

# E&R Radio Londres

## Devoir de préparation - Bureau d'étude



S.POUJOULY

<http://poujouly.net>

A l'occasion de cette fin des vacances de printemps je vous propose un devoir portant sur la préparation des séances d'études & réalisations programmées à la rentrée du mardi 18 avril au vendredi 21 avril. Les questions proposées reprennent en grande partie les éléments présentés lors de l'amphi et de nombreuses réponses sont déjà disponibles à la lecture de vos notes prises en amphi. L'ensemble des fichiers sont disponibles sur le site <http://poujouly.net>

### 1 - A propos de l'antenne de réception

**Q1 :** Afin de simplifier vos calculs lors des séances pratiques nous vous proposons de construire un fichier Excel vous permettant de déterminer automatiquement les valeurs des composants intervenants autour du circuit de réception. En reprenant les éléments fournis dans l'amphi de présentation, compléter les formules dans le fichier Excel : **calcul\_circuit\_reception.xls**

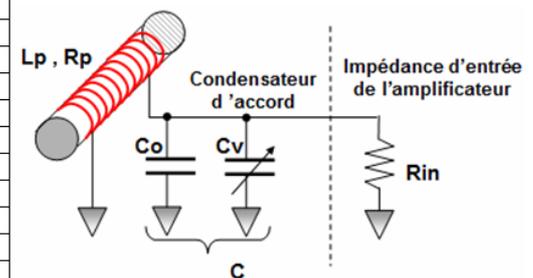
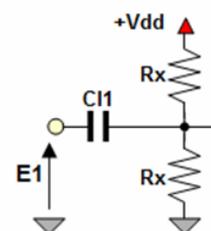
Pour effectuer les calculs on choisit une valeur de l'inductance  $L_p=870\mu\text{H}$  et un facteur de qualité  $Q=100$ .

#### Tableur pour la détermination du circuit de réception [S2 SEI E&R] Projet Radio Londres

poujouly.net

Grandeur	Valeur	Désignation
$L_p$		Inductance de l'antenne
$Q$		Facteur de qualité de l'antenne
$f_p$	400,0E+3	Fréquence porteuse
$R_p$		Résistance de perte de la bobine
$C$		Valeur du condensateur d'accord
$C_{\text{min}}$	3,0E-12	Capacité minimale du condensateur d'accord
$C_{\text{max}}$	65,0E-12	Capacité maximale du condensateur d'accord
$Co1$ (E12)		Capacité à choisir en //
$Co2$ (E12)		Capacité supplémentaire en // (Eventuelle)
$C_{\text{min}}$		Calcul capacité min (doit être inférieure à C)
$C_{\text{max}}$		Calcul capacité max (doit être supérieure à C)
BP filtre	9,0E+3	Bande passante du filtre de réception+A1
$Q$ filtre		Bande passante du circuit de réception
$R_{\text{eq}}$		Résistance équivalente du circuit de réception
$R_{\text{in}}$		Résistance d'entrée vue de l'ampli de réception
$R_x$	0,00E+00	Calcul de la résistance de polarisation de l'ampli de réception
$R_x$ (E24)		Valeur normalisée de la résistance de polarisation

Circuit de réception

Etage d'entrée de l'amplificateur  $R_{\text{in}}=R_x/2$ 

#### Légende

Données de mesure de l'antenne

Données du cahier des charges

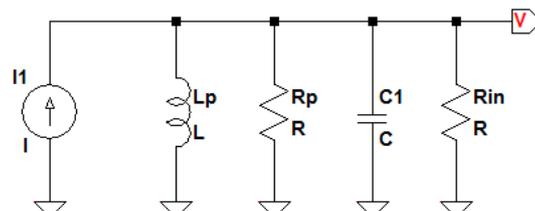
Valeurs calculées automatiquement (Formule à saisir)

Valeur à choisir (fonction des séries normalisées)

**Q2 :** Vérifier le bon réglage de votre circuit de réception en effectuant la simulation LTspice avec le fichier suivant : `antenne_accord.asc`.

[S2] Projet "Radio Londres"  
Antenne accordée  
[poujouly.net](http://poujouly.net)

Afin de mesurer la bande passante de ce circuit de réception il est indispensable de faire une simulation AC. Pour ce faire on choisit une source de courant AC 1 en entrée et on observe directement la sortie V.



