

TD 1 : La modélisation des systèmes électriques en transmission

1. La modélisation externe globale d'un système élémentaire de transmission

Dans ce TD, on considèrera 3 modélisations du quadripôle de transmission :

- deux conducteurs idéaux (quadripôle A)
- un conducteur de résistance r , l'autre étant idéal (quadripôle B) (justifier une telle représentation asymétrique)
- un diviseur de tension (R_1, R_2) (quadripôle C)

1.1 Dessiner ces quadripôles.

1.2 A quelle(s) condition(s) les modèles B et C sont-ils équivalents au modèle A ?

1.3 Dessiner une chaîne de transmission utilisant le quadripôle B en y faisant figurer un modèle de l'émetteur et un modèle du récepteur

2. La détermination des caractéristiques d'une transmission / d'un quadripôle de transmission

Effectuer les calculs suivants en considérant une transmission utilisant le quadripôle avec pertes série (B), étudié à la question 1.3.

Ensuite, pour chaque question, indiquer également quel serait le résultat si on utilisait le quadripôle idéal (A). Utiliser pour cela les résultats trouvés à la question 1.2 (à quelles conditions A est équivalent à B ?)

2.1 Calculer le gain en tension (facteur de transfert en tension) de la chaîne totale.

Pour le quadripôle B

Pour le quadripôle A

2.2 Calculer le gain en puissance intrinsèque (rendement) de la chaîne totale de transmission

Pour le quadripôle B :

Pour le quadripôle A :

2.3 Calculer le gain en puissance intrinsèque (rendement) du quadripôle

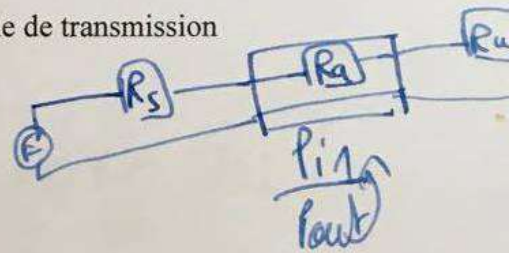
Pour le quadripôle B :

Pour le quadripôle A :

2.4 Calculer le gain en puissance apporté par le quadripôle dans la chaîne

Pour le quadripôle B :

Pour le quadripôle A :



$$P_{in} = 11$$
$$P_{out} = 11$$

2. La modélisation du quadripôle

Considérons une transmission avec un quadripôle à pertes série et pertes parallèles (C). Etant donné que le schéma total de la chaîne commence à comporter un certain nombre de composants, on souhaite le simplifier en modélisant le quadripôle de transmission à l'aide du modèle simplifié du quadripôle (résistance d'entrée, générateur de Thévenin en sortie). La modélisation doit tenir compte de toute la chaîne de transmission,

2.1 : Dessiner la chaîne de transmission avec le quadripôle C

2.2 Dessiner le schéma avec le quadripôle de transmission modélisé par un modèle simplifié du quadripôle

A partir de maintenant, il faut déterminer R_e , E_{th} , R_{th} de manière à ce que le schéma modélisé soit **effectivement** équivalent au schéma d'origine

2.3 Calculer R_e

2.4 Calculer E_{th} , R_{th}

3. Récupération de la puissance maximale

3.1 Reprenons le schéma de transmission avec pertes série et pertes parallèles. Déterminons la valeur que doit avoir R_u pour récupérer le maximum de puissance de la chaîne de transmission. Examiner la puissance reçue par R_u dans les cas où :

- R_u est très petit
- R_u est très grand
- R_u est adaptée

3.2 Déterminer la valeur adaptée

Exercice d'entraînement

Il n'y a pas d'application numérique à faire. Vous pouvez garder la notation $R_1 // R_2$ jusqu'au bout des calculs, sans avoir besoin à aucun moment de la remplacer par son expression $R_1.R_2/(R_1+R_2)$:

Q1 : en reprennant la chaîne de transmission avec le quadripôle C (telle que dessinée à la question 2.1), calculer le gain en tension, sans passer par la modélisation du quadripôle. Suggestion de méthode :

- Regrouper les résistances qui peuvent l'être (en parallèle ou en série)
- Appliquer un théorème du cours

Q2 : Calculer P_u (puissance reçue par R_u). Suggestion de méthode :

- En réutilisant les calculs de la Q1, déterminer V_u
- En fonction de V_u et de R_u , calculer P_u

Q3 : Calculer P_e (puissance émise par le générateur de tension E). Suggestion de méthode :

- Regrouper toutes les résistances du schéma en une seule résistance équivalente R_{eq} , branchée seule sur le générateur de tension E
- Calculer la puissance P_{eq} reçue par cette résistance R_{eq}
- Que vaut P_e en fonction de P_{eq} ?

