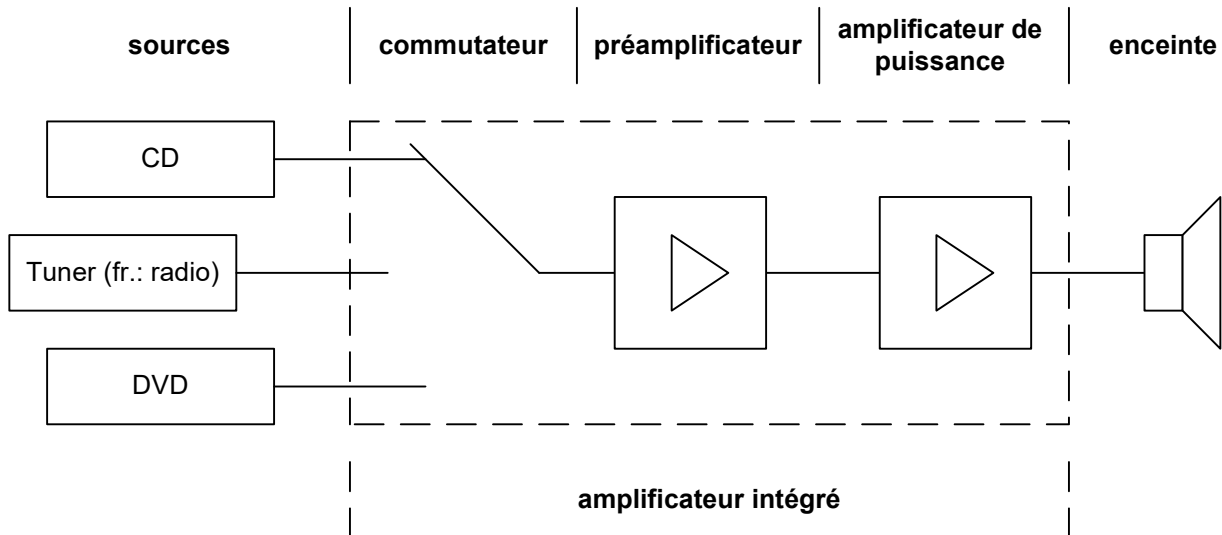


## 6. Amplificateurs audio

### 6.1 Les chaînes Hifi

#### composants d'une chaîne Hifi:



#### 6.1.1 sources

Les sources livrent un signal audio avec une valeur de crête d'à peu près 1V à l'exception des tourne-disques (angl.: phonograph ou phono) qui ne sortent que 0,1 à 6mV.

#### 6.1.2 commutateur

Le commutateur sert à choisir le signal d'entrée qui sera amplifié. La commutation peut être réalisée avec un interrupteur manuel, des transistors ou des relais.

#### 6.1.3 préamplificateur

Les tensions de sortie des sources sont trop petites pour faire fonctionner des haut-parleurs à un grand volume. Le préamplificateur amplifie variablement la tension au niveau voulu.

#### 6.1.4 amplificateur de puissance

La résistance interne  $R_i$  d'un préamplificateur est très grande (environ  $1k\Omega$ ). Ceci fait que le courant maximal de sortie d'un préamplificateur est insuffisant pour faire fonctionner un haut-parleur. A l'aide d'un amplificateur de puissance on réduit la résistance interne de l'amplificateur. Ceci revient à amplifier le courant et la puissance.

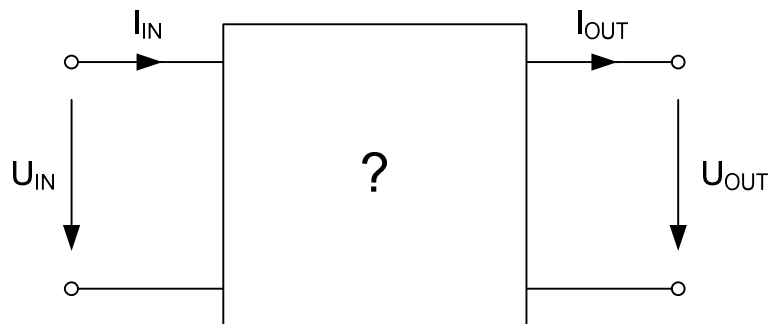
La tension n'est souvent plus amplifiée par l'amplificateur de puissance. ( $G_U \approx 1$ )

### 6.1.5 amplificateur intégré

Si le commutateur, le préamplificateur et l'amplificateur de puissance sont intégrés dans un seul boîtier on parle d'un amplificateur intégré.

