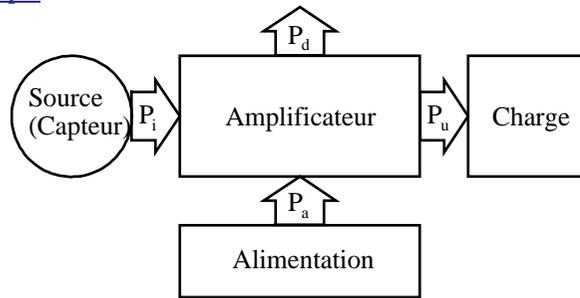


## VI. L'AMPLIFICATION

### A. AMPLIFICATION DE PUISSANCE

#### 1. Principes



Bilan énergétique d'un amplificateur de puissance

Un ampli doit être le plus linéaire possible, c'est à dire que le signal de sortie doit être homothétique du signal d'entrée. Sinon, il y a **distorsion** du signal.

- $P_1 = P_i$  : Puissance incidente (issue de la source, très faible)
- $P_a$  : Puissance absorbée (fournie par l'alimentation)
- $P_2 = P_u$  : Puissance utile (sortante)
- $P_d$  : Puissance dissipée (pertes)

$$P_u = P_a + P_i - P_d \sim P_a - P_d$$

Amplification de puissance :

$$A_p = P_u / P_i$$

#### 2. Définition du décibel

L'amplification pouvant être très grande, l'usage privilégié le **gain** en puissance, qui est le logarithme décimal de l'amplification :

$$G'_p = \log(A_p), \text{ soit } G'_p = \log(P_u / P_i)$$

$G'_p$  est exprimé en Bel (B) : +1 B  $\Leftrightarrow$   $\times 10$  sur la puissance

Exemple :  $2 \cdot 10^4 \Leftrightarrow 4.3 \text{ B} = 43 \text{ dB}$ .

L'usage habituel est d'utiliser un sous-multiple, le **décibel** (dB) :

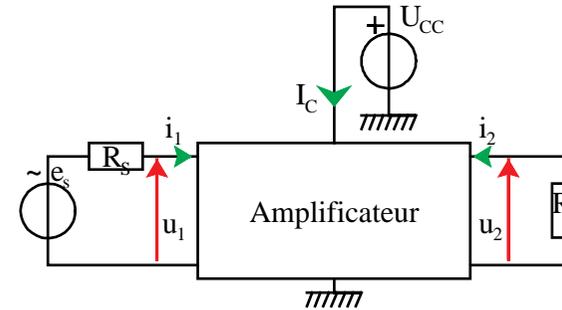
$$G_p = 10 \log(A_p), \text{ soit } G_p = 10 \log(P_u / P_i) \quad (\text{en dB})$$

+10 dB  $\Leftrightarrow$   $\times 10$  sur la puissance

$A_p$	1	2	10	100	100	... $\times 10$
$G_p$ (dB)	0	3	10	20	30	... +10

**Remarque :** les perceptions (auditives, visuelles) sont proportionnelles au logarithme de l'excitation (loi de Fechner). Donc "l'efficacité" d'un amplificateur est mieux mise en évidence par le gain (dB).

### B. L'AMPLIFICATEUR EN ELECTRONIQUE



Structure type d'un amplificateur.

- $P_1 = P_i = U_{1\text{rms}} I_{1\text{rms}} \cos(\varphi_1)$  : Puissance incidente
- $P_a = U_{CC} I_C$  : Puissance absorbée
- $P_2 = P_u = U_{2\text{rms}} I_{2\text{rms}} \cos(\varphi_2)$  : Puissance utile
- $P_d = P_a + P_1 - P_2 \sim P_a - P_2$  : Puissance dissipée

$e_s, R_s$  : Générateur de Thévenin équivalent à la source

$R_L$  : Résistance (impédance) d'entrée du circuit aval, ou charge (load)

#### 1. L'amplificateur de courant

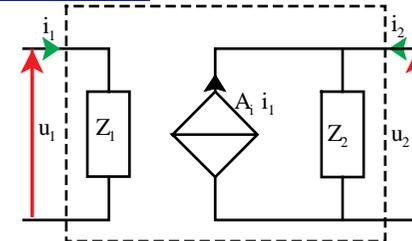


Schéma équivalent d'un ampli de courant, sortie en Norton :  $A_i > 1$ .

Il est placé en fin de chaîne, avant une charge gourmande en courant (haut-parleur), car c'est souvent l'étage qui consomme le plus d'énergie.

#### 2. L'amplificateur de tension

a. Schéma équivalent

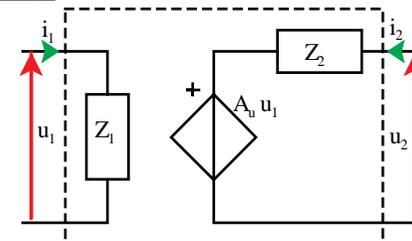


Schéma équivalent d'un ampli de tension, sortie en Thévenin :  $A_u > 1$ .

$Z_1$  : Impédance (résistance) d'entrée  
 $Z_2$  : Impédance de sortie

**b. Les décibels**

L'amplification en tension est habituelle en électronique. Aussi l'usage est d'utiliser les décibels directement à partir des tensions.

