

## Option A.M.E.A.

Compilation de questions d'examen des années précédentes

(en général : 10 à 15 questions, 1h, sans document)

Les questions sont classées par thème. Certaines sont identiques, à la formulation prêt. Je me suis contenté de copier/coller ! En outre, certains thèmes ne sont pas abordés tous les ans (cela dépend des intervenants extérieurs). Les documents pour réviser sont disponibles sur mon site [www-reynal.ensea.fr](http://www-reynal.ensea.fr), rubrique Enseignement/Option AMEA.

### Acoustique physique : propagation, rayonnement, etc.

**Q1.** Qu'est-ce-que la pression acoustique ? En quoi diffère-t-elle de la pression atmosphérique ?

**Q2.** On rappelle que l'équation d'Euler s'écrit :

$$-\vec{\nabla}p = \rho \left( \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla})\vec{v} \right)$$

Indiquer avec précision les deux approximations menant aux équations de l'acoustique linéaire, et écrire l'équation d'Euler linéarisée correspondante.

**Q3.** Quels sont les différents comportements que peut avoir une onde sonore rencontrant un obstacle ? Précisez le rôle des dimensions et de la nature de l'obstacle.

**Q4.** La surpression acoustique créée par un monopôle à un instant  $t$  et une distance  $r$  de la source est donnée par l'expression :

$$p(r, t) = p_0 \frac{e^{j\omega t - jkr}}{kr}$$

En déduire l'expression de la vitesse des molécules d'air  $\vec{v}(r, t)$  à la distance  $r$  et à l'instant  $t$ .

**Q5.** A quelle condition sur la longueur d'onde  $\lambda$  une corde de longueur  $L$  peut elle être considérée comme un dipôle ?

**Q6.** Donner un exemple de dipôle acoustique.

**Q7.** Donner un exemple de quadrupôle acoustique.

**Q8.** Indiquer l'allure du diagramme de rayonnement d'un dipôle acoustique.

**Q9.** Pourquoi une source sonore aiguë est-elle plus directive qu'une source sonore grave de même dimension ?

**Q10.** Lorsqu'on double la fréquence d'un son monochromatique émis par un monopôle, comme varie la puissance acoustique rayonnée (toutes choses égales par ailleurs) ?

## Acoustique : vibration des cordes et membranes

**Q11.** Qu'est ce qu'un mode de vibration ? Quels sont les modes de vibration d'une corde tendue entre deux extrémités fixes ? Tracer la déformation initiale de la corde pincée à l'aide d'un plectre infiniment fin.

**Q12.** Pourquoi les modes de vibrations d'une table d'harmonie (piano ou guitare) sont-ils différents si les bords de celle-ci restent libres ? (vous pouvez user d'analogies avec d'autres systèmes mécaniques et/ou électriques)

**Q13.** Une corde de guitare tendue à 80N produit la note MI. Quelle tension est nécessaire pour produire la note FA, située un demi-ton chromatique au-dessus ?

**Q14.** Une corde de guitare tendue à 80N produit la note MI. A quelle note correspond une tension de 142,54N ?

**Q15.** On pince une corde de guitare de longueur  $L$  à l'aide d'un médiator à la position  $x = L/3$ . Dessiner la forme d'onde (amplitude) des quatre premiers partiels, et indiquer lequel de ces quatre partiels n'est pas excité. Justifier votre réponse.

**Q16.** Expliquer (schéma à l'appui) pourquoi le clavecin produit un son plus cristallin que le piano.

**Q17.** Expliquer pourquoi une corde (de guitare, piano,...) ne rayonne presque pas d'énergie acoustique directement. Pourquoi le couplage à un résonateur (table d'harmonie, caisse de l'instrument,...) permet-il d'augmenter l'énergie rayonnée ? On s'aidera de la définition de l'intensité acoustique du monopôle pour justifier les réponses.

**Q18.** Qu'est ce que l'inharmonicité ? Quelles sont ses conséquences sur l'accord et la construction des pianos ?

## Acoustique : ondes dans les tubes et cavités

**Q19.** Que vaut la vitesse acoustique au voisinage d'une paroi rigide ?

**Q20.** En première approximation, que vaut la pression acoustique en sortie du pavillon d'une clarinette ?

**Q21.** Dessinez l'allure des deux premiers modes de vibration en pression acoustique dans un tube ouvert à une extrémité, et fermé à l'autre extrémité.