### 6.1.6 Définition du gain

Soit un quadripôle quelconque:



Le gain en tension  $G_U$  du quadripôle est défini comme suit:

$$G_U = \frac{U_{RMS,OUT}}{U_{RMS,IN}} = \frac{\hat{u}_{OUT}}{\hat{u}_{IN}} = \frac{u_{PP,OUT}}{u_{PP,IN}}$$

$G_U$  est le gain en tension [sans unité]

$U_{RMS,OUT}$ ,  $\hat{u}_{OUT}$  resp.  $u_{PP,OUT}$  décrivent la tension à la sortie du circuit en volt [V]

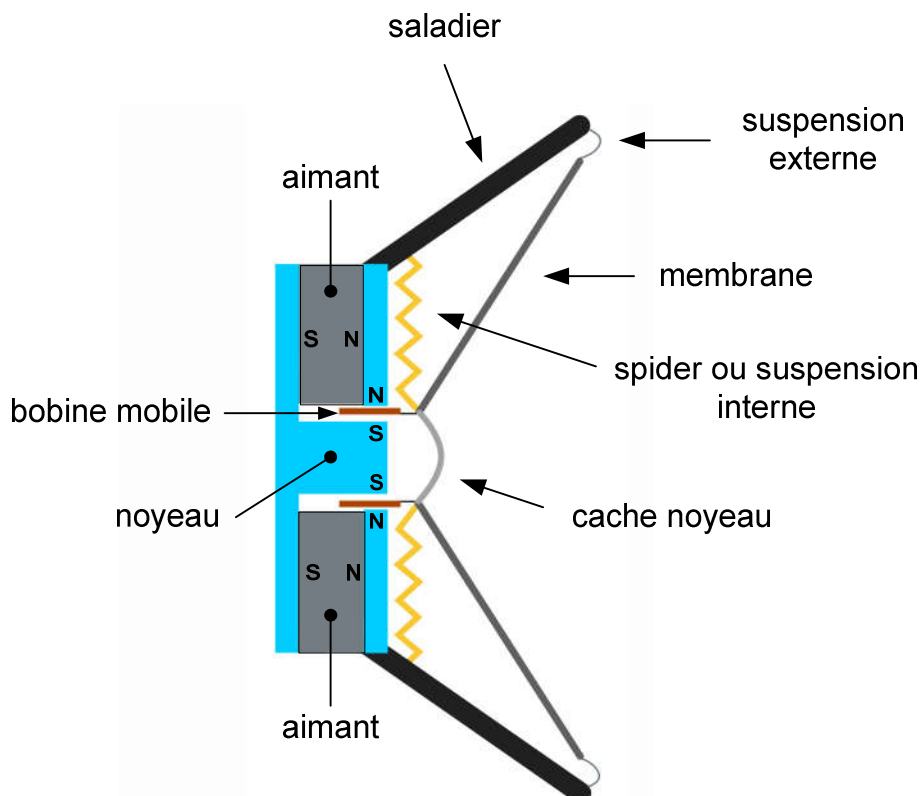
$U_{RMS,IN}$ ,  $\hat{u}_{IN}$  resp.  $u_{PP,IN}$  décrivent la tension à l'entrée du circuit en volt [V]

- Le gain en tension exprime combien de fois la tension de sortie est plus grande que la tension d'entrée, c'est pourquoi on appelle  $G_U$  aussi souvent facteur d'amplification.
- Si  $G_U > 1$ , alors  $U_{OUT} > U_{IN}$ .
- Si  $G_U < 1$ , alors  $U_{OUT} < U_{IN}$ .
- Si  $G_U = 1$ , alors  $U_{OUT} = U_{IN}$ .