Q4 : Calculer le rendement de la chaîne de transmission totale

TD 2 : La fonction amplification

1. L'amplification d'une information à valeurs continues

1.1 Rappeler le modèle simplifié d'un amplificateur de tension à variations continues. Examiner le modèle réel. Donner les caractéristiques d'un amplificateur « idéal ».

1.2 Montrer que l'on peut ainsi réaliser une amplification par l'association d'un générateur de courant commandé (idéal) et d'une résistance d'utilisation. Exprimer le gain en tension.

1.3 Considérer à présent un générateur de courant commandé réel (non idéal). Exprimer à nouveau le facteur d'amplification.

1.4 Considérer enfin le montage précédent chargé par une résistance d'utilisation. Exprimer à nouveau le facteur d'amplification.

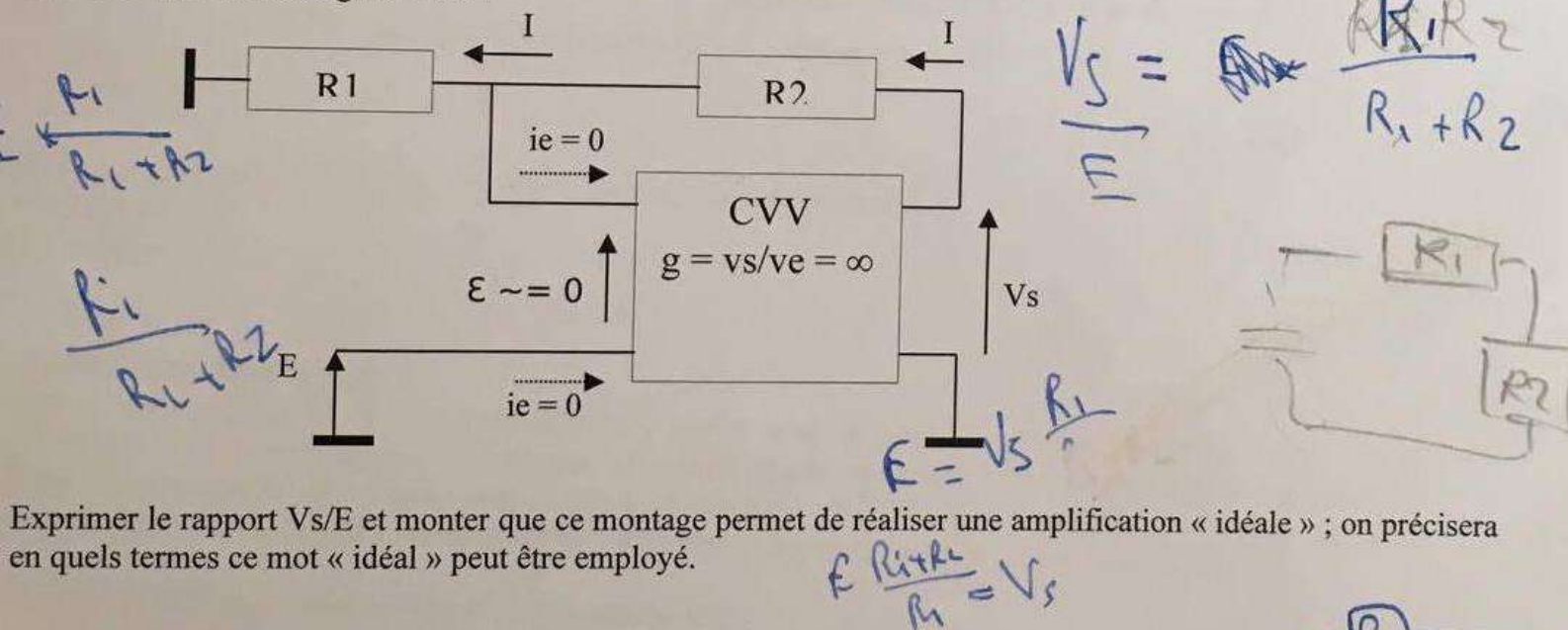
1.5 Quel est le facteur intrinsèque d'amplification en puissance (rendement) ? Quel aspect technologique cela implique-t-il ?

2. L'amplificateur opérationnel

On appelle « amplificateur opérationnel » un circuit (assez complexe) qui réalise une fonction d'amplification en tension d'un type assez particulier en ce sens où le facteur d'amplification est extrêmement grand (idéalement infini) et le courant d'entrée est quasi-nul (idéalement nul) ; de plus, l'entrée présente deux bornes isolées totalement des bornes de sortie (pas de borne commune entre entrée et sortie)

2.1 Montrer que les conditions précédentes entraînent forcément que la tension d'entrée soit presque nulle (idéalement nulle) pour que le montage produise une tension de sortie non infinie.

