

SESSION 2012

**AGRÉGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

**Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE
Option A : ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE**

ÉPREUVE PRENANT APPUI SUR UN SYSTÈME INDUSTRIEL

Durée : 8 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.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Système home-cinéma - Étude des interfaces

Ce sujet comporte 3 dossiers distincts :

📁 Dossier de questionnement	27 pages
📁 Documents réponses	4 pages
📁 Dossier ressources	23 pages

Ce sujet comporte cinq parties indépendantes :

- Partie 1 : interface acoustique – étalonnage de l'installation
- Partie 2 : interface enceintes
- Partie 3 : interface audionumérique SPDIF
- Partie 4 : interface réseau
- Partie 5 : exploitation pédagogique du système

Une lecture préalable et complète du sujet est indispensable.

Il sera tenu compte de la cohérence avec laquelle les candidats traiteront chaque partie, le jury préférant une réflexion d'ensemble de la partie abordée à un éparpillement des réponses.

Chaque question est repérée par un numéro. Les candidats sont invités à numéroter chaque page de leur copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée.

Les candidats sont priés de rédiger les différentes parties du problème sur feuilles séparées et clairement repérées.

Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.

Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre les correcteurs leur sauront gré d'écrire lisiblement et de soigner la qualité de leur copie.

Il sera tenu compte de la qualité de rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française.

Pour la présentation des applications numériques, il est rappelé que lors du passage d'une forme littérale à son application numérique, il est recommandé aux candidats de procéder comme suit :

- après avoir rappelé la relation littérale, chaque grandeur est remplacée par sa valeur numérique en respectant la position qu'elle avait dans la relation puis le résultat numérique est donné sans calculs intermédiaires et sans omettre son unité.

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes, vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement dans votre copie.

Système home-cinéma - Étude des interfaces

Le système étudié ici est un ensemble home-cinéma 5.1 avec lecteur Blu-Ray / HD Sony BDV-E800W.



Figure 1 : Amplificateur Home-cinéma

Ce type d'équipement grand public utilise des circuits intégrés spécialisés et des macro-composants : le technicien, aujourd'hui, n'intervient plus que sur les interfaces ou remplace un macro-composant.

L'étude portera essentiellement sur les interfaces présentes sur ce matériel : interface acoustique, interface enceintes (amplification de puissance), interface audionumérique et interface réseau. Enfin, on abordera l'exploitation pédagogique de ce système.

Chaque partie étudiée et chaque sous-partie sont indépendantes. A l'intérieur de chaque sous-partie, de nombreuses questions sont indépendantes.

Les spécifications détaillées de l'équipement figurent dans le dossier ressources.

1. Interface acoustique – étalonnage de l'installation

L'amplificateur home cinéma BDV-E800W étudié ici, possède une fonction d'étalonnage automatique des enceintes à exécuter lors de la mise en service de l'installation.

Nous allons vérifier au cours de cette étude, la nécessité de cette procédure d'étalonnage.

Le schéma de l'installation étudiée, extrait de la notice du produit est donné ci-après.

Nous allons étudier la situation qui correspond au rayon maximum de l'installation (7m).

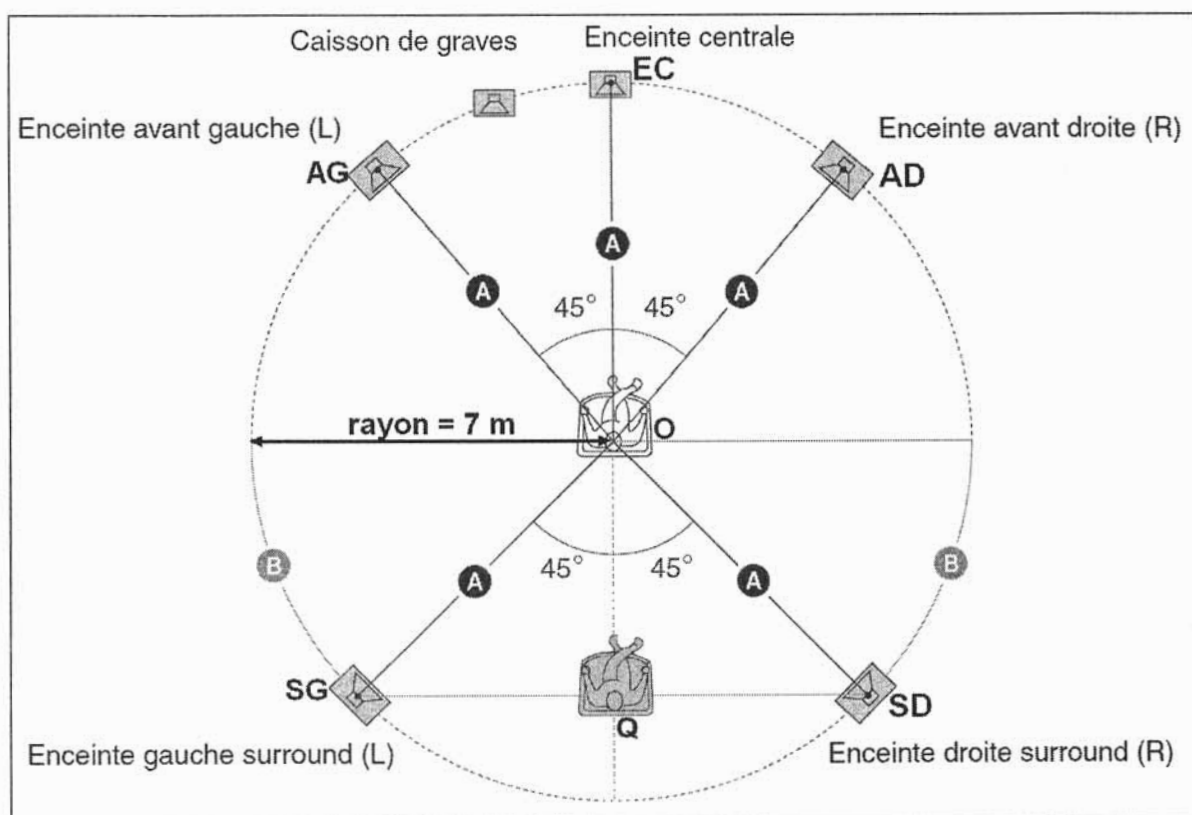


Figure 2 : Installation Home cinéma

La procédure d'étalonnage automatique permet, en reliant à l'amplificateur un micro situé à la position de l'auditeur, de régler chaque enceinte automatiquement.

Le système est normalement prévu pour un spectateur/auditeur positionné en O. Nous allons voir quelles sont les caractéristiques du son reçu, sans reprise d'étalonnage si l'auditeur se déplaçait au point Q .

On négligera au cours de cette étude les phénomènes liés aux réflexions sur les murs, plafond et plancher de la pièce. On supposera aussi que toutes les enceintes sont à la hauteur de l'oreille de l'auditeur et dirigées vers l'auditeur : l'étude se fait dans un plan en considérant les enceintes omnidirectionnelles.

Pour simplifier, on placera le caisson de grave au point EC, comme l'enceinte centrale.

On rappelle : vitesse du son dans l'air = 340 m/s

On note ici O-AG la distance entre les points O et AG.

Q.1) Vérifier les valeurs des distances suivantes :

O-AG = 7 m, O-SG = 7 m, Q-SG \approx 5 m, Q-AG \approx 11 m, Q-EC \approx 12 m.

1. Étalonage en amplitude

On suppose que chacune des 6 enceintes émet l'une après l'autre.

On appelle P_O , l'amplitude de la pression acoustique reçue en O et P_Q , l'amplitude de la pression acoustique reçue en Q pour une enceinte.

On rappelle que dans le cas d'une propagation d'onde sonore en espace libre, l'amplitude de la pression est inversement proportionnelle à la distance à la source.

Q.2) Pour chacune des 6 enceintes, exprimer P_Q en fonction de P_O .

On rappelle : le niveau L d'un son exprimé en dBSL (SL signifiant Sound Level, niveau sonore) est relié à la pression acoustique par la relation suivante :

$$L_{(dBSL)} = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

*où P est la pression acoustique exprimée en Pascal (Pa),
et P_0 la pression de référence correspondant au 0dBSL fixée à $2 \cdot 10^{-5}$ Pa*

Q.3) Déterminer le gain ou l'atténuation en dB à apporter à chaque enceinte pour retrouver la même sensation auditive en Q qu'en O.

Le système d'étalonage permet de rattraper des différences de gain de ± 6 dB.

Q.4) Déterminer si le système est capable de corriger l'installation dans le cas étudié.

Q.5) Représenter sur le document réponse n°1 et à main levée, à l'intérieur du cercle sur lequel sont situées les enceintes, la zone où le système permet de corriger l'installation avec un rattrapage de différences de gain de ± 6 dB.

2. Étalonnage en retard

Q.6) Pour chaque enceinte, déterminer maintenant le retard T_D entre l'instant où l'onde sonore est émise par une enceinte et le moment où elle arrive à l'oreille de l'auditeur dans les cas où l'auditeur est situé en O puis en Q.

On étudie maintenant le cas où le même signal sinusoïdal de pulsation ω est appliqué aux enceintes avant gauche et surround gauche. Pour une enceinte, ce signal génère en O une pression acoustique $P(t) = P_0 \cdot \sin(\omega t)$

Q.7) Écrire l'expression de la pression acoustique totale reçue par l'oreille gauche de l'auditeur en fonction de P_0 , de ω et de t , lorsque l'auditeur est situé en O puis en Q. On effectuera le calcul en absence de correction d'amplitude.

Q.8) L'amplitude de la pression acoustique reçue peut varier en fonction de ω , déterminer l'amplitude minimale et l'amplitude maximale de la pression acoustique reçue lorsque l'auditeur est situé en O puis en Q.