**Exercice 1:**

Soit un haut-parleur ( $R=8\Omega$ ) sur lequel on veut transmettre une puissance électrique de 40W.

- Calculez la valeur efficace  $U_{RMS}$  nécessaire sur l'haut-parleur.
- Indiquez  $U_{RMS}$  à la sortie de l'amplificateur de puissance.
- Indiquez  $U_{RMS}$  à l'entrée de l'amplificateur de puissance.
- Indiquez  $U_{RMS}$  à la sortie du préamplificateur.
- Calculez le gain en tension à ajuster sur le préamplificateur si on utilise une source audio standard.

**6.1.7 haut-parleurs et enceintes****schéma d'un haut-parleur:**

Un **haut-parleur** consiste d'une membrane à laquelle est fixée une bobine qui se trouve dans le champ magnétique d'un aimant. Si on fait passer un courant à travers la bobine celle-ci avance

ou recule en fonction de la direction du courant. Le mouvement de la bobine entraîne celui de la membrane ce qui produit une onde acoustique.

Une **enceinte** sert à convertir un signal audio électrique en une onde acoustique. Dans une enceinte Hifi se trouvent en général deux à trois haut-parleurs. On parle dans ce cas d'une enceinte à deux respectivement à trois voies. Chaque haut-parleur dans une enceinte est spécialisé pour une autre bande de fréquences (basses fréquences, moyennes fréquences ou hautes fréquences).

## 6.2 L'oreille

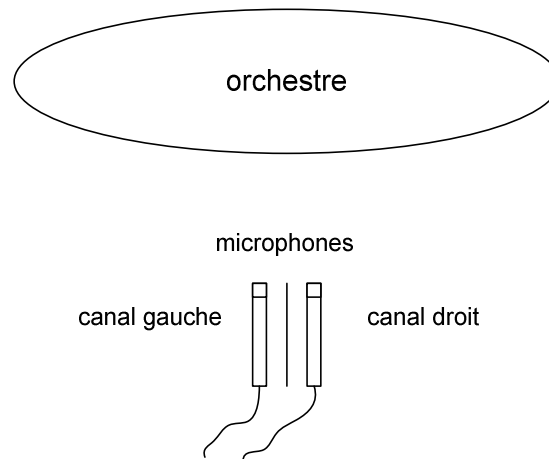
L'oreille est un organe qui sait convertir des ondes acoustiques dans des impulsions électriques qui produisent dans le cerveau la sensation d'entendre. L'oreille sait capter des ondes acoustiques d'une fréquence de 16Hz à 20kHz. Avec l'âge la fréquence maximale se réduit de plus en plus.

Le son à des fréquences inférieur à 16Hz est appelé *infrason* et celui à des fréquences supérieures à 20kHz est nommé *ultrason*.

### 6.3 L'effet stéréo

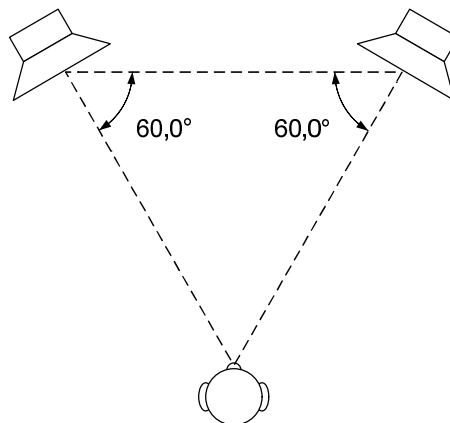
Par stéréophonie on comprend une technique où on enregistre la source acoustique avec deux microphones.

#### Enregistrement:



Par conséquent il faut aussi enregistrer deux signaux électriques qu'on reproduit sur une chaîne audio avec deux enceintes.

#### Reproduction:



La technique de stéréophonie fait que l'écouteur sait, comme en réalité, jugé si le son vient plutôt de gauche, de droite, de l'avant ou du fond d'une salle imaginaire qui se trouve devant lui. Il a donc une meilleure reproduction de la réalité enregistrée qu'avec une technique monophonique.