Comme la puissance est au carré de la tension :  $P = U_{rms}^2/R$ , un facteur 2 permet d'utiliser la même échelle de décibels pour P et pour  $U_{rms}$  :

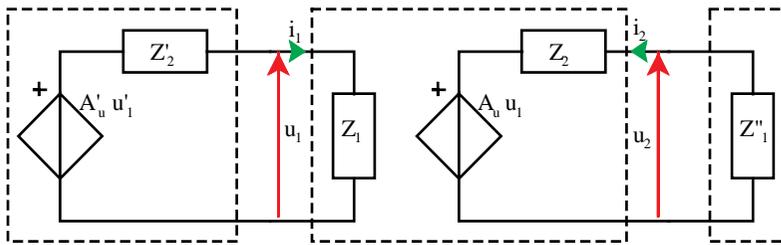
$$G_u = 20 \log(A_u), \text{ soit } G_u = 20 \log \left| \frac{U_2}{U_1} \right|_{I_2=0}$$

+20 dB  $\Leftrightarrow$   $\times 10$  sur la tension

$A_u$	1	$\sqrt{2}$	2	3	5	10	100	1000	... $\times 10$
$G_u$	0	3	6	9.5	14	20	40	60	...+20

**c. Mise en cascade**

Le schéma équivalent adopté habituellement pour les amplificateurs de tension permet de simplifier (voire d'automatiser) les calculs d'une chaîne.



Mise en cascade d'un amplificateur de tension.

A l'entrée : $u_1 = A'_u u'_1 \frac{Z_1}{Z_1 + Z'_2}$ Si $Z'_2$ est imposé, le $Z_1$ le plus grand est favorable, pour ne pas perdre le bénéfice de l'amplification $A'_u$ . $Z_1 = \infty$ est idéal	A la sortie : $u_2 = A_u u_1 \frac{Z''_1}{Z''_1 + Z_2}$ Si $Z''_1$ est imposé, le $Z_2$ le plus petit est favorable, pour ne pas perdre le bénéfice de l'amplification $A_u$ . $Z_2 = 0$ est idéal
---	--

**d. Adaptation d'impédance**

Dans certains cas (ex. : aux hautes fréquences) il est important d'optimiser le transfert d'énergie d'un étage à l'autre. Considérons la sortie précédente.

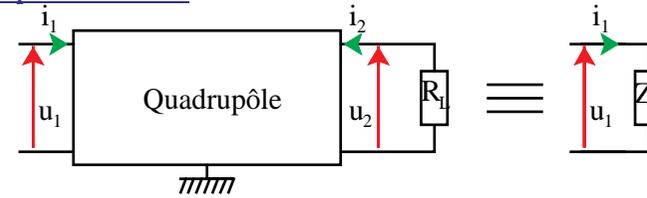
La puissance utile transférée à la charge  $Z''_1$ , considérée comme résistive, est :  $P_u = Z''_1 I_{2rms}^2$ , avec  $I_{2rms} = U_{2rms} / (Z_2 + Z''_1)$

soit :  $P_u = U_{2rms}^2 \frac{Z''_1}{(Z''_1 + Z_2)^2}$  maximum si  $Z''_1 = Z_2$

Si l'impédance de la charge est égale à l'impédance de la source, alors la puissance transférée est maximale. Les impédances sont dites adaptées.

**C. CALCULS D'IMPEDANCES SUR UN QUADRUPOLE**

**1. Impédance d'entrée**



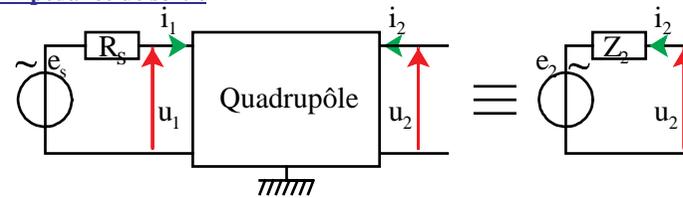
Impédance d'entrée d'un quadripôle :  $Z_1 = \frac{U_1}{I_1}$

En principe,  $Z_1$  dépend de la charge  $R_L$  du quadripôle. Deux cas limites :

Sortie en court-circuit :  $R_L = 0 \Leftrightarrow u_2 = 0 \Leftrightarrow Z_1 = \left( \frac{U_1}{I_1} \right)_{u_2=0}$

Sortie ouverte :  $R_L = \infty \Leftrightarrow i_2 = 0 \Leftrightarrow Z_1 = \left( \frac{U_1}{I_1} \right)_{i_2=0}$

**2. Impédance de sortie**



Impédance de sortie d'un quadripôle :  $Z_2 = \frac{U_2}{I_2}$

Le générateur équivalent de Thévenin à la sortie d'un quadripôle dépend le plus souvent du générateur de source. Deux cas limites :

Entrée en court-circuit :  $R_S = 0$  et  $e_s = 0 \Leftrightarrow Z_2 = \left( \frac{U_2}{I_2} \right)_{u_1=0}$

Entrée ouverte :  $R_S = \infty \Leftrightarrow Z_2 = \left( \frac{U_2}{I_2} \right)_{i_1=0}$

**3. Remarques sur les calculs d'impédance**

Dans le cas d'un quadripôle actif, éviter de supposer éteintes les sources commandées. Exprimer séparément u et i en fonction d'une variable (courant ou tension) commune aux deux, qui s'éliminera dans la fraction.

Si Z est un nombre réel positif, alors u et i sont en phase.