Q.9) Évaluer l'écart de fréquence entre la fréquence d'un maximum et la fréquence d'un minimum de pression acoustique totale.

Q.10) Déterminer l'évolution de la situation en Q si les enceintes sont corrigées en amplitude sans être corrigées en retard.

Q.11) Expliquer comment le système est capable, assez facilement, de retarder le son d'une enceinte par rapport à l'autre.

Q.12) Conclure sur la nécessité de la procédure d'étalonnage.

2. Interface enceintes

L'étage de sortie du home-cinéma qui fournit la puissance aux enceintes est un amplificateur de classe D. Après avoir fait un bilan de puissance du système, nous allons étudier les structures mises en jeu.

1. Bilan de puissance

Nous allons ici évaluer et dimensionner les puissances, tensions et courants mis en jeu dans les deux amplificateurs home-cinéma.

La figure suivante représente le schéma synoptique de puissance du système home-cinéma.

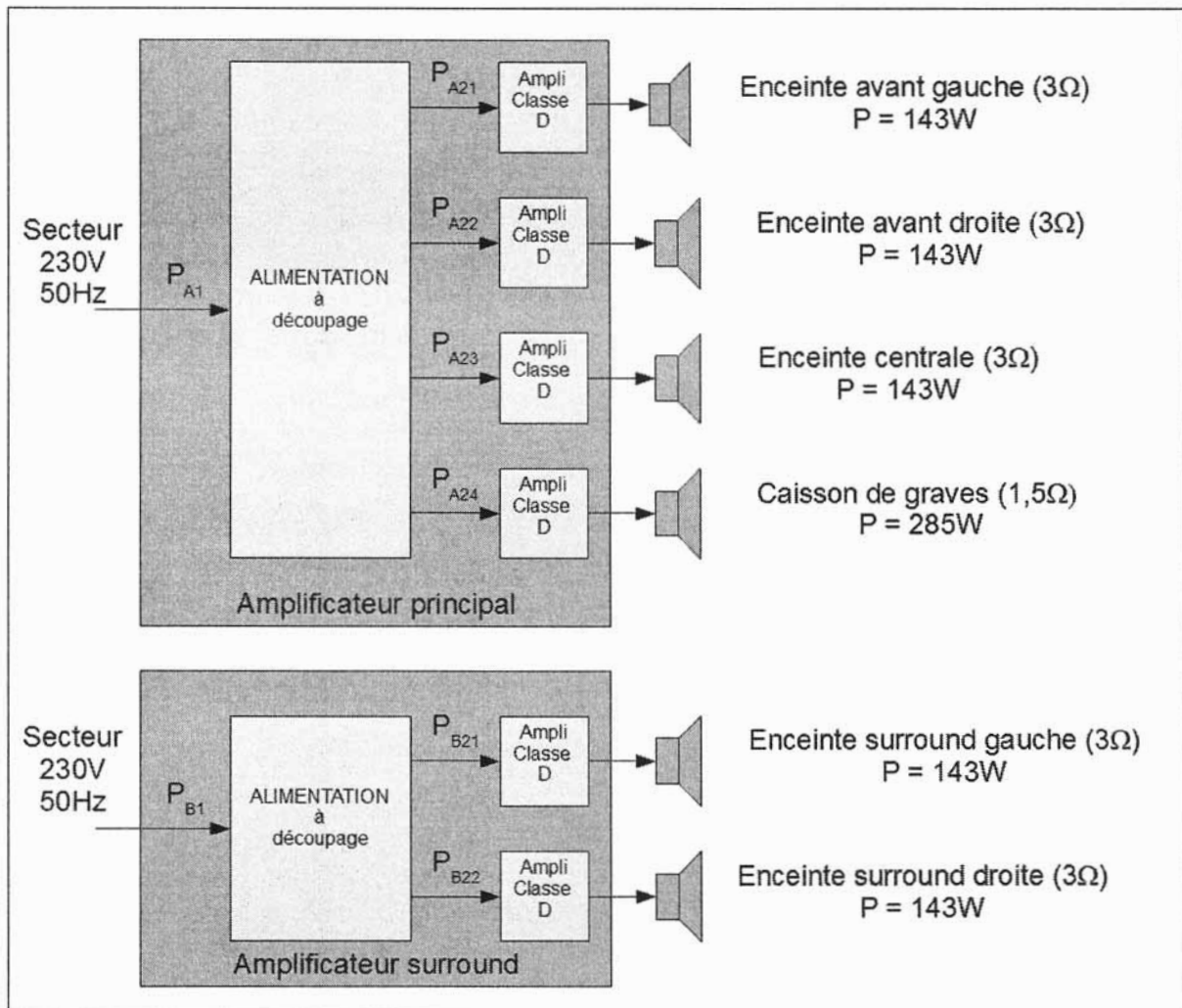


Figure 3 : Schéma synoptique de puissance de l'amplificateur home-cinéma

Les puissances données ici sont les puissances maximales en mode surround à THD = 10% (THD : Total Harmonic Distortion, taux de distorsion harmonique totale).

Pour notre étude, on estimera le rendement de chaque alimentation à découpage égal à 80%, le rendement de chaque amplificateur de classe D à 90%.

Q.13) Déterminer les valeurs maximales des tensions et courants efficaces sur chaque enceinte.

Pour les amplificateurs de classe D utilisés, l'amplitude de la tension maximale (crête) est égale à la tension d'alimentation.

Q.14) Déterminer les valeurs des puissances repérées sur la figure 3 P_{A21} à P_{A24} , P_{B21} et P_{B22} ainsi que les tensions et courants correspondants.

Q.15) Déterminer les valeurs des puissances repérées sur la figure 3 P_{A1} et P_{B1} ainsi que les tensions et courants correspondants. On supposera $\cos\phi = 1$ sur les accès 230V.

Q.16) Comparer aux valeurs données par le constructeur dans les spécifications (dossier ressources). Conclure.

2. Étude de l'amplificateur de classe D

Q.17) Définir ce que sont les classes d'amplification A, B, AB, C (une ligne de texte par classe). Indiquer leur application principale, préciser en particulier si la classe d'amplification est utilisée en audiofréquence ou pas.

Nous allons maintenant étudier en détail le fonctionnement de l'amplificateur de classe D. Pour cela, nous partirons d'un schéma élémentaire pour arriver à l'étude d'un circuit intégré spécialisé utilisé dans une application home-cinéma.

2.1 Structure de base (single ended)

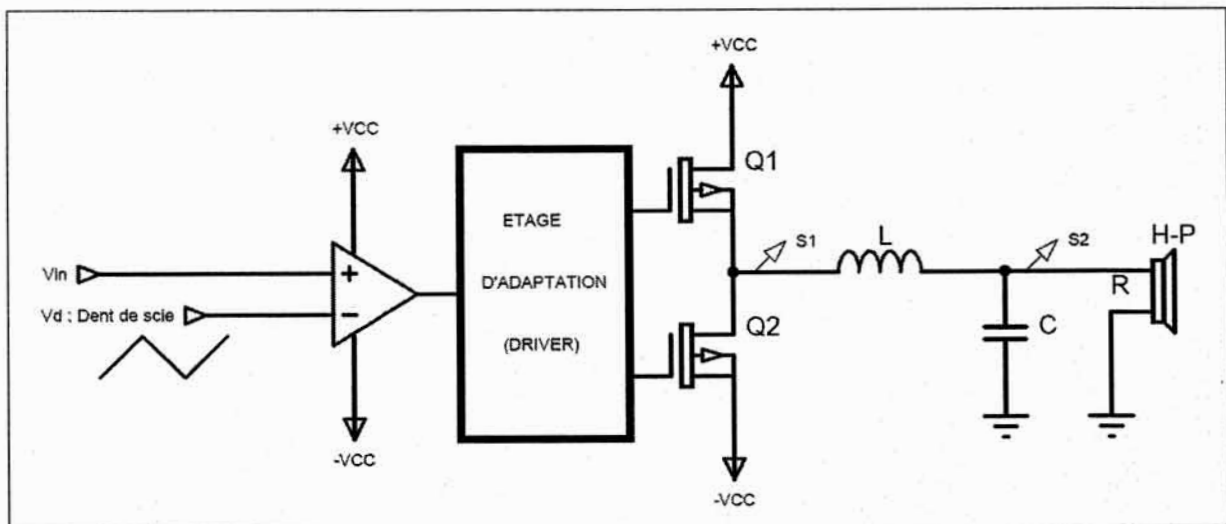


Figure 4 : Schéma de principe de l'amplificateur de classe D

Le signal V_{in} est comparé à une dent de scie V_d .

V_d est une dent de scie d'amplitude V_R et de fréquence > 20 kHz, typiquement autour de 300 kHz.

La sortie du comparateur attaque un étage d'adaptation (driver) qui adapte les signaux sur les grilles des 2 transistors MOS de puissance fonctionnant en commutation.

**Si la sortie du comparateur est à l'état haut, Q1 conduit et Q2 est bloqué.
Si la sortie du comparateur est à l'état bas, Q1 est bloqué et Q2 conduit.**

L'étage d'adaptation (driver) réalise les adaptations et translations de niveaux sur les grilles des transistors, introduit un retard (dead-time) afin que les 2 transistors Q1 et Q2 ne conduisent jamais simultanément.

Q.18) Représenter sur le document réponse n°2, V_{S1} pour $V_{CC} = 15V$ avec V_{IN} et V_D tels qu'ils sont représentés dans le document réponse. Décrire l'allure de V_{S2} .

Q.19) Déterminer l'amplification en tension $A_{SE} = \frac{V_{S2}}{V_{IN}}$ de l'amplificateur en fonction de V_R , amplitude crête de la dent de scie et V_{CC} . On supposera ici que tous les composants sont idéaux.