Les conditions pourtant que cette impression puisse s'établir sont que les enceintes se trouvent sur la même hauteur et que l'écouteur soit positionner à peu près au sommet d'un triangle équilatérale.

## 6.4 Les connecteurs et câbles en audio

### 6.4.1 Cinch



cinch femelle

cinch mâle

Les connecteurs cinch sont utilisés pour les signaux audio à faible puissance.

rouge = canal droit

blanc ou noir = canal gauche

Le câble utilisé est un **câble coaxial**. Au centre de ce câble se trouve le conducteur central, aussi appelé l'âme du câble. L'âme est entourée d'une matière isolante laquelle est de nouveau entourée d'une gaine conductrice tressée (ou feuille d'aluminium enroulée), appelée blindage. Ce blindage, aussi appelé écran, forme donc une cage faraday autour de l'âme ce qui évite que les ondes électromagnétiques dans lequel se trouve le câble puissent induire du bruit sur le conducteur central. **L'écran doit toujours être relié à la masse.**



### 6.4.2 XLR



XLR femelle

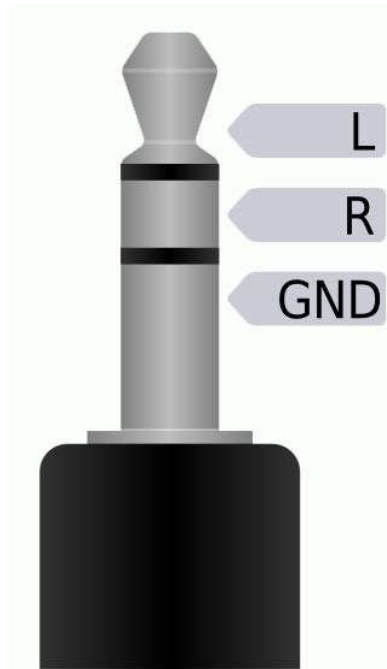
XLR mâle

Les connecteurs XLR sont aussi utilisés pour les signaux audio à faible puissance. Ils se retrouvent pourtant plutôt dans le milieu professionnel. Ils ont l'avantage d'intégrer le canal gauche et droit dans un seul connecteur. Le câble utilisé est un câble coaxial avec deux âmes.

### 6.4.3 Jack

3,5 mm6,3 mm

Les connecteurs Jack sont aussi utilisés pour les signaux audio à faible puissance. Ils sont très répandus pour le raccord des casques et écouteurs. Le câble utilisé est un câble coaxial avec deux âmes.

**affectation des contacts jack:****6.4.4 BNC**

BNC mâle

BNC femelle

Les connecteurs BNC sont en générale utilisé pour la transmission de signaux à hautes fréquences ( $f > 100\text{kHz}$ ), mais on les retrouve aussi sur les équipements de laboratoire en audio et sur l'oscilloscope. Le câble utilisé est un câble coaxial. Le contact entre la fiche et la prise n'est garantie que si la partie mâle a été tournée de  $90^\circ$ .



### 6.4.5 Banane 4mm



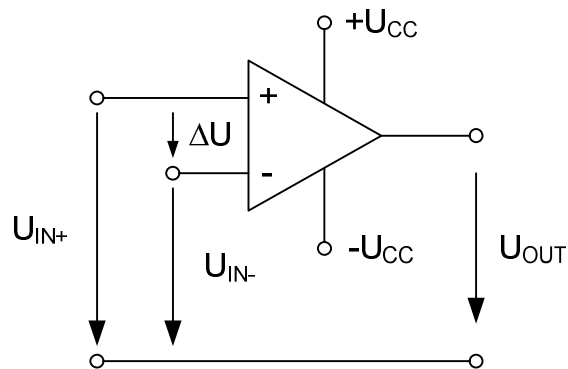
Les câbles des haut-parleurs sont en générale coincé avec des vis pour faire le contact ou ils sont connectés avec des connecteurs banane 4mm. Comme il s'agit sur l'haut-parleur d'un signal audio à haute puissance un bon contact est crucial.