## 2 – L'ampli de réception : 1<sup>er</sup> étage

**Q1 :** On se place dans un premier temps en régime continu. Quelle est la tension sur la borne + de l'ampli-op ? Comment se comportent les condensateurs C1 & C2 en continu ? En déduire la tension sur la sortie de l'ampli-op.

**Q2 :** On se place maintenant d'un point de vue du régime alternatif. Quelle est l'action du condensateur C1 avec les 2 résistances Rx ? En déduire une fréquence de coupure basse. On choisit cette fréquence de coupure au moins 50 fois inférieure à la fréquence de la porteuse. En déduire la valeur de C1 à partir de la valeur Rx déterminée dans le tableau précédent.

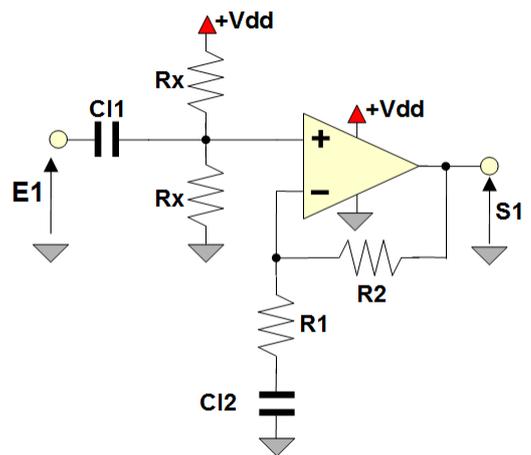
**Q3 :** Lorsque la fréquence est très grande comment se comporte le condensateur C2 ? En sachant que l'on souhaite un gain de 20dB pour cet amplificateur en déduire une relation entre R2 et R1. Proposer alors un couple de valeur dans la série normalisée E24 répondant à cette relation.

**Q4 :** Afin de choisir la valeur du condensateur C2 on vous propose d'établir la fonction de transfert S1/V+ de la

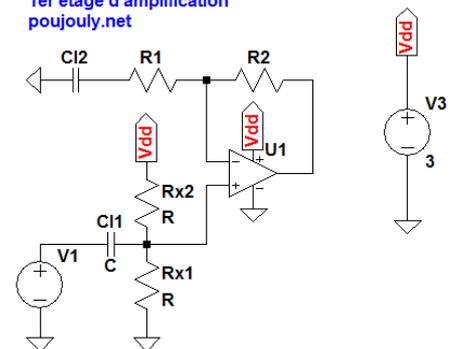
partie amplificateur en montrant que l'on peut l'écrire sous la forme : 
$$\frac{S1(j\omega)}{V+(j\omega)} = \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega C1}}{1 + \frac{j\omega}{\omega C2}}$$

**Q5 :** Montrer simplement que  $\omega C2 > \omega C1$  et en déduire l'allure du diagramme de Bode asymptotique uniquement en gain. Si on fixe la fréquence de coupure fc2 au moins 50 fois inférieure à la fréquence de la porteuse, en déduire la valeur de C2.

**Q6 :** Effectuer une simulation LTSpice (Analyse AC) permettant de vérifier le bon choix de vos composants à partir du fichier : **1eretageampli.asc**



[S2] Projet "Radio Londres"  
1er étage d'amplification  
poujouly.net



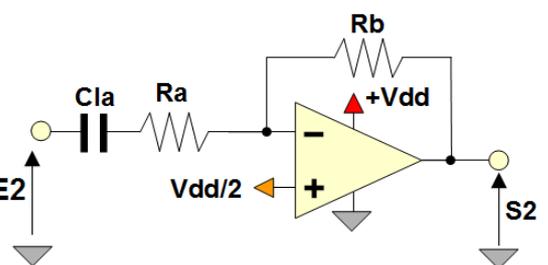
## 3 – L'ampli de réception : 2<sup>nd</sup> étage