Q.20) Déterminer l'expression de la puissance maximale sur le haut-parleur.

Dans un amplificateur de classe D, le taux de distorsion harmonique augmente très fortement lorsque la puissance de sortie se rapproche de la puissance maximale, **bien que l'amplitude de sortie reste inférieure à la tension d'alimentation**. Par exemple pour l'amplificateur home-cinéma SONY étudié, la distorsion harmonique est égale à 1 % pour $P_S = 108 W$ et égale à 10 % pour $P_S = 143 W$. La figure suivante montre l'évolution du taux de distorsion en fonction de la puissance de sortie sur un amplificateur de classe D TDA7490L :

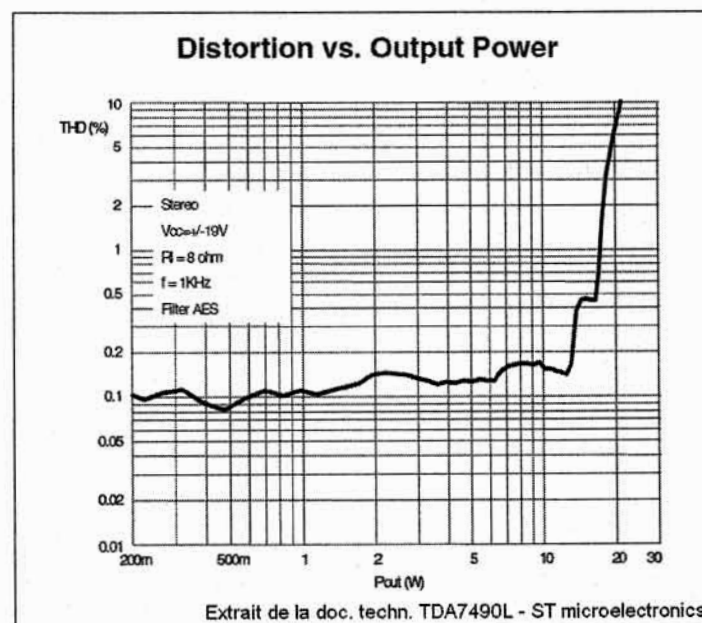


Figure 5 : Évolution de la distorsion harmonique (THD) en fonction de la puissance de sortie

Q.21) Expliquer la raison physique de ce phénomène.

Q.22) Exprimer la fonction de transfert $\frac{V_{S2}}{V_{S1}}$ sous la forme :

$$\frac{1}{1 + 2.m \left(j \frac{\omega}{\omega_0} \right) + \left(j \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}$$

et déterminer les expressions de m et de ω_0 .

Dans l'amplificateur en classe D, les concepteurs choisissent généralement $m = 0,707$ et une fréquence de coupure entre 20 et 30 kHz.

Q.23) Justifier ces choix techniques. Quel est le type de réponse en fréquence obtenue avec $m = 0,707$?

Application numérique

On rappelle que dans l'application home-cinéma, la puissance de sortie pour une enceinte est de 143 W sur 3 Ω .

Q.24) Déterminer les valeurs de VCC, de L et C pour une fréquence de coupure égale à 25 kHz.

Sur la plupart des amplificateurs audiofréquence, quelque soit leur classe de fonctionnement, on trouve en parallèle sur le haut-parleur un circuit RC série. Ce type de circuit porte le nom de cellule de Boucherot ou réseau de Zobel.

Exemple (ici avec un amplificateur en classe B), le haut-parleur a une impédance de 4 Ω :

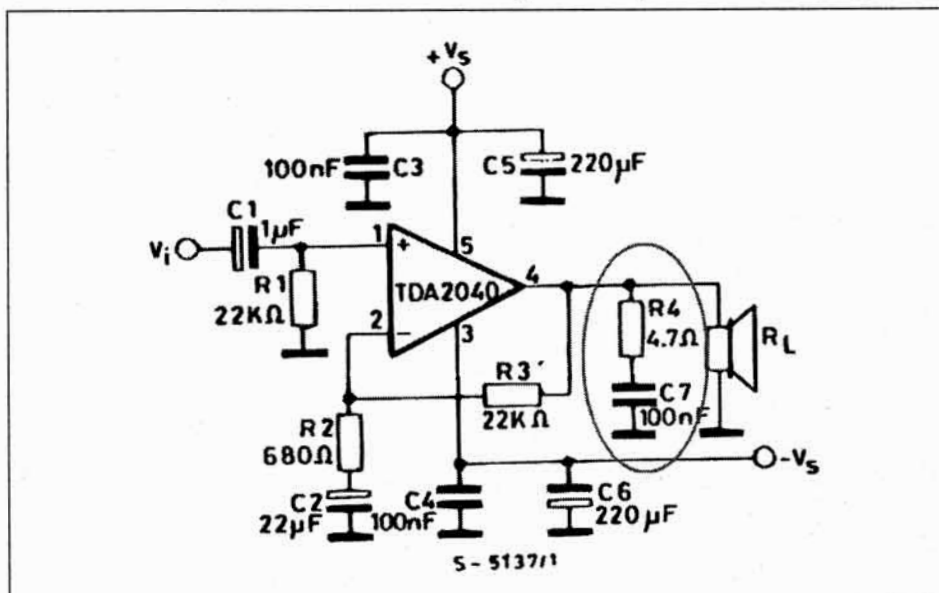


Figure 6 : Cellule de Boucherot ou réseau de Zobel

Q.25) Indiquer le rôle du dipôle constitué par R4 en série avec C7. Justifier leurs valeurs par un calcul simple.

En première approximation, on peut estimer que les principales pertes de puissance dans l'amplificateur de classe D sont les pertes à l'état passant dans les transistors et les pertes dans l'inductance L.

Q.26) Montrer que l'impédance de sortie de l'ensemble Q1 + Q2 est égal à R_{ON} , résistance à l'état passant d'un transistor.

Q.27) Déterminer l'expression du rendement en fonction de R, impédance du haut-parleur, de R_{ON} , résistance à l'état passant d'un transistor et R_L , résistance série de l'inductance L. Effectuer l'application numérique avec $R_{ON} = 0,1 \Omega$ et $R_L = 10 \text{ m}\Omega$.

Q.28) Indiquer quelles sont les autres principales sources de pertes dans l'amplificateur de classe D, préciser leurs significations physiques.

Q.29) Indiquer les modifications à apporter sur l'étage de sortie de cette structure pour l'utiliser avec une alimentation simple (E, 0V) au lieu de symétrique (+VCC,-VCC), sans rajouter de composants actifs. Déterminer les valeurs du ou des composants rajoutés. Déterminer dans ces conditions l'expression de P_{MAX} en fonction de E.

2.2 Structure en pont (BTL)

L'inconvénient de la structure étudiée précédente est qu'elle nécessite une alimentation symétrique (+VCC,-VCC). On rencontre souvent la structure BTL (Bridge Tied Load) qui ne nécessite qu'une seule alimentation et un pont de 4 transistors.

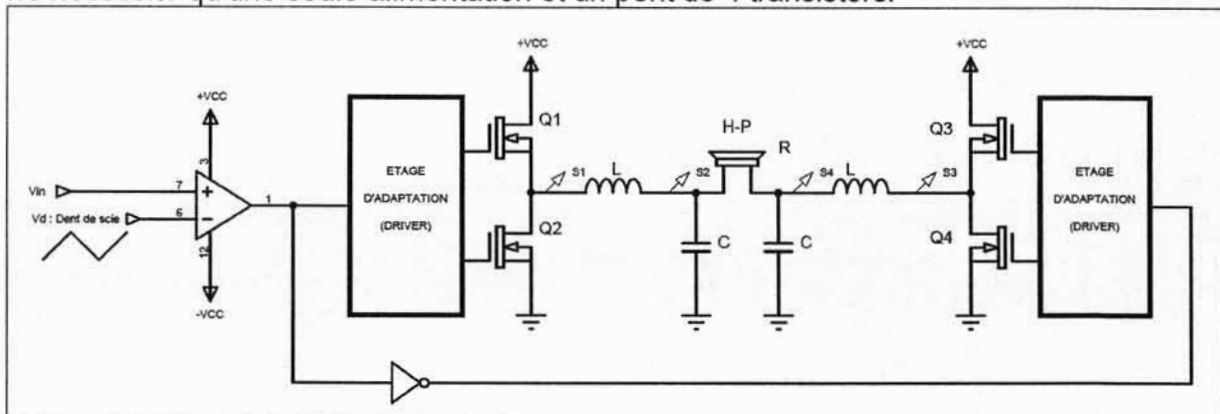


Figure 7 : Amplificateur de classe D : structure BTL

Q.30) Représenter sur le document réponse n°3, V_{S1} et V_{S3} pour $V_{CC} = 15V$ avec V_{IN} et V_D tels qu'ils sont représentés dans le document réponse. En déduire l'allure de la tension $V_{S1}-V_{S3}$, ainsi que l'allure de la tension aux bornes du haut-parleur ($V_{S2}-V_{S4}$). Déterminer l'amplification en tension de la structure BTL, $A_{BTL} = \frac{(V_{S2} - V_{S4})}{V_{IN}}$ en fonction de l'amplification en tension A_{SE} de la structure « single ended ».

Q.31) Déterminer l'expression de la puissance maximale sur le haut-parleur. Comparer à la valeur trouvée avec la structure de base (« single ended ») avec une alimentation simple.

Le haut-parleur est placé au milieu du pont. Par symétrie, on peut considérer que le haut-parleur est équivalent à deux demi-haut-parleurs d'impédance moitié ayant chacun une borne à la masse. Ce qui nous permettra de calculer la fonction de transfert du filtre.