## 6.5 Amplificateur opérationnel comme préamplificateur

### 6.5.1 Introduction

voir aussi module CAPTE

#### symbole de l'amplificateur opérationnel:



L'amplificateur opérationnel est un amplificateur différentiel, c'est-à-dire un amplificateur qui amplifie la différence entre la tension sur l'entrée non-inverseuse et l'entrée inverseuse.

$$U_{\text{OUT}} = G_U \cdot \Delta U \quad \text{avec} \quad \Delta U = (U_{\text{IN}+} - U_{\text{IN}-})$$

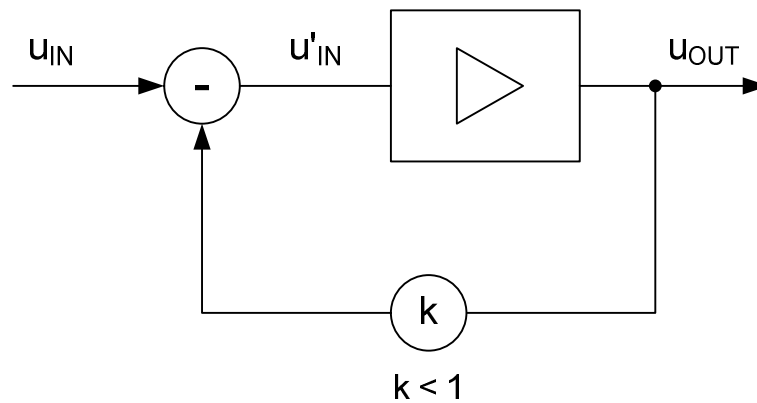
#### Exercice 2:

Calculez  $u_{\text{OUT}}$  dans les situations suivantes, si  $U_{\text{CC}} = \pm 15\text{V}$ .

$U_{\text{IN}+} / \text{V}$	$U_{\text{IN}-} / \text{V}$	$G_U$	$U_{\text{OUT}} / \text{V}$
5,0	5,0	100	
5,0	4,9	100	
4,9	5,0	100	
5,0	4,0	100	
4,0	5,0	100	

Le facteur d'amplification de la tension  $G_U$  de l'OP idéal est infiniment grand. Les OP réels atteignent des facteurs d'amplification de  $10^8$ . Les applications principales de l'OP sont le comparateur et l'amplificateur.

### 6.5.2 Le principe de la contre-réaction

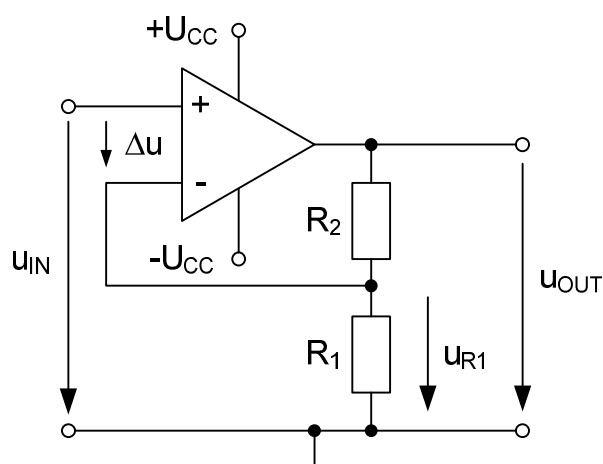


On appelle contre-réaction le fait de retourner une partie du signal de sortie  $u_{OUT}$  et de la soustraire du signal d'entrée  $u_{IN}$ . Ceci fait que la tension  $u'_{IN}$  à l'entrée de l'amplificateur est réduite. Cette réduction de  $u'_{IN}$  apparaît de l'extérieur comme une réduction du gain de l'amplificateur.

### 6.5.3 L'amplificateur non-inverseur

Le circuit de l'amplificateur non-inverseur est la première possibilité de réaliser une contre-réaction à l'aide d'un OP.