**Q1 :** On se place dans un premier temps en régime continu. Quelle est la tension sur la sortie de l'ampli-op ?

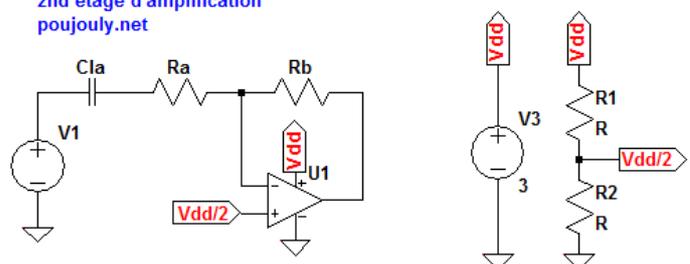
**Q2 :** On se place maintenant d'un point de vue du régime alternatif. Quelle est l'action du condensateur Cla avec la résistance Ra ? En déduire l'expression de la fréquence de coupure basse. On choisit cette fréquence de coupure au moins 50 fois inférieure à la fréquence de la porteuse.

**Q3 :** Lorsque la fréquence est très grande comment se comporte le condensateur Cla ? En sachant que l'on souhaite un gain de 20dB pour cet amplificateur en déduire une relation entre Rb et Ra.

**Q4 :** Proposer des valeurs de Ra, Cla & Rb permettant de répondre aux dimensionnements des questions précédentes et vérifier vos résultats en effectuant une simulation LTSpice (Analyse AC) à partir du fichier : **2ndetageampli.asc**



[S2] Projet "Radio Londres"  
2nd étage d'amplification  
poujouly.net



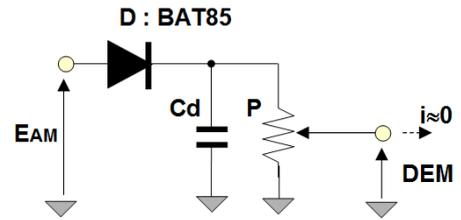
## 4 – Le démodulateur AM

**Q1 :** On vous propose de dimensionner dans cette partie le condensateur utilisé dans le détecteur de crête en utilisant l'encadrement suivant dans lequel  $F_a$  représente la fréquence du modulant et  $m$  le taux de modulation.

$$\frac{m \times 2\pi \times F_a}{\sqrt{1-m^2}} < \frac{1}{P \cdot C_d} \ll F_p$$

En sachant que  $P=10k\Omega$  en déduire une valeur de  $C_d$  dans la série normalisée E12.

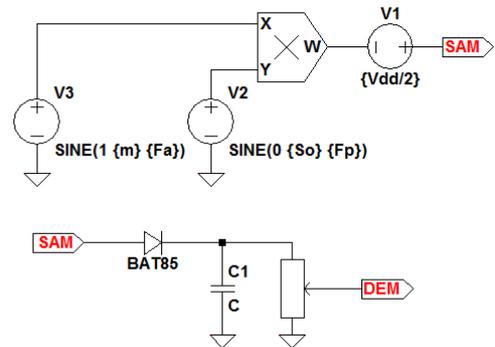
**Q2 :** Vérifier le choix du condensateur  $C_d$  en effectuant la simulation LTSpice avec le fichier **demodulation.asc**. Le signal SAM permet de recréer le signal modulé en amplitude à la sortie du 2<sup>nd</sup> étage amplificateur puisque l'on remarque une composante continue de  $V_{dd}/2$ .



[S2] Projet "Radio Londres"  
Démodulation d'amplitude  
poujouly.net

.param m=? Vdd=? Fa=? Fp=? So=?

.inc SP.lib



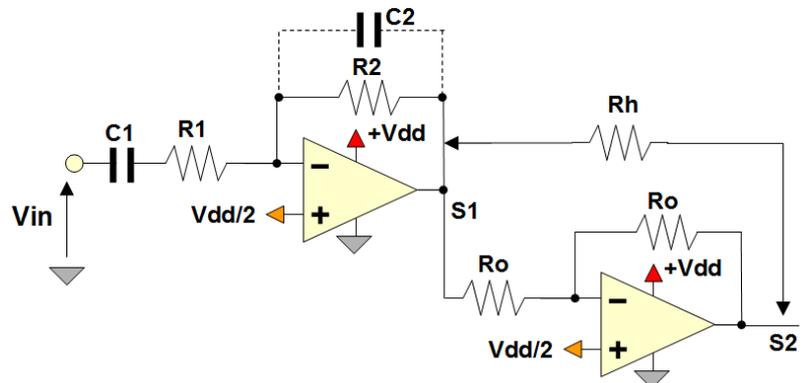
## 5 – L'amplificateur audio

Pour la réalisation de l'amplificateur audio on propose le montage représenté ci-contre. On vous propose dans un premier temps d'enlever le condensateur  $C_2$ .