Le schéma équivalent pour le calcul du filtre est le suivant :

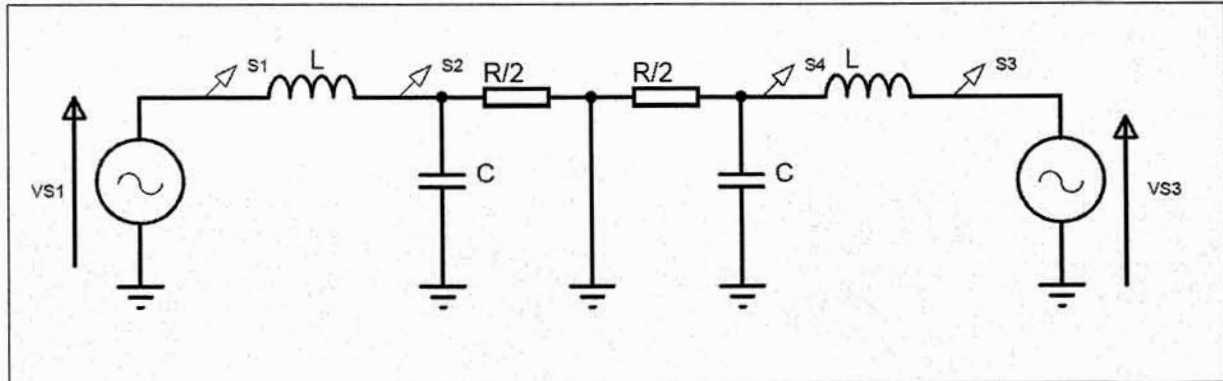


Figure 8 : Schéma équivalent pour le calcul du filtre

Q.32) A partir des résultats établis précédemment, montrer que la fonction de transfert

$$\frac{V_{S2}}{V_{S1}} \text{ peut se mettre sous la forme : } \frac{1}{1 + 2.m \left(j \frac{\omega}{\omega_0} \right) + \left(j \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2} \text{ et déterminer les}$$

nouvelles expressions de m et de ω_0 .

Application numérique

Q.33) Déterminer les valeurs de V_{CC} , L et C permettant de fournir 143 W sur un haut-parleur de 3Ω avec $m = 0,707$ et $f_c = 25 \text{ kHz}$

Q.34) Déterminer l'expression du rendement en fonction de R , impédance du haut-parleur, de R_{ON} , résistance à l'état passant d'un transistor et R_L , résistance série d'une inductance L . Effectuer l'application numérique avec $R_{ON} = 0,1 \Omega$, $R_L = 10 \text{ m}\Omega$, $R = 3 \Omega$.

Q.35) Discuter des avantages et inconvénients de la structure BTL comparée à la structure à 2 transistors (structure single-ended).

2.3 Étude d'un circuit intégré spécialisé.

Nous allons étudier un circuit intégré spécialisé réalisant la fonction amplification de classe D, le TAS5613 de Texas Instruments et vérifier qu'il peut être utilisé dans le système home-cinéma étudié. Des extraits de la documentation de ce circuit sont fournis dans le document ressources.

On rappelle les puissances à fournir aux enceintes (à THD = 10 %) :

Amplificateur principal :

143 W sur chacune des 3 enceintes 3Ω ,
285 W sur une enceinte sur $1,5 \Omega$.

Amplificateur surround :

143 W sur chacune des 2 enceintes 3 Ω .

Q.36) Traduire la phrase suivante, extraite de la documentation du TAS5613A.

The TAS5613A is a high-performance analog input Class D amplifier with integrated closed loop feedback technology (known as PurePath™ HD). PurePath™ HD technology enables traditional AB-Amplifier performance (<0.03 % THD) levels while providing the power efficiency of traditional class D amplifiers.

En général, sur ce type de circuit intégré, il y a possibilité de faire fonctionner l'amplificateur avec un oscillateur interne ou externe. Cet oscillateur délivre le signal à la fréquence de référence qui donnera la fréquence de découpage (fréquence du générateur de dent de scie). Pour une utilisation dans un système comportant plusieurs amplificateurs, les constructeurs recommandent d'utiliser un oscillateur unique.

Q.37) Déterminer la conséquence sur le système, si dans un ensemble home-cinéma, les fréquences de découpage ne sont pas synchronisées.

Ce composant peut être utilisé en mode PBTL (Parallel Bridge Tied Load). Dans ce mode, 2 structures BTL sont associées en parallèle.

Q.38) A partir de la documentation constructeur et de votre réflexion, indiquer quelles caractéristiques de l'amplificateur sont améliorées par le mode de fonctionnement PBTL.

Q.39) Rechercher dans la documentation constructeur les puissances maximales (à THD = 10 %) en stéréo BTL sur 3 Ω et en mono PBTL sur 2 Ω .

Q.40) A partir de la documentation fournie, déterminer, à priori, le nombre de circuits intégrés nécessaires pour l'amplificateur principal et pour l'amplificateur surround. Indiquer les structures choisies (Single ended, BTL, PBTL).

Enceintes d'impédance 3 Ω .

On étudie ici les amplificateurs chargés par les enceintes d'impédance 3 Ω .

On trouvera ci-après en figure 9, un extrait du schéma d'application du composant pour un haut-parleur d'impédance 3 Ω .

Q.41) Déterminer la fréquence de coupure de ce filtre et le coefficient d'amortissement m.

Q.42) Déterminer d'après la documentation constructeur, la tension minimale d'alimentation permettant de fournir 143 W à R=3 Ω .

Q.43) Évaluer la puissance dissipée maximale par un circuit intégré pilotant deux enceintes. On précisera la méthode employée.

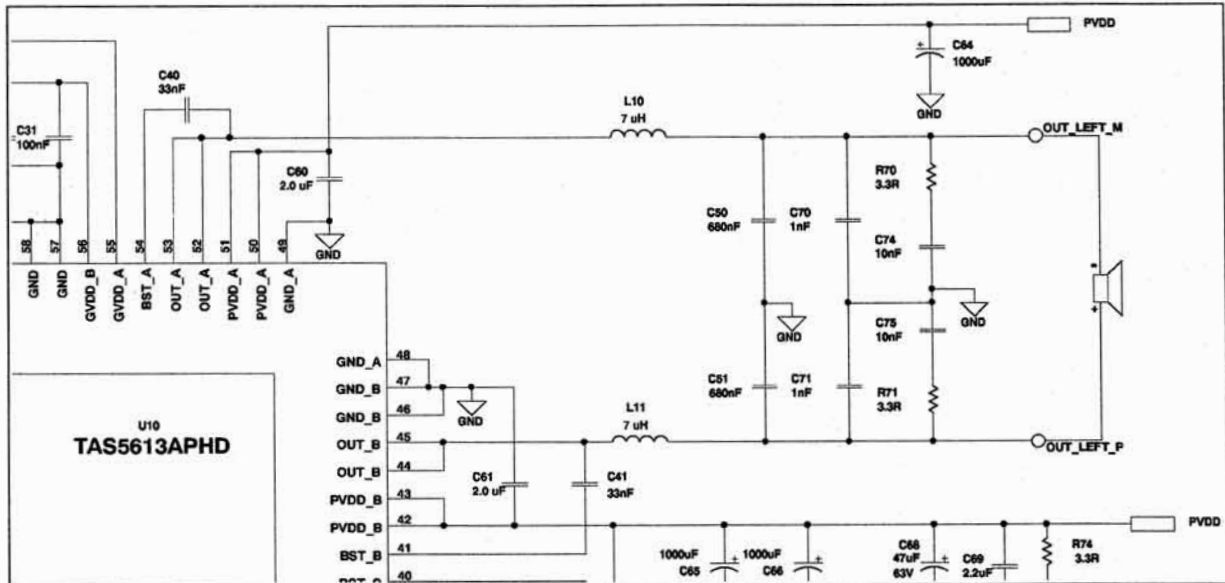


Figure 9 : Schéma d'application du circuit TAS5613 (Extrait)

2.4 Calcul du dissipateur

On considère que la puissance dissipée maximale pour un circuit fonctionnant avec deux voies BTL est égale à 30 W.

L'extrait de la documentation suivant donne les caractéristiques relatives à la dissipation thermique du composant :

PACKAGE HEAT DISSIPATION RATINGS ⁽¹⁾		
PARAMETER	TAS5613APHD	TAS5613ADKD
$R_{\theta JC}$ (°C/W) – 2 BTL or 4 SE channels	3.2	2.1
$R_{\theta JC}$ (°C/W) – 1 BTL or 2 SE channel(s)	5.4	3.5
$R_{\theta JC}$ (°C/W) – 1 SE channel	7.9	5.1
Pad Area ⁽²⁾	64 mm ²	80 mm ²

(1) J_C is junction-to-case, CH is case-to-heat sink
(2) $R_{\theta CH}$ is an important consideration. Assume a 2-mil thickness of typical thermal grease between the pad area and the heat sink and both channels active. The $R_{\theta CH}$ with this condition is 1.22°C/W for the PHD package and 1.02°C/W for the DKD package.

On utilise le composant en boîtier DKD.

Q.44) Déterminer la résistance thermique du dissipateur à utiliser pour que la température de jonction reste inférieure à 150°C lorsque la température ambiante est égale à 30 °C.

Q.45) Indiquer comment évoluent les dimensions du dissipateur si on utilise l'autre boîtier.

3. Interface audionumérique SPDIF

1. Généralités

La figure ci-dessous montre les trois types de raccordement entre une source audio et un amplificateur.