2.3 On réalise le montage suivant :

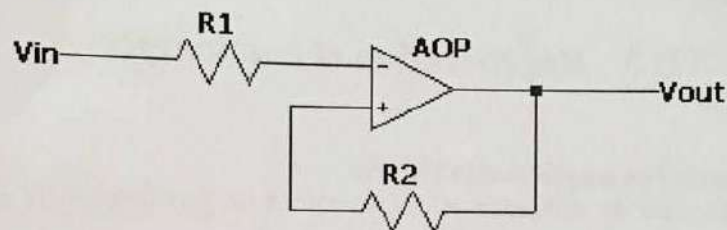


Exprimer le rapport V_s/E et montrer que ce montage permet de réaliser une amplification « idéale » ; on précisera en quels termes ce mot « idéal » peut être employé.

2.4 Insérer une résistance de charge R_u en sortie du montage. Que devient le gain V_e/E ?

$$V_{out} = V_{in} \times \dots$$

Q1 : Calculer V_{out} / V_{in} dans le montage suivant :

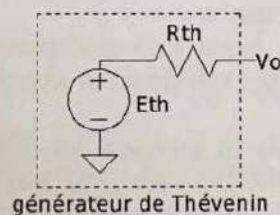
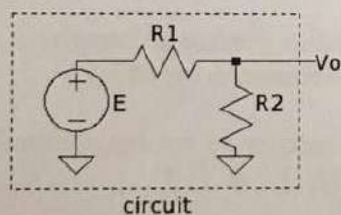


$$V_{in} =$$

Méthode :

- On pose l'hypothèse que le circuit est en mode linéaire
- Quel est le courant circulant dans les entrées + et - de l'AOP ? (ne pas oublier que $R_e \approx \infty$)
- Quel est le courant circulant dans R1 ? Quel est alors la tension aux bornes de R1 ?
- Quel est le courant circulant dans R2 ? Quel est alors la tension aux bornes de R2 ?
- Exprimer V_{out} en fonction des autres tensions dans le montage
- Conclure

Q2: Modéliser le circuit ci-dessous à gauche à l'aide d'un générateur de Thévenin (ci-dessous à droite)



Méthode : utiliser ce qui a été fait au TD 1 et le poly de cours pour :

- calculer E_{th}
- calculer R_{th}

TD 3 : Régénération et commutation

1. Le transistor bipolaire utilisé en amplification linéaire

1.1 Rappeler le modèle simplifié du transistor et ses équations de fonctionnement du transistor en régime linéaire, bloqué, et saturé.

1.2 En considérant le transistor NPN en régime linéaire comme un générateur de courant commandé, réaliser un amplificateur (émetteur relié à la masse). Préciser le rôle des différents composants ajoutés.

1.3 Calculer le gain en tension V_s/V_e du montage à vide

1.4 Ajouter une résistance de charge R_u entre la sortie du montage et la masse. Calculer à nouveau le gain V_s/V_e

1.5 Calculer la plage de la tension de sortie permettant une amplification linéaire.

2. Le transistor bipolaire en commutation

2.1 On utilise le montage de la question 1 en appliquant une tension d'entrée de manière à travailler en mode bloqué ou saturé uniquement. Quelles valeurs de tension d'entrée sont alors acceptables ?

2.2 Examiner la tension de sortie en fonction des différentes valeurs de tension d'entrée possibles. Quelle fonction logique est réalisée ?

2.3 Quelle est le modèle de Thévenin de ce montage (examiner différemment chacun des deux états) ? On considère que des valeurs acceptables de R_c sont comprises entre 50 Ohm et 10k Ohm. On considère $\beta = 100$.

2.4 Comment réaliser un montage non-inverseur ?

3. Le transistor MOS en commutation

3.1 Rappeler les trois modes de fonctionnement du transistor MOSFET. Lesquels nous intéressent pour faire de la commutation de manière analogue à la question 2.1 ? Quelles valeurs de tension d'entrée permettent ces modes de fonctionnement ?

3.2 Réaliser un régénérateur logique simple à base de MOS N.

3.4 Quelle est le modèle de Thévenin de ce montage (examiner différemment chacun des deux états) ?

4. Le relais en commutation

4.1 Considérons un relais mécanique. Quelles sont ses modes de fonctionnement ? Quelles valeurs de tension d'entrée permettent ces modes de fonctionnement ?

4.2 Réaliser un régénérateur logique simple à base de relais

4.3 Quelle est le modèle de Thévenin de ce montage (examiner différemment chacun des deux états) ?

4. Bilan

4.1 Comparer les trois technologies de régénération logique vues dans ce TD selon les critères suivants :

- résistance d'entrée
- sensibilité
- aspects pratiques : encombrement, coût, fiabilité

4.2 Ce type de montage est-il adapté aux transmissions mettant en jeu de forts courants (transmission de puissance par exemple) ? Pourquoi ?

