



**Premier cycle**  
**Année L1**

# **Travaux Dirigés**

## **DU SYSTEME A LA FONCTION**

**TD 1 : La modélisation des systèmes électriques en transmission**

**TD 2 : La fonction amplification**

**TD 3 : L'amplification et la régénération numérique**

**TD 4 : Caractérisation des filtres**

**TD 5 : Réalisation des filtres**

**TD 6 : Application des filtres**

Pierre PROT d'après les supports d'Alain FROMENTEL  
**Année 2011/2012**

## **L1**

### **Du système à la fonction**

#### **TD 1 : La modélisation des systèmes électriques en transmission**

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

1.1 Rappeler le modèle général d'un système de transmission en faisant figurer les trois éléments essentiels. L'élément central sera nommé « quadripôle » de transmission.

1.2 Le quadripôle de transmission est successivement représenté par les trois modèles internes suivants :

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

Pour chacun de ces trois modèles, exprimer, pour cette transmission :

- le facteur de transfert en tension
- le facteur de transfert en courant
- le facteur de transfert en puissance

1.3 A chaque fois, on étudiera la condition sur la valeur de la charge permettant une valeur maximale de ce transfert.

##### **2. Les modèles des fonctions**

2.1 En reprenant les trois modèles précédents du quadripôle de transmission, effectuer, pour chacun d'eux une modélisation à l'aide d'une résistance d'entrée et un générateur de Thévenin en sortie.

2.2 On prêter une attention particulière aux conditions dans lesquelles cette modélisation externe a été effectuée, on pourra en tirer des conséquences pratiques et corriger, le cas échéant, cette modélisation.

# L1

## Du système à la fonction

### 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 facteur d'amplification en tension.

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

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 d'amplification en puissance ? Quel aspect technologique cela implique-t-il ?

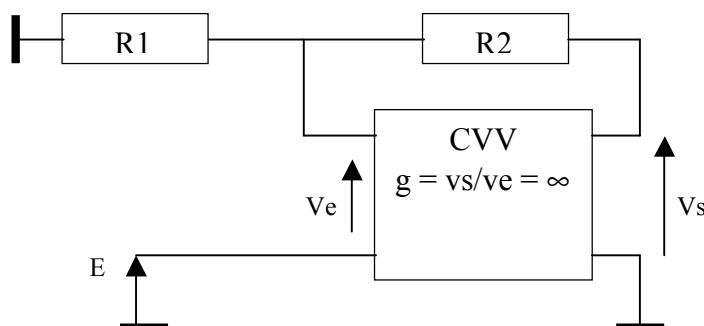
#### 2. L'amplificateur « opérationnel »

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). Que peut-on dire alors du dipôle équivalent à l'entrée ?

2.2 Que peut-on dire de la tension de sortie en utilisant ce circuit tel quel ?

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 directement à la sortie de l'AOP (donc, en série avec le générateur de tension de sortie de l'AOP). Que devient le gain  $V_s/E$  du montage ?

2.5 Insérer une résistance de charge  $R_u$  en sortie du montage. Que devient le gain  $V_s/E$  ?

# L1

## Du système à la fonction

### TD 3 : L'amplification et la régénération numérique

#### 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  $R_u$  en sortie du montage. 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 la sortie de ce montage (examiner différemment chacun des deux états) ? On considère que des valeurs acceptables de  $R_c$  sont comprises entre 500Ω et 10kΩ. 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 la sortie de ce montage (examiner 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 ?

# L1

## Du système à la fonction

### TD 4 : Caractérisation des filtres

#### 1. Manipulation des décibels

1.1 : 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 ?

1.2 : 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 :

On utilise la notation  $p=j\omega$

2.1 :

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

2.2 :

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

2.3 :

$$H3(p) = \frac{2(p+1)(p+3)}{(p+2)^2(p+4)}$$

# L1

## Du système à la fonction

### 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.

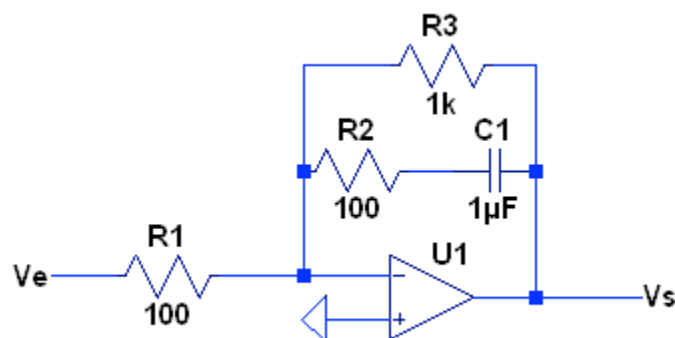
1.3 : Insérer le montage passe-bas entre un générateur de Thévenin dont le  $R_{th}$  est considéré négligeable, et une résistance de charge  $R_u$ . Tracer le nouveau diagramme de Bode. Conclusions sur le gain et la fréquence de coupure ?

#### 2. Circuit « RLC »

2.1 : Construire un circuit « RLC » permettant de réaliser un filtre passe bande (ou « sélectif »).

2.2 : Déterminer la fréquence centrale de ce filtre ainsi qu'un facteur permettant d'évaluer la sélectivité de ce filtre.

#### 3. 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 ?

## **L1**

### **Du système à la fonction**

## **TD 6 : Applications des filtres**

### **1. Antiparasite audio**

1.1 On suppose que sur une ligne de transmission audio téléphonique, on a remarquée des perturbations à des fréquences entre 12kHz et 15kHz, à un niveau approximativement du même ordre que le niveau des signaux utiles. Quel est l'effet sur la perception auditive ?

1.2 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 restant dans ces standards.

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

1.4 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 ?

1.5 Implémenter une version « dégradée » ce filtre en utilisant un filtre passe-bas RC du premier ordre équipé d'une résistance de 600 ohm. On accepte une ondulation maximale de 3dB pour la bande passante du filtre, et on accepte que les parasites ne soient pas suffisamment atténués. Dessiner le schéma et calculer la valeur du condensateur. Quelle est alors l'atténuation des parasites que l'on voulait supprimer ?

### **2. Antiparasite sur capteurs**

Un capteur de distance situé dans un portique robotisé produit sur sa sortie un bruit blanc. On cherche à numériser la sortie de ce capteur avec le minimum de bruit. L'impédance de sortie du capteur est négligeable. L'impédance d'entrée de l'ADC choisi est mal connue, on sait juste qu'elle est supérieure à 10k.

On cherche à filtrer la sortie du capteur avec les contraintes suivantes :

- diminuer au maximum le bruit
- permettre jusqu'à 10 mesures par seconde
- conserver une précision d'au minimum 1/100 sur chaque mesures

2.1 Réaliser un schéma de cette fonction, en modélisant le filtre par un passe-bas RC

2.2 Pour chacune des contraintes exprimées ci-dessus, établir une exigence sur les paramètres du filtre, puis calculer les éléments du filtre (R et C). Ce filtre est-il facilement réalisable ? Pourquoi ?

2.3 Proposer une solution analogique plus évoluée pour implémenter ce filtre.

2.4 On choisit de filtrer le signal numériquement à l'aide de la méthode de la moyenne mobile. Comment choisir les paramètres techniques de ce filtre ? (fréquence d'échantillonnage, nombre d'échantillons à moyenner, etc...)

2.5 Comparer les avantages et inconvénients des trois méthodes de filtrage analysées dans les questions précédentes.