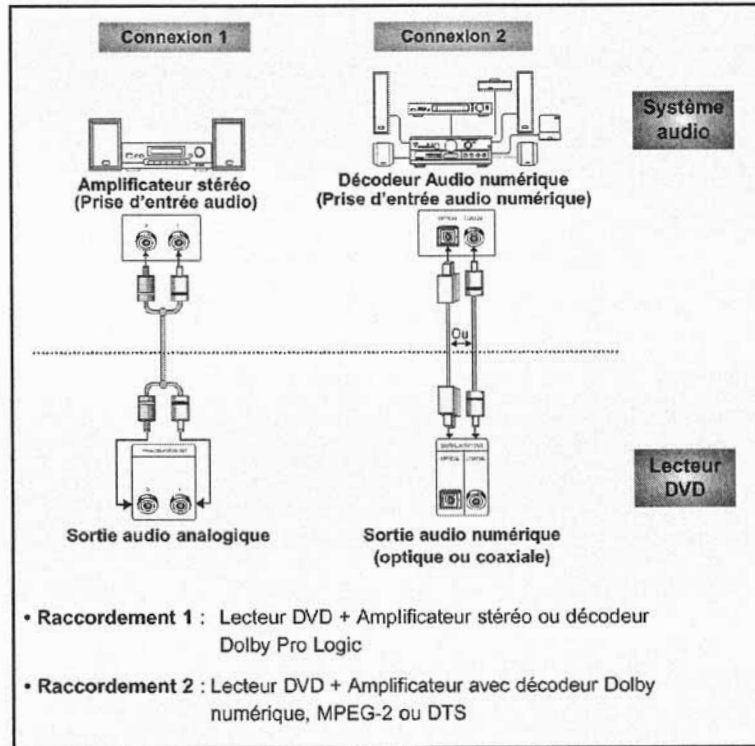


Figure 10 : Raccordement entre une source audio et un amplificateur Home-cinéma

Q.46) Indiquer les avantages d'une liaison SPDIF comparée à une liaison analogique.

Q.47) Déterminer la durée du bit, la durée d'une trame, la durée d'une super-trame dans le cas de la lecture d'un DVD.

Q.48) Déterminer la fréquence de récurrence moyenne des préambules X, Y et Z (toujours dans le cas de la lecture d'un DVD).

2. Code BMC

La liaison SPDIF utilise le code BMC. Nous allons dans un premier temps étudier les propriétés de ce code puis nous analyserons les fonctions électroniques qui réalisent le codage et le décodage. Le codage BMC est détaillé dans le dossier ressources.

Tout au long de ce paragraphe, on notera T la durée d'un bit transmis et $D = 1/T$ le débit binaire, on appellera « symbole » le signal temporel permettant de coder un état logique '0' ou '1' pendant la durée T .

2.1 Représentation temporelle et spectrale

Q.49) Dessiner, sur le document réponse n°4, les deux représentations possibles du signal BMC correspondant à la suite de bits « 10111001 ».

Nous allons maintenant comparer les propriétés du code BMC avec le code NRZ bipolaire. Dans le code NRZ bipolaire, un '0' est codé $-A$ pendant la durée T , un '1' est codé $+A$ pendant la durée T .

On trouvera dans le dossier ressources, quelques rappels sur les codes binaires ainsi que l'expression de la formule de Bennett qui permet de déterminer la densité spectrale des codes binaires.

Q.50) Déterminer l'expression simplifiée de la formule de Bennett dans le cas particulier où les bits à transmettre '0' et '1' sont équiprobables et le signal codant le '0' est l'opposé du signal codant le '1'.

Q.51) En déduire l'expression de la densité spectrale de puissance du code NRZ bipolaire. Tracer à main levée l'allure de la densité spectrale en fonction de la fréquence. Remarque : pour simplifier les calculs, on remarquera qu'un décalage du zéro de l'échelle de temps ne modifie pas le spectre du signal.

Le calcul de la densité spectrale du code BMC ne peut pas se faire en appliquant directement la formule de Bennett car il y a deux symboles possibles pour le '0' et deux symboles possibles pour le '1', variant en fonction du symbole précédent. Toutefois, nous allons montrer que la densité spectrale de puissance du code BMC peut quand même se déterminer à partir de la formule de Bennett, en interprétant le code BMC comme un code n'utilisant que 2 symboles (ou signaux) possibles au lieu de 4, à condition de définir autrement la règle de codage.

Q.52) Montrer que la suite de bits « 10111001 » en BMC peut s'écrire, en supprimant la première demi-période du signal BMC, comme une suite de symboles S_m et S_d décrits ci après. Donner cette suite de symboles. Vous pourrez faire apparaître ces symboles sur le document réponse n°4.

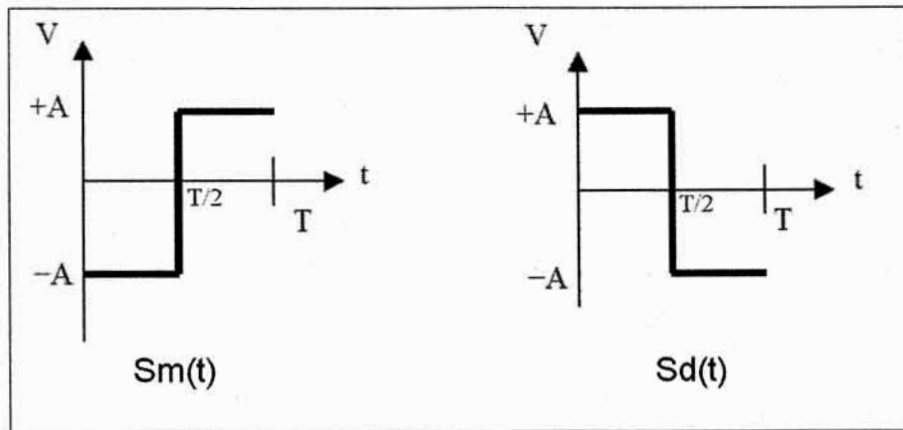


Figure 11 : Symboles $S_m(t)$ et $S_d(t)$

Q.53) Déterminer la règle de codage d'un '0' en BMC par S_d ou S_m en fonction de l'état du symbole précédent (c'est à dire en considérant les 2 états S_d ou S_m précédents possibles).

Q.54) Même question pour le codage du '1'. Conclure.

Q.55) En déduire les probabilités de réalisation des symboles S_m et S_d . Montrer que deux symboles successifs sont finalement émis de manière indépendante (au sens des probabilités).

Q.56) En déduire l'expression de la densité spectrale de puissance du signal BMC.

L'allure de la densité spectrale du signal BMC est donnée dans le dossier ressources figure 5 page 13.

Q.57) Sans refaire les calculs précédents, mais en s'aidant de raisonnements physiques simples, justifier l'allure de la densité spectrale.

Pour cela, on s'appuiera en particulier sur :

- la valeur de la densité spectrale en $f = 0$,
- la valeur de la fréquence du maximum de la densité spectrale de puissance,
- la largeur du lobe principal.

Q.58) Préciser et justifier les avantages et inconvénients du code BMC utilisé par rapport au code NRZ bipolaire en s'appuyant sur les critères suivants : composante continue, bande occupée, récupération de l'horloge.

Dans certains articles, le code BMC est décrit comme une modulation FSK particulière.

Q.59) Justifier cette affirmation en précisant les paramètres de cette modulation.

2.2 Codage

Le codage BMC peut être réalisé par un circuit spécialisé mais aussi un ASIC, un FPGA ou un CPLD.

On trouvera dans le dossier ressources la description VHDL d'un codeur BMC. Cette description a été obtenue à partir d'un logiciel qui a généré le code VHDL à partir d'une saisie graphique. La description d'origine utilise le formalisme de la machine à états.

Q.60) Représenter sur un schéma fonctionnel les variables d'entrée et les variables de sortie de la fonction. On indiquera leur type et leur fonction, on précisera les signaux synchrones et asynchrones. Donner le nom des variables internes, leurs types, leurs fonctions, et le nombre de bits (de bascules) sur lesquelles elles seront codées.

Q.61) Représenter le diagramme d'état correspondant au fichier VHDL donné.

Q.62) A l'aide du diagramme d'état obtenu, compléter le chronogramme relatif à cette fonction sur le document réponse n°5. Repérer chaque état du système. Vérifier que la fonction est bien réalisée.

2.3 Décodage

Le décodage peut aussi être réalisé dans un circuit logique programmable.

Des circuits de décodage récupèrent des horloges à la fréquence D et à la fréquence 2D. Ces horloges permettent de repérer les débuts de bits et permettent d'identifier chaque demi-bit conformément au chronogramme suivant.

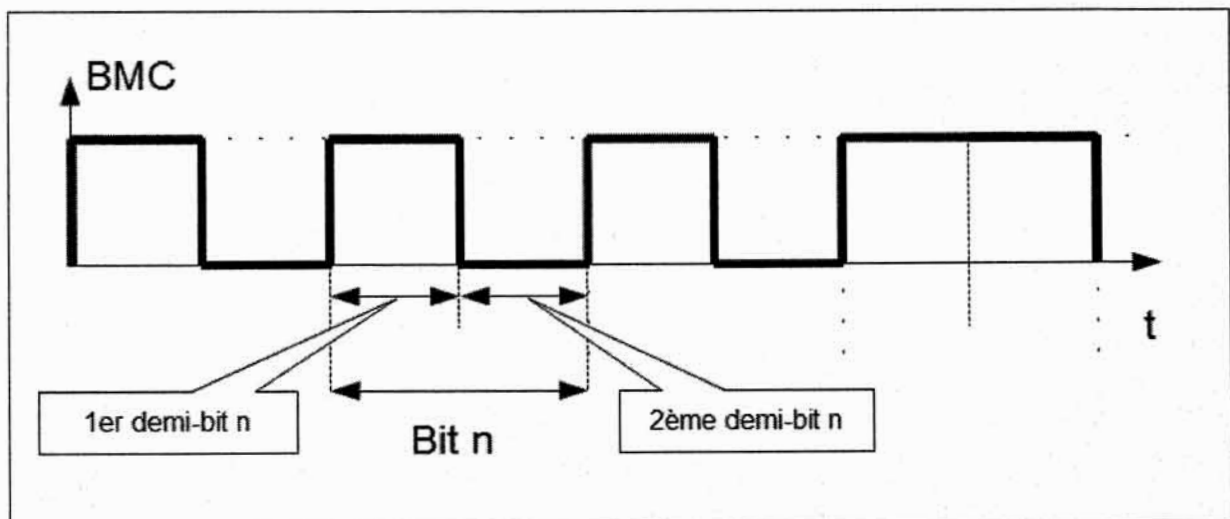


Figure 12 : Décodage BMC

Q.63) Indiquer comment retrouver le bit n transmis à partir de la lecture de chacun des demi-bits n. Indiquer la fonction logique permettant le décodage.

