrire :

$$N_1 = N_w + 10 \log \left(\frac{1}{x\theta H} \right)$$

Avec : • N_w le niveau de puissance de la source $N_w = 10 \log \left(\frac{P_{ac}}{10^{-12}} \right)$

• θ en radians

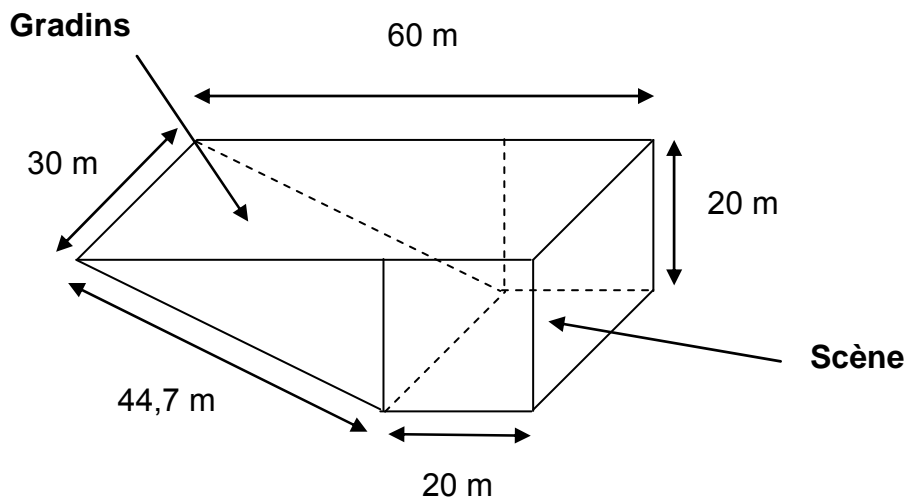
3.7. En déduire la valeur de la diminution du niveau de pression acoustique N_2 en dB_{SPL} lorsque la distance par rapport à la source est doublée. Conclure sur l'intérêt de l'utilisation de ce type de système de sonorisation.

3.8. Application au calcul des niveaux acoustiques pour une ligne source : L'ingénieur du son fixe un niveau de puissance $N_w = 125$ dB, calculer les valeurs du niveau acoustique N_2 pour les points d'écoute M_1 et M_2 .

- **Prise en compte de la salle**

Problématique : évaluer l'influence du public présent dans la salle sur la distance critique.

Le plan simplifié de la salle où se déroule le spectacle est représenté ci-dessous :



Le plafond est recouvert de panneaux suspendus.

Les murs sont constitués de panneaux perforés.

Le sol de la scène est recouvert d'une moquette.

Données :

Volume de la salle $V = 24000 \text{ m}^3$

Matériaux	Coefficients d'absorption moyens α
Panneau suspendu	0,7
Moquette	0,4
Panneau perforé	0,5
Gradins vides	0,4
Gradins occupés	0,9

On rappelle la formule de Sabine :

$$T_{R60} = \frac{0,16 \times V}{A}$$

Avec :

V : volume de la salle en m^3

A : pouvoir d'absorption de la salle en m^2

3.9. Montrer que le pouvoir d'absorption de la salle vide vaut $A = 3116 \text{ m}^2$

3.10. Rappeler la définition du temps de réverbération TR60 et calculer sa valeur, en utilisant la formule de Sabine.

3.11. On suppose que la ligne source cylindrique étudiée précédemment fonctionne avec un niveau de puissance $N_W = 125 \text{ dB}$.

Le niveau de pression réverbéré s'écrit $N_{rev} = N_W - 10\log(A) + 6$

Calculer la valeur du niveau de pression réverbéré dans la salle vide N_{rev}

Le niveau du champ direct dans la salle N_{dir} produit par la source sphérique et par la source cylindrique en fonction de la distance a été représenté sur l'**annexe 29**.

3.12. Représenter sur le document réponse n°3 en annexe 29 le niveau de pression réverbéré $N_{rev} = 96 \text{ dB}$.

3.13. Déterminer graphiquement les distances critiques d_{c1} et d_{c2} pour les sources omnidirectionnelle et cylindrique.

3.14. Comment vont évoluer ces deux distances critiques lorsque la salle sera pleine ?