

Option Electronique et Signal pour la Musique

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 près. 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, rubrique Enseignement/Option Electronique et Signal pour la Musique.

1 Acoustique : 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 λ 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, comment varie la puissance acoustique rayonnée (toutes choses égales par ailleurs) ?

2 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. À 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 ?

3 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)

4 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. Expliquer schéma à l'appui pourquoi la quinte ($f_2/f_1 = 3/2$) est moins consonnante que l'octave ($f_2/f_1 = 2$)?

Q32. Classer les intervalles suivants par consonnance décroissante : octave ($f_2/f_1 = 2$), tierce majeure ($f_2/f_1 = 5/4$), quinte ($f_2/f_1 = 3/2$), quarte ($f_2/f_1 = 4/3$), tierce mineure ($f_2/f_1 = 6/5$).

Q33. Quel est l'intérêt de la gamme tempérée par rapport à la gamme Pythagore?

Q34. L'accord sur les quintes correspond-il à la gamme tempérée ou à la gamme pythagoricienne? Expliquez.

Q35. 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?

- Q36.** 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) ?
- Q37.** Un instrument produit un son comportant trois raies fréquentielles : 600Hz, 800Hz et 1200Hz. A quelle hauteur, en Hz, va-t-on percevoir ce son ?
- Q38.** Quelles sont les deux composantes permettant de caractériser le timbre d'un instrument ?
- Q39.** A quelle note et quelle fréquence correspond l'harmonique 4 du La440 (le fondamental correspondant à l'harmonique 1) ?

Perception

- Q40.** Quel est le rôle de l'oreille moyenne dans le mécanisme de perception auditive ?
- Q41.** Pourquoi l'intensité sonore perçue est-elle différente de l'intensité sonore linéaire (en dB_{SPL}) ?
- Q42.** Qu'est-ce qu'une courbe isosonique ? A quoi correspond la courbe d'isotonie à 40 phones (40 dB_{SPL} à 1000 Hz) ?
- Q43.** Qu'est-ce que le temps d'intégration de l'oreille ? Quelle est sa valeur pour un auditeur humain ?
- Q44.** Quel rôle joue la chaîne des osselets dans le système auditif ?
- Q45.** Quelle est la plage de finesse maximale de l'oreille ?
- Q46.** Qu'est ce que la fusion temporelle d'un son ?

Electro-acoustique

- Q47.** Un haut-parleur est-il davantage unidirectionnel à haute ou à basse fréquence ?
- Q48.** Pourquoi doit-on utiliser des haut-parleurs de fort diamètre pour les basses fréquences ?
- Q49.** 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.
- Q50.** Quel est l'intérêt de placer des enceintes autour d'un haut-parleur ?
- Q51.** Tracer l'allure du diagramme de rayonnement d'un haut-parleur de diamètre 20 cm, d'abord pour $f = 5kHz$, puis pour $f = 500Hz$.
- Q52.** Pourquoi est-il difficile de mesurer la pression acoustique à proximité d'un haut-parleur ?

Transducteurs

- Q53.** Quelle est la différence entre une impédance mécanique, une impédance acoustique, et une impédance de rayonnement ?
- Q54.** Dessiner, AU CHOIX, le schéma de principe d'un haut-parleur OU d'un microphone (électrodynamique ou électrostatique).
- Q55.** 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.
- Q56.** Quel est l'intérêt de placer des enceintes autour d'un haut-parleur ?
- Q57.** Quelle est l'influence de l'enceinte sur la courbe de réponse du HP ?
- Q58.** Pourquoi utilise-t-on des haut-parleurs de fort diamètre dans les graves, de petit diamètre dans les aigus ?
- Q59.** Un haut-parleur est-il davantage unidirectionnel à haute ou à basse fréquence ?
- Q60.** Pour augmenter la fréquence de résonance acoustique d'une enceinte, faut-il augmenter ou diminuer son volume ? Justifier votre réponse.
- Q61.** Quel est le rôle du baffle placé autour d'un haut-parleur ?
- Q62.** 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.
- Q63.** Quel est l'influence de la mousse que l'on place à l'intérieur d'une enceinte en terme de réponse fréquentielle ?
- Q64.** Quel est l'intérêt de réaliser des mesures acoustiques sur un instrument de musique (ou un haut-parleur) dans une enceinte sous vide ?
- Q65.** Indiquer les différents paramètres qui permettent d'augmenter la puissance d'un haut-parleur ?

Informatique musicale et synthèse

- Q66.** Citer un exemple de synthèse sonore, et expliquer brièvement son principe.
- Q67.** 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.
- Q68.** 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 ?
- Q69.** - qu'est ce qu'un LFO et quel est son rôle
- Q70.** - Donner le schéma fonctionnel (blocs) d'une synthétiseurs soustractifs
- Q71.** Quel est le rôle du VCF ?

- Q72.** Qu'est-ce que le timbre ?
- Q73.** Qu'est-ce que le pitch ?
- Q74.** Quels progrès ont été réalisés dans les années 2000 dans la génération de la forme d'onde ?
- Q75.** Citer une technique permettant de ■ casser ■ l'harmonicité d'un son harmonique. A quelle synthèse d'instrument ce procédé est-il utile ?
- Q76.** Qu'est ce qu'un "preset" ?
- Q77.** Dans la norme midi, quel rôle joue le timestamp ?
- Q78.** Quelle est la différence entre la modulation en anneau et la modulation d'amplitude (synthèse AM) ? Rappeler les modèles mathématiques.
- Q79.** 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.
- Q80.** Reprendre la question précédente dans le cas de la modulation en anneau.
- Q81.** 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.
- Q82.** 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

- Q83.** Qu'est-ce qu'un transducteur ?
- Q84.** Quel est l'équivalent mécanique d'une cavité ?
- Q85.** Quel est l'équivalent électrique d'un tube ?
- Q86.** Quel est l'équivalent électrique d'une masse ?
- Q87.** Quel est l'équivalent acoustique une bobine ?
- Q88.** Quels sont les phénomènes physiques mis en œuvre dans le Haut-Parleur le plus courant ?
- Q89.** Quels sont les phénomènes physiques mis en œuvre dans le Microphone le plus courant ?
- Q90.** A quoi sert le bafflage d'un haut-parleur ?
- Q91.** En quoi consiste le système Bass-reflex ?
- Q92.** A quoi sert le système Bass-Reflex ?

Enregistrement d'un instrument

Q93. 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 ?

Q94. Dessinez l'allure des deux premiers modes de vibration en pression et en vitesse acoustique.

Q95. Pourquoi l'instrumentiste ne doit pas se placer dans une encoignure ou contre un mur ?