3. Transmission du signal SPDIF sur câble coaxial

3.1 Transmission sur câble coaxial

La transmission du signal SPDIF sur câble coaxial utilise un câble d'impédance caractéristique égale à 75Ω , les impédances d'entrée et de sortie nominales des interfaces sont égales à 75Ω .

Q.64) Rappeler la définition de l'impédance caractéristique d'une ligne ou d'un câble. Justifier la valeur des impédances d'entrée et de sortie.

Le modèle équivalent de la liaison SPDIF sur le câble coaxial est le suivant :

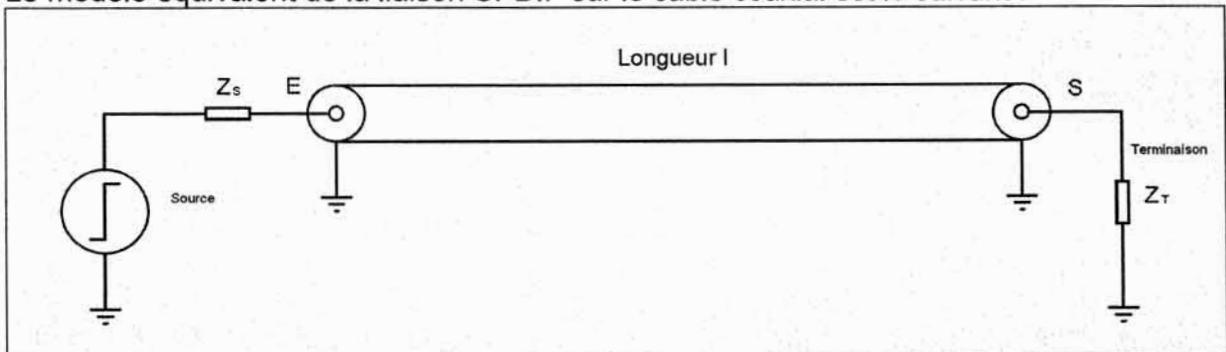


Figure 13 : Transmission SPDIF sur câble coaxial : modèle équivalent

On effectuera les calculs pour une longueur $l = 10 \text{ m}$. La vitesse de propagation sur la ligne est de $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Q.65) Rappeler l'expression de la vitesse de propagation dans un câble coaxial (ligne sans pertes) en fonction des caractéristiques du diélectrique et justifier la valeur donnée.

Q.66) Déterminer les valeurs minimales et maximales du coefficient de réflexion à la terminaison pour Z_T tel que $75 \Omega - 5\% \leq Z_T \leq 75 \Omega + 5\%$.

Q.67) Représenter sous forme de chronogramme l'allure des tensions en E et en S dans le cas où le générateur délivre un échelon de tension de f.e.m + 1 V lorsque l'impédance de terminaison est $Z_T = 75 \Omega + 5\%$. On supposera l'impédance de source égale à 75Ω (rigoureusement). On ne négligera pas, bien sûr, les temps de propagation, puisqu'ils sont l'objet de notre étude !

Q.68) Comparer la durée du régime transitoire à la durée minimale d'un bit. Peut-on négliger les phénomènes liés à la propagation ?

Un résumé de la norme IEC958 figure dans le dossier ressources.

Dans les spécifications de la norme IEC958 la tolérance est plus grande pour l'impédance de la source que pour l'impédance de terminaison.

Q.69) Justifier les raisons de ce choix pour cette norme.

3.2 Interface émission

Il y a plusieurs possibilités pour réaliser l'interface câble de la liaison SPDIF. On donne ci-après un schéma utilisé dans certains équipements.

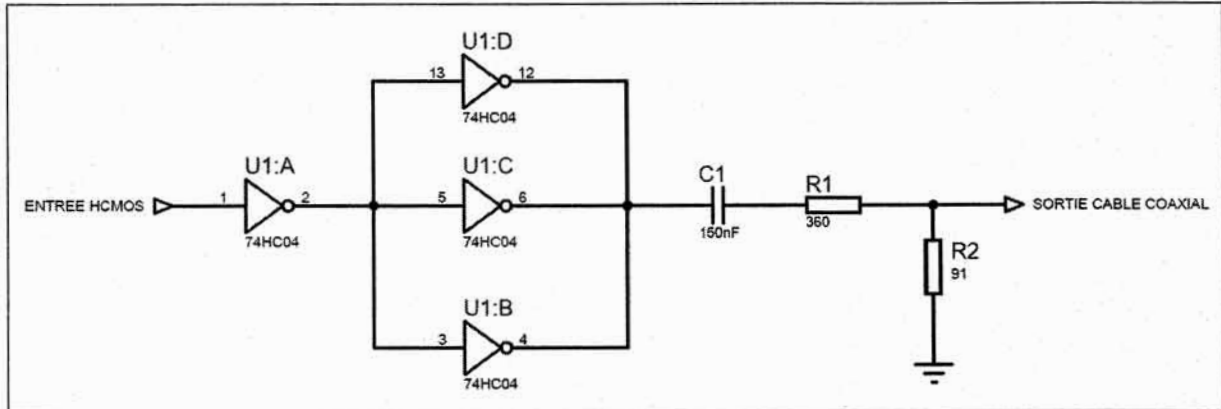


Figure 14 : INTERFACE HCMOS vers COAXIAL

Cette structure réalise l'interface entre un étage HCMOS et le câble coaxial SPDIF. L'inverseur utilisé est un circuit 74HC04 dont la documentation est donnée dans le dossier ressources. Le circuit est alimenté en +5 V.

Q.70) Expliquer qualitativement la raison pour laquelle les trois inverseurs U1:B, U1:C et U1:D sont associés en dérivation.

Q.71) Expliciter le rôle du condensateur C1 et justifier sa valeur.

Q.72) Évaluer le courant fourni par chaque inverseur lorsque la sortie coaxiale est chargée par une impédance de 75Ω .

Q.73) Déterminer le modèle équivalent de Thévenin (f.e.m équivalente et résistance de sortie) pour un circuit inverseur. Les calculs seront effectués dans le cas le plus défavorable.

Q.74) En déduire le modèle équivalent de Thévenin des 3 inverseurs en dérivation.

Q.75) Déterminer le modèle équivalent de Thévenin vu depuis la sortie coaxiale.

Q.76) Calculer la tension présente en sortie lorsque celle-ci est chargée par une impédance de 75Ω .

Un résumé de la norme IEC958 figure dans le dossier ressources.

Q.77) Vérifier la conformité à la norme IEC958.

3.3 Interface réception

Voici un exemple de structure utilisée comme interface câble dans certains équipements.

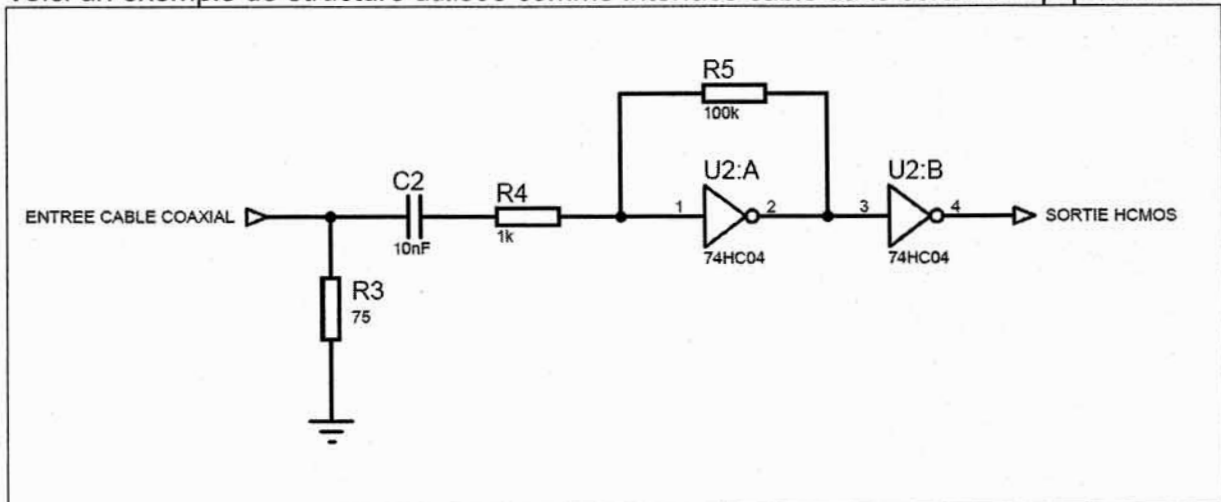


Figure 15 : INTERFACE COAXIAL vers HCMOS

Cette structure réalise l'interface entre les signaux présents sur le câble coaxial et un étage HCMOS. Comme pour la structure précédente, l'inverseur utilisé est un circuit 74HC04 dont la documentation est donnée dans le dossier ressources. Le circuit est alimenté en +5V.