#### circuit de l'amplificateur non-inverseur:



On peut montrer que le gain en tension  $G_U$  du circuit complet est:

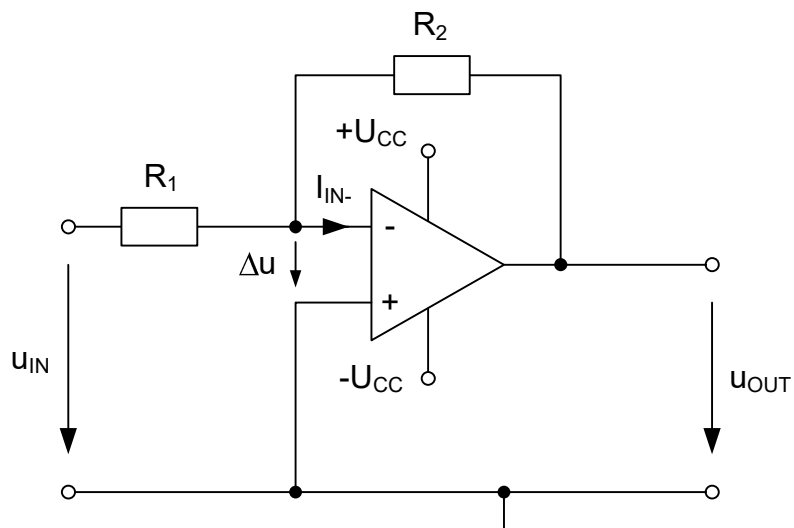
$$G_U = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Le circuit est appelé non-inverseur parce que la tension de sortie n'est pas inversée par rapport à la tension d'entrée, elles sont en phase.

#### 6.5.4 L'amplificateur inverseur

Parfois il est nécessaire de pouvoir réduire le gain en tension d'un amplificateur en dessous de 1. Dans ce cas on peut utiliser le circuit de l'amplificateur inverseur.

circuit de l'amplificateur inverseur:



Pour ce circuit il vaut:

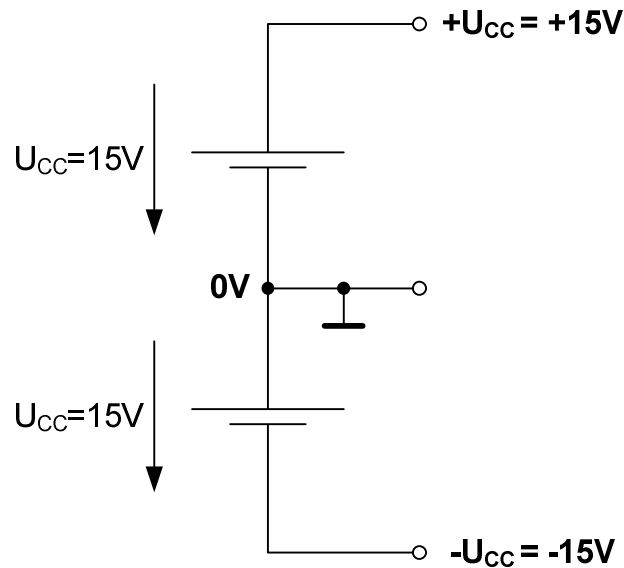
$$G_U = \frac{R_2}{R_1}$$

La tension de sortie est inversée par rapport à la tension d'entrée, elles sont donc déphasées de  $180^\circ$ .

### 6.5.5 Alimentation des amplificateurs opérationnels

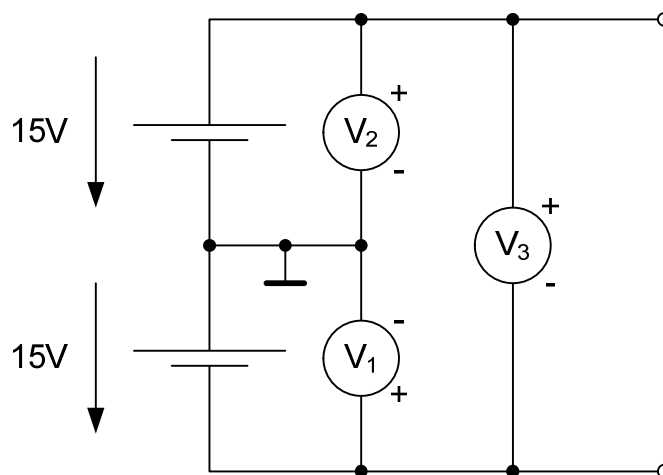
Si on veut amplifier des tensions alternatives avec un amplificateur opérationnel, alors il faut que l'alimentation fournisse aussi des tensions négatives. On parle dans ce cas d'une *alimentation symétrique* qu'on réalise avec deux alimentations continues en série.