- Q22.** Un tube cylindrique de longueur  $L$  est fermé à une extrémité. Déterminer l'impédance acoustique spécifique ramenée à l'entrée du tube, et indiquer la longueur d'onde des modes pouvant être excités dans ce tube.
- Q23.** Comment la fréquence de résonance d'une cavité varie-t-elle avec le volume de la cavité ? (Helmoltz)

## Acoustique musicale : gammes, timbre, ...

- Q24.** Quelle est la différence entre *hauteur tonale* et *hauteur spectrale* ?
- Q25.** Donner la définition de l'intensité sonore ? En quelle unité se mesure-t-elle ? La sensation d'intensité sonore perçue par l'oreille est-elle la même à 20 et 3000 Hz ?
- Q26.** Dans un orchestre, 10 violoncellistes jouant tous avec la même intensité produisent un son de niveau d'intensité de 50 dB. Quel est le niveau d'intensité  $I$  d'un seul violoncelliste ?
- Q27.** Quelles sont les 2 premières harmoniques communes au  $La = 220Hz$  et au  $Mi\sharp = 330Hz$  ?
- Q28.** Quelle est la différence entre le  $Si\sharp$  et le DO dans la Gamme pythagoricienne ? Expliquer le calcul
- Q29.** Deux demi-tons chromatiques (de DO à DO $\sharp$ ) font-ils un ton diatoniques (de DO $\sharp$  à RE) dans la gamme pythagoricienne ? Pourquoi ? Qu'en est-il de la gamme tempérée ?
- Q30.** Expliquer pourquoi les notes DO et SOL de la gamme de Pythagore sont consonnantes.
- Q31.** Quel est l'intérêt de la gamme tempérée par rapport à la gamme Pythagore ?
- Q32.** L'accord sur les quintes correspond-il à la gamme tempérée ou à la gamme pythagoricienne ? Expliquez.
- Q33.** Un instrument produit un son comportant quatre raies fréquentielles : 220Hz, 330Hz, 440Hz et 770Hz. A quelle hauteur, en Hz, va-t-on percevoir ce son ?
- Q34.** Parmi ces deux composantes du timbre : (a) décroissance temporelle, et (b) contenu fréquentiel, quelle composante dépend du mode d'attaque de la corde dans un instrument à corde (piano vs clavecin vs guitare) ?
- Q35.** Un instrument produit un son comportant trois raies fréquentielles : 600Hz, 800Hz et 1200Hz. A quelle hauteur, en Hz, va-t-on percevoir ce son ?
- Q36.** Quelles sont les deux composantes permettant de caractériser le timbre d'un instrument ?
- Q37.** A quelle note et quelle fréquence correspond l'harmonique 4 du  $La440$  (le fondamental correspondant à l'harmonique 1) ?

## Perception

- Q38.** Quel est le rôle de l'oreille moyenne dans le mécanisme de perception auditive ?
- Q39.** Pourquoi l'intensité sonore perçue est-elle différente de l'intensité sonore linéaire (en  $dB_{SPL}$ ) ?
- Q40.** Qu'est-ce qu'une courbe isotonique ? A quoi correspond la courbe d'isotonie à 40 phons (40  $dB_{SPL}$  à 1000 Hz) ?
- Q41.** Qu'est-ce que le temps d'intégration de l'oreille ? Quelle est sa valeur pour un auditeur humain ?
- Q42.** Quel rôle joue la chaîne des osselets dans le système auditif ?
- Q43.** Quelle est la plage de finesse maximale de l'oreille ?
- Q44.** Qu'est ce que la fusion temporelle d'un son ?

## Electro-acoustique

- Q45.** Un haut-parleur est-il davantage unidirectionnel à haute ou à basse fréquence ?
- Q46.** Pourquoi doit-on utiliser des haut-parleurs de fort diamètre pour les basses fréquences ?
- Q47.** Pourquoi un haut-parleur aigu est-il plus directif qu'un haut-parleur grave de même dimension ? On s'appuiera sur le modèle du piston plan pour justifier.
- Q48.** Quel est l'intérêt de placer des enceintes autour d'un haut-parleur ?
- Q49.** Tracer l'allure du diagramme de rayonnement d'un haut-parleur de diamètre 20 cm, d'abord pour  $f = 5kHz$ , puis pour  $f = 500Hz$ .
- Q50.** Pourquoi est-il difficile de mesurer la pression acoustique à proximité d'un haut-parleur ?