Q.78) Montrer que l'inverseur U2:A associé à la résistance R5 se comporte comme un amplificateur d'amplification $-A$ avec $A \gg 1$. Préciser le point de polarisation statique sur la caractéristique de transfert du 74HC04.

Q.79) Déterminer l'amplification G de l'ensemble R4, R5, U2:A pour $A = 15$ à la fréquence de travail. Déterminer la limite de G si A tend vers l'infini.

Q.80) Définir le type de rétroaction formé par R4 et R5 autour de l'amplificateur U2:A.

Q.81) Déterminer l'amplitude minimale à appliquer sur l'entrée câble coaxial pour avoir en sortie HCMOS (sortie U2:B) des niveaux haut et bas correctement définis. On effectuera les calculs avec les caractéristiques définies dans le pire cas à $V_{cc} = 4,5\text{ V}$ pour le circuit HC04.

Q.82) Déterminer la valeur de l'impédance d'entrée sur l'entrée câble coaxial. On pourra, pour alléger les écritures, faire intervenir le gain G de l'ensemble R4, R5, U2:A.

Un résumé de la norme IEC958 figure dans le dossier ressources.

Q.83) Vérifier la conformité à la norme IEC958.

4. Transmission du signal SPDIF sur fibre optique

La transmission du signal audio numérique par fibre optique utilise des fibres optiques plastiques et des modules d'émission et de réception TOSLINK. Les modules Toslink utilisent en émission une led rouge.

4.1 Fibre optique

Q.84) Les fibres optiques sont répertoriées en fonction de leur profil d'indice et du mode de propagation. Indiquer quelles sont les différentes familles de fibres optiques utilisées en télécommunications.

La documentation de la fibre optique utilisée est donnée dans le dossier ressources.

Q.85) Déterminer le type de fibre optique utilisé ici. Justifier votre réponse.

Q.86) Déterminer la vitesse de propagation de groupe sur cette fibre.

Q.87) Définir le paramètre appelé dans la documentation « Numerical aperture ». Quelle est sa signification physique ? Pour une source à LED, vaut il mieux une grande valeur ou une faible valeur pour ce paramètre ?

4.2 Module Toslink émission

Nous allons étudier le schéma interne d'un module d'émission TOSLINK.

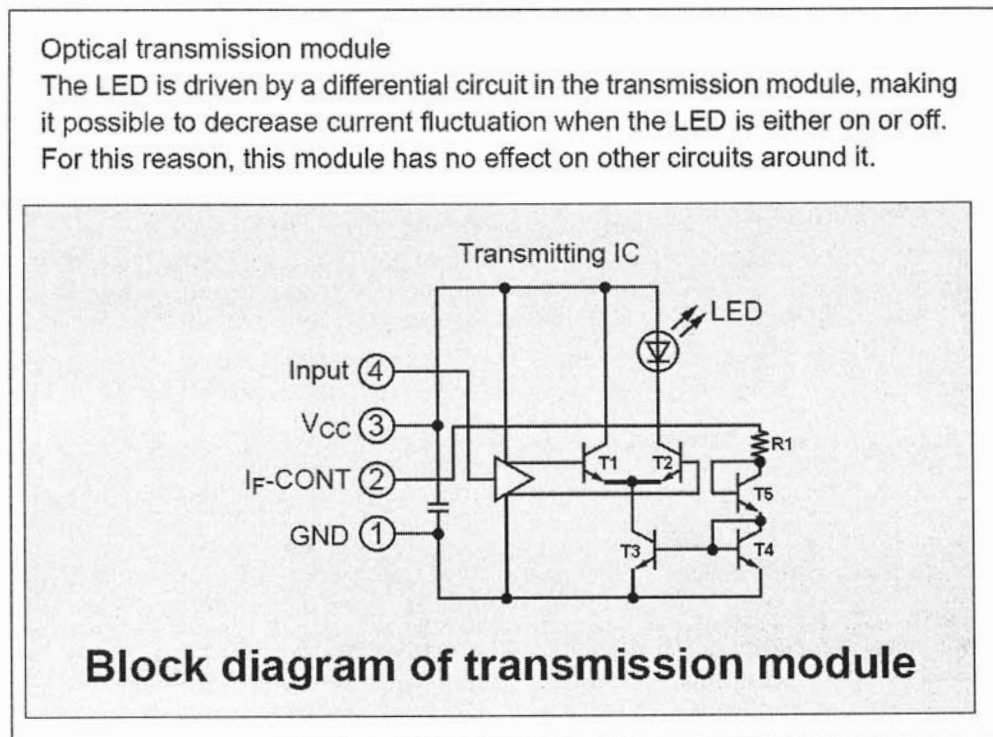


Figure 16 : Schéma interne simplifié d'un Module Toslink émission

Q.88) Donner le nom des structures à transistors (T1 + T2), (T3 + T4)

L'utilisateur doit connecter une résistance R entre les broches IF-CONT et V_{CC} qui permet de contrôler le courant dans la led.

Q.89) Exprimer le courant dans la LED (lorsqu'elle est allumée) en fonction des éléments du circuit. Application numérique : V_{CC} = 5 V ; R₁ = 470 Ω ; R = 1 kΩ

Q.90) Indiquer quels sont les avantages de cette structure selon Toshiba et selon vous.

4.3 Module Toslink réception

Q.91) Traduire, en français correct, le texte extrait de la documentation constructeur, donné ci-après.

Optical receiving module

An ATC (automatic threshold control) circuit is used to reshape the waveform in the receiving module. The ATC circuit controls the comparator reference voltage so that it is always automatically adjusted as the input optical power changes. For this reason there will be little pulse width distortion even when the length or degree of bending conditions of the optical fiber are changed.

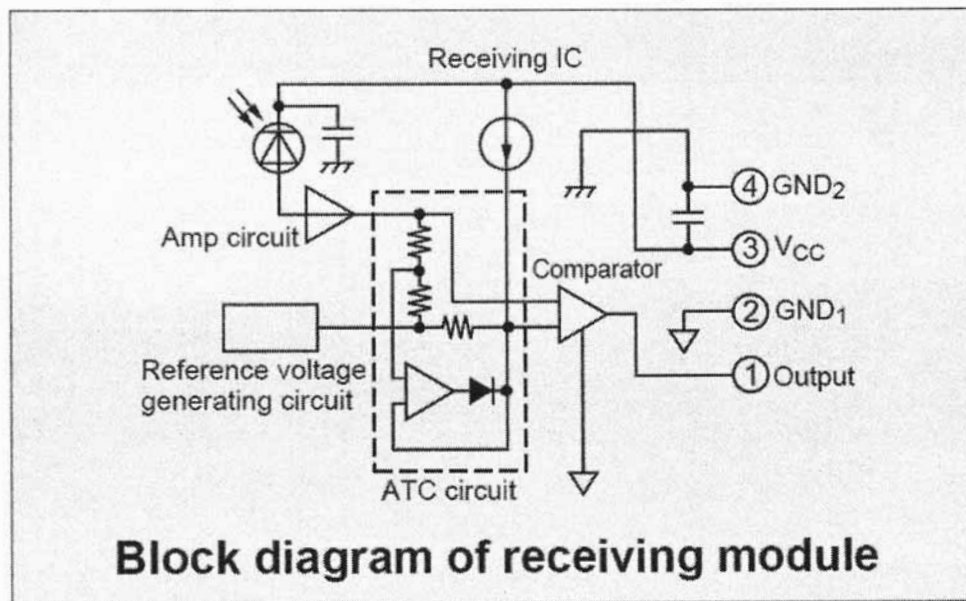


Figure 17 : Schéma interne simplifié d'un Module Toslink réception

Q.92) Indiquer quel composant réalise la conversion optique-électrique. Indiquer la grandeur de sortie de ce composant et son sens de variation en fonction de l'intensité lumineuse.

4. Interface réseau

L'amplificateur home cinéma BDV-E800W étudié ici, possède une prise Ethernet lui permettant d'accéder à Internet pour pouvoir se mettre à jour. L'étude effectuée ici a pour objectif d'interpréter les résultats issus d'une capture réseau lors de la mise sous tension puis d'une mise à jour.

Nous nous plaçons dans le cas où l'amplificateur home cinéma est installé chez un particulier, il est relié par un câble réseau au modem ADSL (« box ») du particulier. Après la mise sous tension de l'amplificateur, l'utilisateur effectue une mise à jour par l'intermédiaire de sa télécommande et de son écran TV à partir du menu « mise à jour réseau ». L'amplificateur home-cinéma a été configuré pour obtenir sa configuration depuis un serveur DHCP.

1. Conditions de la capture

Q.93) Afin de capturer les trames émises et reçues par l'amplificateur home-cinéma, un PC a été branché sur un même équipement réseau que ce dernier. Dessiner un schéma de l'installation mise en œuvre. Expliquer le choix du matériel et du logiciel à utiliser pour réaliser cette capture.

Q.94) Justifier le type de câble Ethernet à utiliser afin de connecter l'amplificateur home-cinéma à l'équipement réseau.

2. Capture de trames lors de la mise à jour

On trouvera ci après aux pages 25 et 26, un relevé des trames capturées.

2.1 Adresses MAC

Q.95) A partir de la capture, donner l'adresse MAC de l'amplificateur home-cinéma en faisant apparaître clairement votre démarche.

Q.96) Toujours à partir de la capture, donner une adresse MAC fictive appartenant à SONY. Justifier.

2.2 DHCP

Q.97) La trame 94 correspond au moment où l'amplificateur home-cinéma est mis sous tension. Indiquer et expliquer la première tâche que réalise alors l'amplificateur home-cinéma.