**Q1 :** On se place en régime continu. Quelle sont les tensions de repos sur les sorties S1 & S2 ?

**Q2 :** On se place maintenant d'un point de vue du régime alternatif. Quelle est l'action du condensateur  $C_1$  avec la résistance  $R_1$  ? En déduire l'expression de la fréquence de coupure basse.

Comme il s'agit de l'amplificateur audio, on choisit une fréquence de coupure en adéquation avec la bande passante du signal modulant soit 40Hz. Pour  $R_1$  on fixe une valeur très grande devant le potentiomètre du détecteur de crête soit une valeur supérieure à 100kΩ. Proposer un couple de valeur  $R_1$  &  $C_1$ .



**Q3 :** On suppose que l'on récupère en sortie du détecteur de crête (c'est à dire en entrée de l'amplificateur audio) un signal de la forme  $V_{in}(t) = V_o + V_i \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$  ou  $V_o$  est une composante continue et  $V_i$  l'amplitude du signal modulant dont la fréquence est  $f_a$ . Si l'on considère la fréquence  $f_a$  bien supérieure à 40Hz, expliquer simplement que l'on retrouve sur la sortie S1 le signal suivant :  $S_1(t) = \frac{V_{dd}}{2} - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_i \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$ .

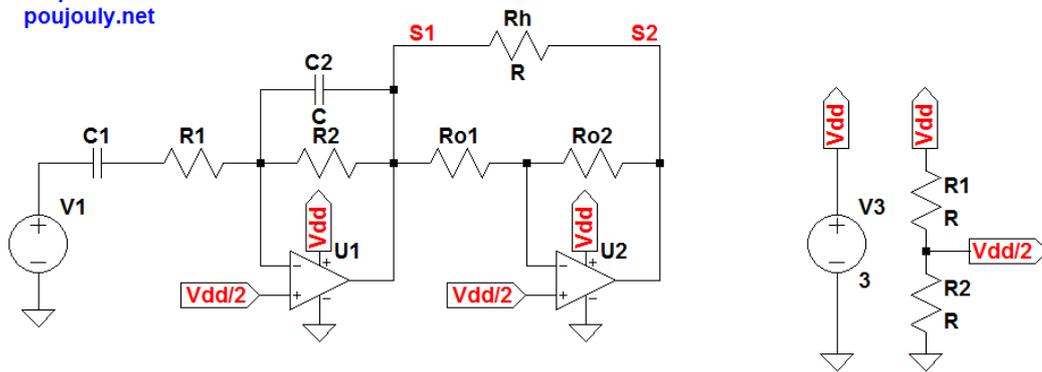
**Q4 :** Montrer simplement que  $S_2(t) = V_{dd} - S_1(t)$ . En déduire que la tension aux bornes de la charge  $R_h$  (l'écouteur audio) peut alors s'écrire  $V_h(t) = S_2(t) - S_1(t) = 2 \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot V_i \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$ .

**Q5 :** Quel est l'intérêt de ce montage ? Quelle doit être la valeur du couple  $R_2/R_1$  si l'on souhaite pour ce montage un gain de 6dB comme annoncé dans le cahier des charges ? En déduire la valeur de la résistance  $R_2$ .

**Q6 :** Quelle est l'action du condensateur  $C_2$  avec la résistance  $R_2$  ? En déduire l'expression de la fréquence de coupure haute. Proposer une valeur pour le condensateur  $C_2$  afin d'obtenir une limitation de la bande passante à 4,5kHz.

**Q6 :** Afin de vérifier le bon choix des éléments on vous propose d'effectuer dans un premier temps une simulation AC pour vérifier la cohérence de la bande passante en utilisant le fichier **ampliaudio\_BTL.asc**

[S2] Projet "Radio Londres"  
Ampli audio Structure BTL  
poujouly.net



**Q7 :** Pour illustrer le bon fonctionnement du montage appliquer sur l'entrée un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et représenter la tension aux bornes de la résistance de charge ( $R_h=16\Omega$ ) en effectuant la soustraction  $V(S2)-V(S1)$  directement dans la fenêtre du résultat de simulation. Vérifier que le gain est bien de 6dB.