TD 4 : Caractérisation des filtres

1. Manipulation des décibels

Une tension de 1V attaque différents amplificateurs de gain -6dB, 0dB, 1dB, 3dB, 6dB, 10dB, 20dB, 40dB. Pour chacun de ces gains, quelle est la valeur de la tension de sortie ?

Un générateur applique une puissance de 1W sur une charge. On insère entre les deux une ligne de transmission qui atténue le signal de 1dB, 3dB, 6dB, 10dB, 20dB, 40dB. Pour chacune de ces atténuations, quelle est la valeur de la puissance sur la charge ?

2. Tracés asymptotiques de fonctions de filtrage

Effectuer le tracé asymptotique (module seul) de chacune des trois fonctions suivantes :

$$H1(p) = \frac{p + 1}{(p + 2)(p + 3)}$$

$$H2(p) = \frac{p + a}{p + b} \quad \text{avec les deux cas : } a > b \text{ et } a < b$$

TD 5 : Réalisation des filtres

1. Circuit « RC »

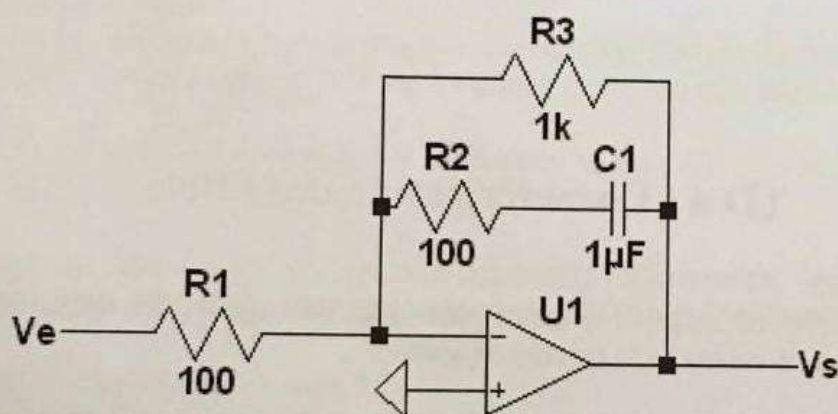
1.1 Construire un circuit « RC » de manière à réaliser un filtre passe bas du premier ordre. Tracer le diagramme de Bode. Quelle est la fréquence de coupure ?

1.2 Faire de même pour un filtre passe haut. Diagramme de Bode, fréquence de coupure.

1.3 Insérer le montage passe-haut entre un générateur de Thévenin dont le R_{th} est considéré négligeable, et une résistance de charge R_u . Tracer le nouveau diagramme de Bode. Conclusions sur le gain et la fréquence de coupure ?

2. Filtre actif

Examiner le circuit suivant. Calculer le gain V_s/V_e . Tracer le diagramme de Bode de ce montage.



Le gain du montage et la fréquence de coupure dépendent-ils de la résistance d'utilisation R_u ?

A partir de quelle valeurs de R_u le montage commencerait-il à ne plus marcher correctement ?

3. Antiparasite audio

3.1 On suppose que sur une ligne de transmission audio téléphonique (bande de fréquence 300-3400Hz), on a remarquée des perturbations à une fréquence de 14kHz, à un niveau approximativement du même ordre que le niveau des signaux utiles. Quel est l'effet sur la perception auditive ?

3.2 Quelle est la bande de fréquence utile sur une liaison téléphonique de qualité standard ? Quel est le rapport signal à bruit habituel sur une liaison téléphonique ? Proposer un gabarit de filtre permettant de corriger le problème des parasites en gardant un SNR d'au moins 30dB.

3.3 Réaliser un schéma de la transmission, en indiquant l'endroit où peuvent arriver les perturbations, et l'endroit où placer le filtre.

3.4 Quelle technologie peut-on utiliser ? Examiner les solutions suivantes : filtre passif, filtre actif à base d'AOP, filtre numérique. Quel type de réponse peut-on utiliser ? Butterworth, Bessel, Chebychev ?

3.5 Implémenter une version « dégradée » ce filtre en utilisant un filtre passe-bas RC du premier ordre équipé d'une résistance de 600 ohm et une fréquence de coupure à 4kHz. On accepte que les parasites ne soient pas suffisamment atténués. Pour les calculs, on néglige la résistance série de l'émetteur, et on considère que l'impédance de charge est infinie. Dessiner le schéma et calculer la valeur du condensateur. Quelle est alors l'atténuation des parasites que l'on voulait supprimer ?