2.3 ARP

Q.98) Expliquer le rôle du protocole ARP. Que signifie l'acronyme ARP ?

Q.99) Expliquer ce qui se passe au niveau ARP dans les trames 100 et 101.

2.4 Couche réseau (IP)

Q.100) Expliquer la notion d'adresses IP publiques et privées. Expliquer le problème posé par une station d'un réseau privé qui possède l'adresse IP publique d'un serveur web public.

Q.101) Définir le type de l'adresse IP (publique ou privée) associée à l'amplificateur home-cinéma. Justifier.

2.5 Couche transport (1/2)

Q.102) Définir le rôle de la couche transport .

Q.103) Afin de se mettre à jour l'amplificateur home-cinéma doit contacter un serveur soit en utilisant une adresse IP connue à l'avance, soit en utilisant une URL. Expliquer pourquoi l'utilisation d'une URL est plus judicieuse.

Q.104) Donner l'URL qu'utilise l'amplificateur home-cinéma.

Q.105) Donner le protocole de transport sous-jacent au protocole DNS. Indiquer quel port par défaut utilise un serveur DNS.

2.6 Couche transport (2/2)

Q.106) Définir ce qu'implique la notion de mode connecté pour un protocole, comme par exemple pour le protocole TCP par rapport à UDP.

Q.107) Donner les principaux avantages apportés par TCP par rapport à UDP.

Q.108) Expliquer le concept de client/serveur. Indiquer ici, quel est le client et quel est le serveur.

Q.109) Indiquer les trames mettant en évidence la connexion du client au serveur. Expliquer.

Q.110) Définir sur quel port et à quelle adresse IP le serveur écoute.

Q.111) Indiquer de manière très générale, à quel type de serveur ce port est dédié.

Q.112) Expliquer la raison de ce choix.

Q.113) Indiquer quel port a utilisé le client .

Q.114) Indiquer les trames mettant en évidence la fin de la connexion.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
94	30.749856	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transaction ID 0x7241a373
95	30.753984	192.168.1.1	192.168.1.42	DHCP	DHCP Offer - Transaction ID 0x7241a373
96	30.770261	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transaction ID 0x7241a374
97	30.773501	192.168.1.1	192.168.1.42	DHCP	DHCP Offer - Transaction ID 0x7241a374
98	30.790130	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Transaction ID 0x7241a375
99	30.797063	192.168.1.1	192.168.1.42	DHCP	DHCP ACK - Transaction ID 0x7241a375
100	30.949999	Sony_72:78:87	Broadcast	ARP	who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.42
101	30.950981	SFr_f6:80:d8	Sony_72:78:87	ARP	192.168.1.1 is at 00:17:33:f6:80:d8
102	30.950985	192.168.1.42	192.168.1.1	DNS	Standard query PTR 42.1.168.192.in-addr.arpa
103	30.951957	192.168.1.1	192.168.1.42	DNS	Standard query response, No such name
106	34.891854	192.168.1.42	192.168.1.1	DNS	Standard query A blu-ray.update.sony.net
110	35.245301	192.168.1.1	192.168.1.42	DNS	standard query response CNAME blu-ray.update.sony.net.edgesuite.net CNAME al852.g.akamai.net A Z
112	35.276665	192.168.1.42	213.155.154.88	TCP	54521 > http [SYN] seq=0 win=5840 len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSV=4294896279 TSER=4294896280
113	35.321132	213.155.154.88	192.168.1.42	TCP	http > 54521 [SYN, ACK] seq=0 ack=1 win=5792 len=0 MSS=1452 SACK_PERM=1 TSV=4068310540 TSER=4294
114	35.321184	192.168.1.42	213.155.154.88	TCP	54521 > http [ACK] seq=1 ack=1 win=5840 len=0 TSV=4294896279 TSER=4068310540
115	35.322155	192.168.1.42	213.155.154.88	HTTP	GET /support/BDV/BDV-E_Z7_EUR/6DV-E_Z7_EUR.fr HTTP/1.1
116	35.366877	213.155.154.88	192.168.1.42	TCP	http > 54521 [ACK] seq=1 ack=214 win=6880 len=0 TSV=4068310586 TSER=4294896280
119	35.713428	213.155.154.88	192.168.1.42	HTTP	HTTP/1.1 200 OK (text/plain)
120	35.713430	213.155.154.88	192.168.1.42	TCP	http > 54521 [FIN, ACK] seq=652 ack=214 win=6880 len=0 TSV=4068310932 TSER=4294896280
121	35.714276	192.168.1.42	213.155.154.88	TCP	54521 > http [ACK] seq=214 ack=653 win=7144 len=0 TSV=4294896377 TSER=4068310932
122	35.749825	192.168.1.42	213.155.154.88	TCP	54521 > http [ACK] seq=214 ack=653 win=7144 len=0 TSV=4294896387 TSER=4068310932
123	35.882219	192.168.1.42	213.155.154.88	TCP	54521 > http [FIN, ACK] seq=214 ack=653 win=7144 len=0 TSV=4294896420 TSER=4068310932
124	35.923221	213.155.154.88	192.168.1.42	TCP	http > 54521 [ACK] seq=653 ack=215 win=6880 len=0 TSV=4068311144 TSER=4294896420

Ensemble des trames capturées

Certaines trames sont détaillées ici :

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
94	30.749856	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP
Discover - Transaction ID 0x7241a373					
Frame 94: 342 bytes on wire (2736 bits), 342 bytes captured (2736 bits)					
Ethernet II, Src: Sony_72:78:87 (00:24:be:72:78:87), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)					
Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)					
Source: Sony_72:78:87 (00:24:be:72:78:87)					
Type: IP (0x0800)					
Internet Protocol, Src: 0.0.0.0 (0.0.0.0), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)					
User Datagram Protocol, Src Port: bootpc (68), Dst Port: bootps (67)					
Bootstrap Protocol					
100	30.949999	Sony_72:78:87	Broadcast	ARP	who has
192.168.1.1? Tell 192.168.1.42					
Frame 100: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)					
Ethernet II, Src: Sony_72:78:87 (00:24:be:72:78:87), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)					
Address Resolution Protocol (request)					
101	30.950981	sfr_f6:80:d8	Sony_72:78:87	ARP	
192.168.1.1 is at 00:17:33:f6:80:d8					
Frame 101: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)					
Ethernet II, Src: sfr_f6:80:d8 (00:17:33:f6:80:d8), Dst: Sony_72:78:87 (00:24:be:72:78:87)					
Address Resolution Protocol (reply)					
106	34.891854	192.168.1.42	192.168.1.1	DNS	Standard
query A blu-ray.update.sony.net					
Frame 106: 83 bytes on wire (664 bits), 83 bytes captured (664 bits)					
Ethernet II, Src: Sony_72:78:87 (00:24:be:72:78:87), Dst: sfr_f6:80:d8 (00:17:33:f6:80:d8)					
Internet Protocol, Src: 192.168.1.42 (192.168.1.42), Dst: 192.168.1.1 (192.168.1.1)					
User Datagram Protocol, Src Port: filenet-tms (32768), Dst Port: domain (53)					
Domain Name System (query)					
115	35.322155	192.168.1.42	213.155.154.88	HTTP	GET
/support/BDV/BDV-E_Z7_EUR/BDV-E_Z7_EUR.frf HTTP/1.1					
Frame 115: 279 bytes on wire (2232 bits), 279 bytes captured (2232 bits)					
Ethernet II, Src: Sony_72:78:87 (00:24:be:72:78:87), Dst: sfr_f6:80:d8 (00:17:33:f6:80:d8)					
Internet Protocol, Src: 192.168.1.42 (192.168.1.42), Dst: 213.155.154.88 (213.155.154.88)					
Transmission Control Protocol, Src Port: 54521 (54521), Dst Port: http (80), Seq: 1, Ack: 1, Len: 213					
Hypertext Transfer Protocol					

5. Exploitation pédagogique du système

Q.115) En admettant que vous ayez à votre disposition dans votre établissement le système home-cinéma Sony BDV-E800W, vous établirez une séquence pédagogique s'appuyant sur ce système. Cette séquence pédagogique portera, au choix sur l'un des deux centres d'intérêt suivant.

Choix 1 : Liaison SPDIF et fibres optiques

Concevoir une séquence d'enseignement s'appuyant sur la liaison SPDIF et les fibres optiques. La séquence devra être introduite au sens des réseaux (couches du modèle OSI).

Choix 2 : Interface réseau

Concevoir une séquence d'enseignement s'appuyant sur l'interface réseau de l'amplificateur home-cinéma BDV-E-800W.

Dans chacun des cas, le candidat devra :

- préciser le type de public visé (étudiants préparant le BTS IRIS ou le BTS SE, année et semestre de formation).
- situer la séquence dans le cycle de formation et sa durée. Préciser les objectifs de la séquence.
- Identifier les prés-requis et lister les savoirs ou savoir-faire (ou capacités) que l'on souhaite faire acquérir aux étudiants.
- Donner la liste du matériel utilisé, la liste des documents distribués, les conditions de mise en œuvre.
- Les travaux demandés aux étudiants et la trame des réponses attendues par le professeur sont indispensables

Attentes du jury : Pour les documents réclamés, on attend une production maximale de 4 pages format A4.

Critères d'évaluation du candidat :

- L'exactitude technique des documents présentés,
- La pertinence pédagogique de la mise en situation choisie et des caractéristiques principales retenues,
- La cohérence et la pertinence pédagogique des représentations utilisées au niveau choisi,
- La pertinence des choix des travaux proposés et des résultats attendus des élèves,
- La qualité des descriptions et des explications

Avertissement : La production d'un document pédagogique constitué d'un questionnaire reprenant principalement les travaux demandés dans ce sujet est vivement déconseillée et serait sanctionnée par le jury.