#### circuit d'une alimentation symétrique:



#### Exercice 3:

Indiquez les valeurs affichées sur les trois voltmètres suivants.



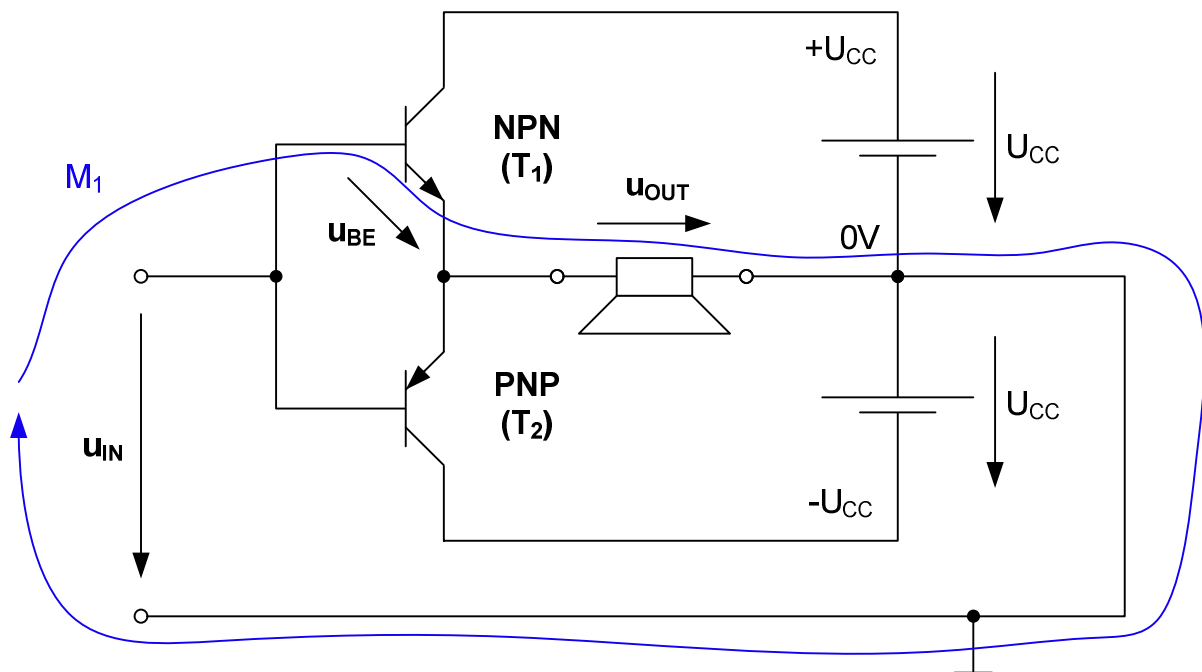
**Exercice 4:**

- a) Dimensionnez les résistances  $R_1$  et  $R_2$  d'un amplificateur non-inverseur de façon à produire un gain en tension  $G_U$  de 15. Choisissez les valeurs de façon à ne pas trop charger la sortie de l'OP.
- b) Dimensionnez les résistances  $R_1$  et  $R_2$  d'un amplificateur inverseur de façon à produire un gain en tension  $G_U$  de 15. Choisissez les valeurs de façon à ne pas trop charger la sortie de l'OP.
- c) Proposez une solution pour pouvoir varier le gain du préamplificateur afin de varier le volume.

## 6.6 Amplificateur symétrique comme amplificateur de puissance

### 6.6.1 Circuit

(remarque pour l'enseignant: Le circuit est développé en discussion collective.)