## Transducteurs

- Q51.** Quelle est la différence entre une impédance mécanique, une impédance acoustique, et une impédance de rayonnement ?
- Q52.** Dessiner, AU CHOIX, le schéma de principe d'un haut-parleur OU d'un microphone (électrodynamique ou électrostatique).
- Q53.** Tracer l'allure de la courbe de réponse en fréquence d'un haut-parleur (puissance émise sur l'axe) : on fera apparaître, sur la courbe, la contribution de l'impédance de rayonnement et celle de l'impédance mécanique.
- Q54.** Quel est l'intérêt de placer des enceintes autour d'un haut-parleur ?

- Q55.** Quelle est l'influence de l'enceinte sur la courbe de réponse du HP ?
- Q56.** Pourquoi utilise-t-on des haut-parleurs de fort diamètre dans les graves, de petit diamètre dans les aigus ?
- Q57.** Un haut-parleur est-il davantage unidirectionnel à haute ou à basse fréquence ?
- Q58.** Pour augmenter la fréquence de résonance acoustique d'une enceinte, faut-il augmenter ou diminuer son volume ? Justifier votre réponse.
- Q59.** Quel est le rôle du baffle placé autour d'un haut-parleur ?
- Q60.** A fréquence fixée, la directivité d'un haut-parleur est-elle plus élevée pour un haut-parleur de petit ou de grand diamètre ? Justifier votre réponse.
- Q61.** Quel est l'influence de la mousse que l'on place à l'intérieur d'une enceinte en terme de réponse fréquentielle ?
- Q62.** Quel est l'intérêt de réaliser des mesures acoustiques sur un instrument de musique (ou un haut-parleur) dans une enceinte sous vide ?
- Q63.** Indiquer les différents paramètres qui permettent d'augmenter la puissance d'un haut-parleur ?

## Informatique musicale et synthèse

- Q64.** Citer un exemple de synthèse sonore, et expliquer brièvement son principe.
- Q65.** Citer et décrire rapidement (une phrase pour chaque) trois inventions ou découvertes qui ont joué un rôle important dans l'histoire de la synthèse sonore.
- Q66.** Expliquer en quelques lignes le principe de la synthèse soustractive. Pourquoi cette technique est-elle souvent utilisée dans le cas de la synthèse de parole ?
- Q67.** Quelle est la différence entre la modulation en anneau et la modulation d'amplitude (synthèse AM) ? Rappeler les modèles mathématiques.
- Q68.** Dessiner la forme d'onde et le spectre (en module) obtenus par modulation d'amplitude d'une sinusoïde à 800 Hz par une sinusoïde à 200 Hz. Indiquer explicitement l'échelle temporelle et les fréquences des différentes raies.
- Q69.** Même question dans le cas de la modulation en anneau.
- Q70.** Une sinusoïde porteuse à 925 Hz est modulée en fréquence (synthèse FM) par une sinusoïde à 75 Hz. Quelles seront les fréquences présentes dans le signal obtenu ? On considérera que les fonctions de Bessel sont toujours non nulles pour les valeurs mises en jeu.
- Q71.** Comparer en quelques lignes la contrôlabilité et l'expressivité du modèle de synthèse additive et du modèle de synthèse par modulation de fréquence.

## Equivalences electro-acousto-mécaniques

- Q72.** Qu'est-ce qu'un transducteur ?
- Q73.** Quel est l'équivalent mécanique d'une cavité ?
- Q74.** Quel est l'équivalent électrique d'un tube ?
- Q75.** Quel est l'équivalent électrique d'une masse ?
- Q76.** Quel est l'équivalent acoustique d'une bobine ?
- Q77.** Quels sont les phénomènes physiques mis en œuvre dans le Haut-Parleur le plus courant ?
- Q78.** Quels sont les phénomènes physiques mis en œuvre dans le Microphone le plus courant ?
- Q79.** A quoi sert le bafflage d'un haut-parleur ?
- Q80.** En quoi consiste le système Bass-reflex ?
- Q81.** A quoi sert le système Bass-Reflex ?

## Enregistrement d'un instrument

- Q82.** On considère deux plans parallèles rigides, séparés de la longueur  $L$ . La vitesse et/ou la pression acoustique prennent-elles de valeurs remarquables au voisinage des parois rigides ? Si oui, lesquelles ?
- Q83.** Dessinez l'allure des deux premiers modes de vibration en pression et en vitesse acoustique.
- Q84.** Pourquoi l'instrumentiste ne doit pas se placer dans une encoignure ou contre un mur ?