L'amplificateur symétrique consiste d'un transistor NPN et d'un transistor PNP qui sont dits complémentaires, c'est-à-dire les caractéristiques des deux transistors sont équivalentes mais opposées.

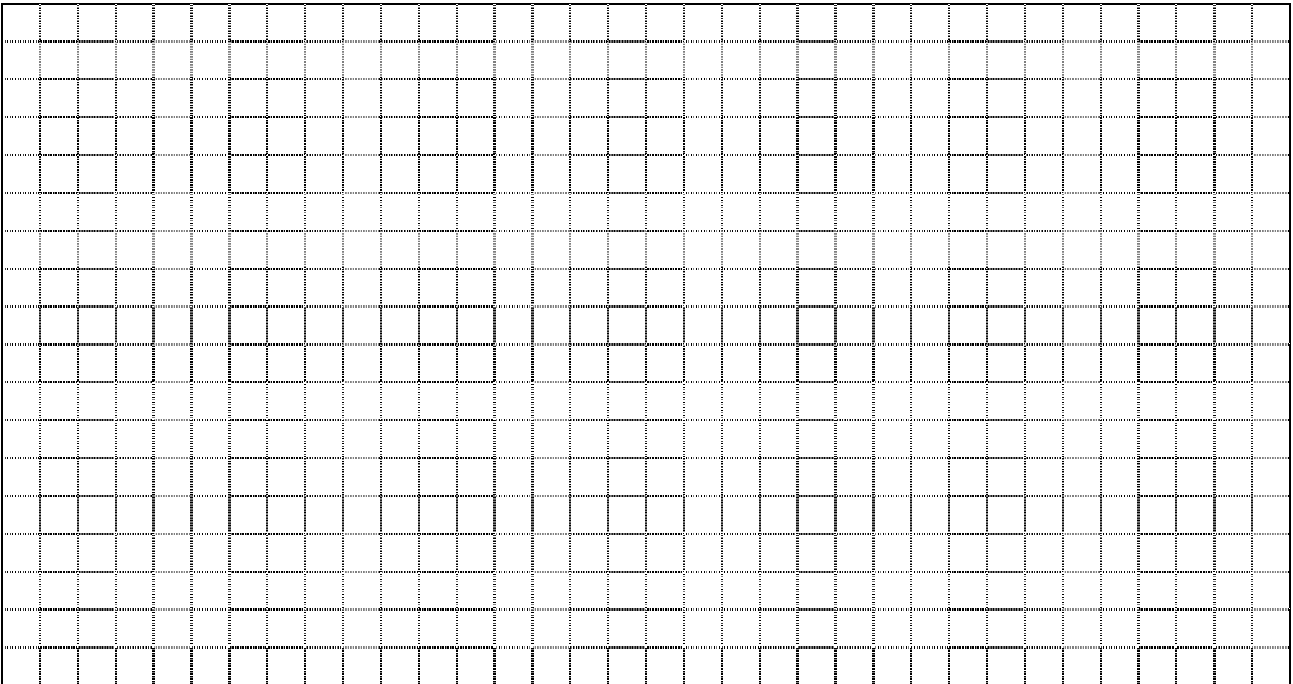
(voir aussi essai 7)

### 6.6.2 Fonctionnement du circuit

Quand la tension  $u_{IN}$  est positive c'est le transistor  $T_1$  qui laisse passer plus ou moins de courant. Ce courant doit passer à travers l'haut-parleur car  $T_2$  bloque. Quand  $u_{IN}$  est négative ce sera  $T_1$  qui bloque et  $T_2$  qui sera passant, ce qui fera couler le courant en sens inverse.

### 6.6.3 Gain en tension de l'amplificateur symétrique

Pour l'amplificateur symétrique il vaut toujours:



### 6.6.4 Défaut

L'amplificateur symétrique a un grand défaut c'est que les transistors restent bloquant tant que la tension d'entrée se trouve entre  $-0,6V$  et  $+0,6V$ , suite à l'effet de diode des jonctions base-émetteur. Ce défaut produit des distorsions appelées distorsions de croisement.

