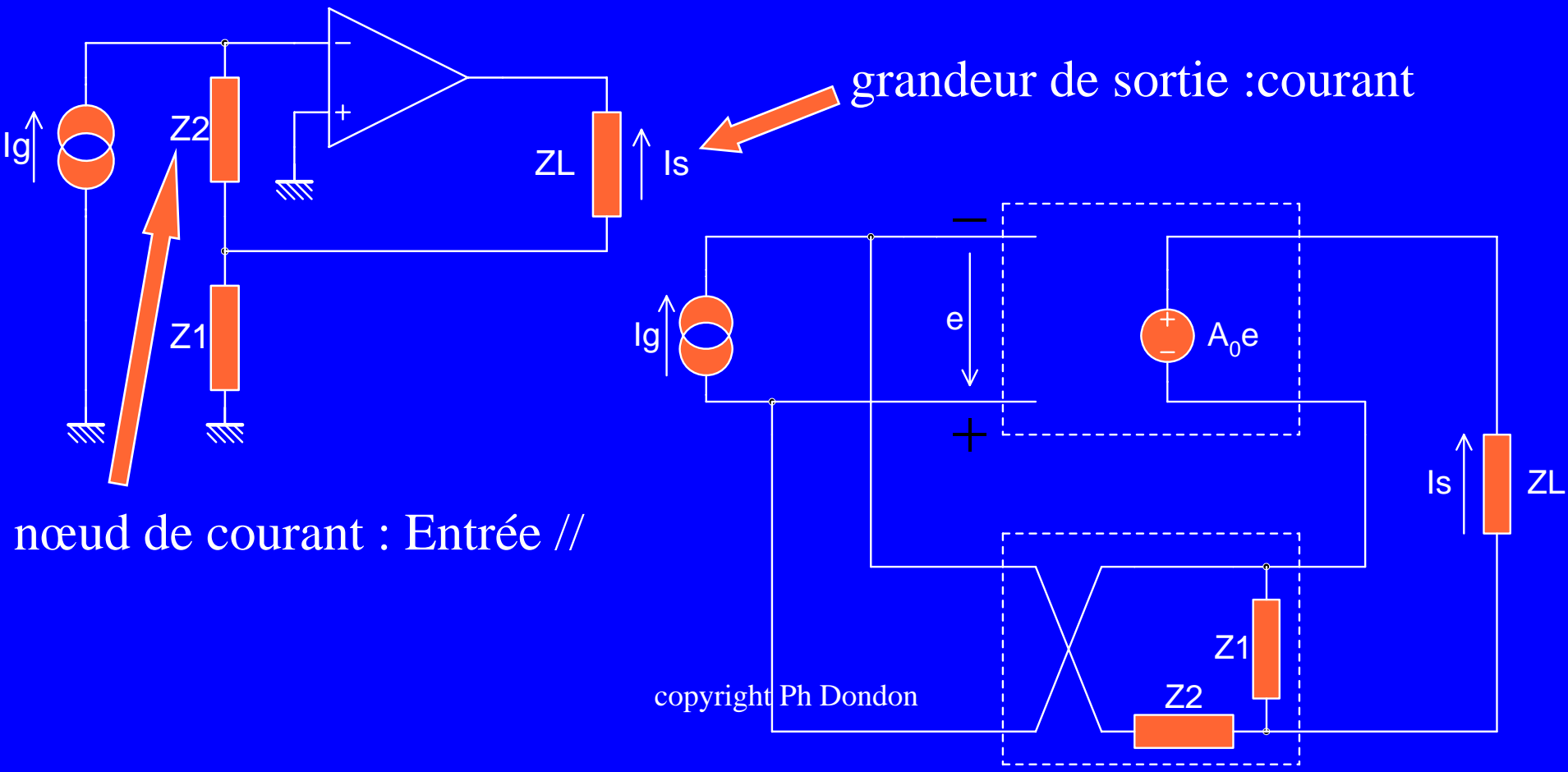


CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ schéma de contre réaction

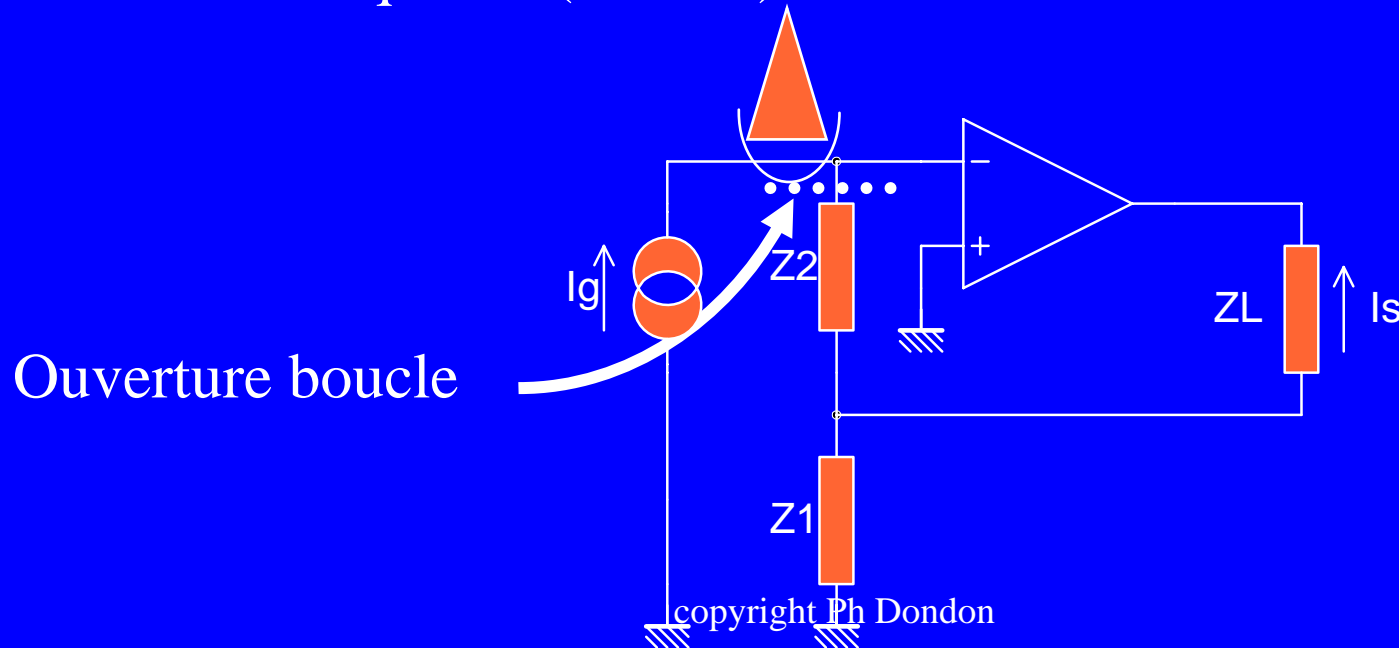


CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ ouverture boucle

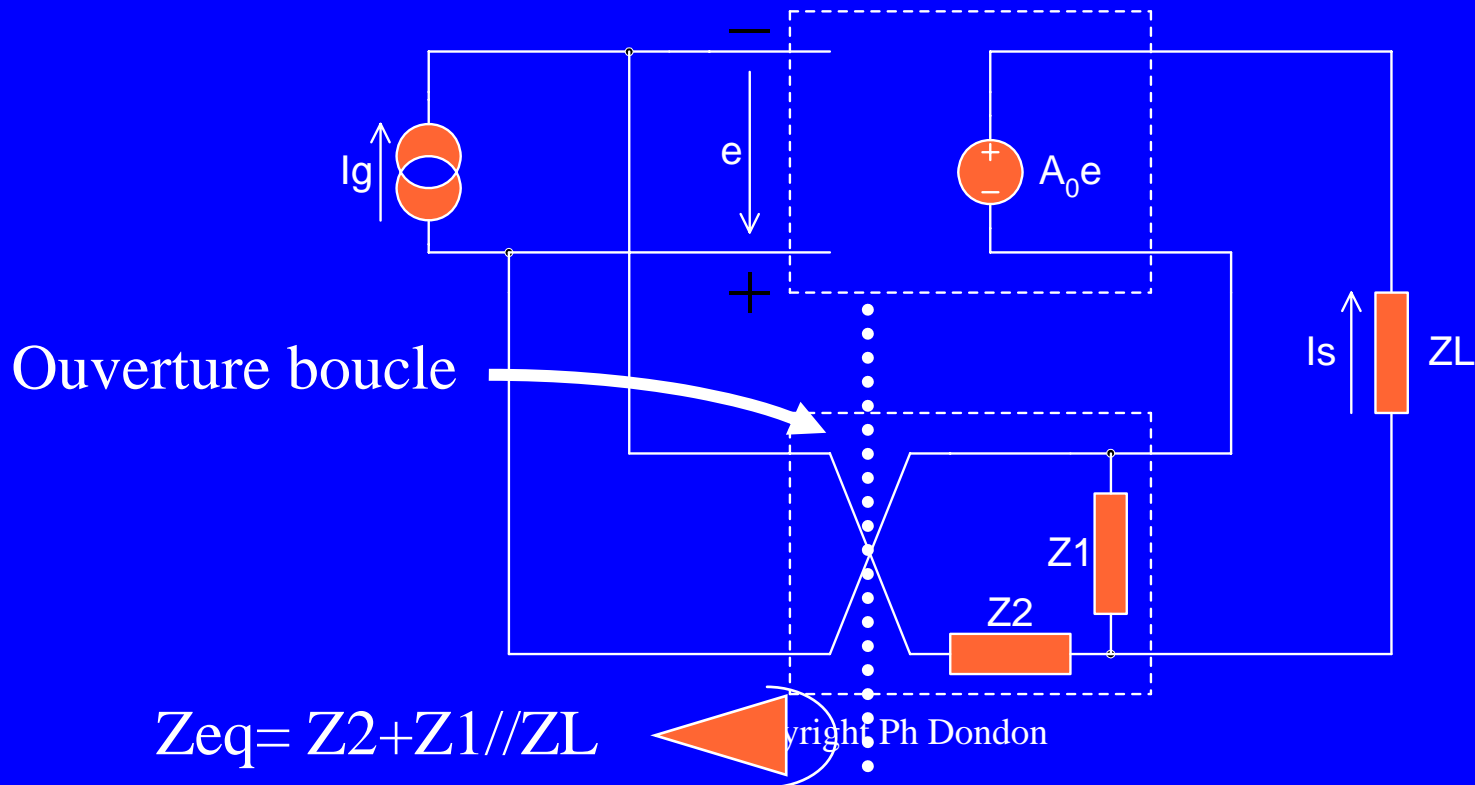
Respect de l'impédance
vue $\Rightarrow Z_{eq} = Z_2 + (Z_1 // Z_L)$



CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

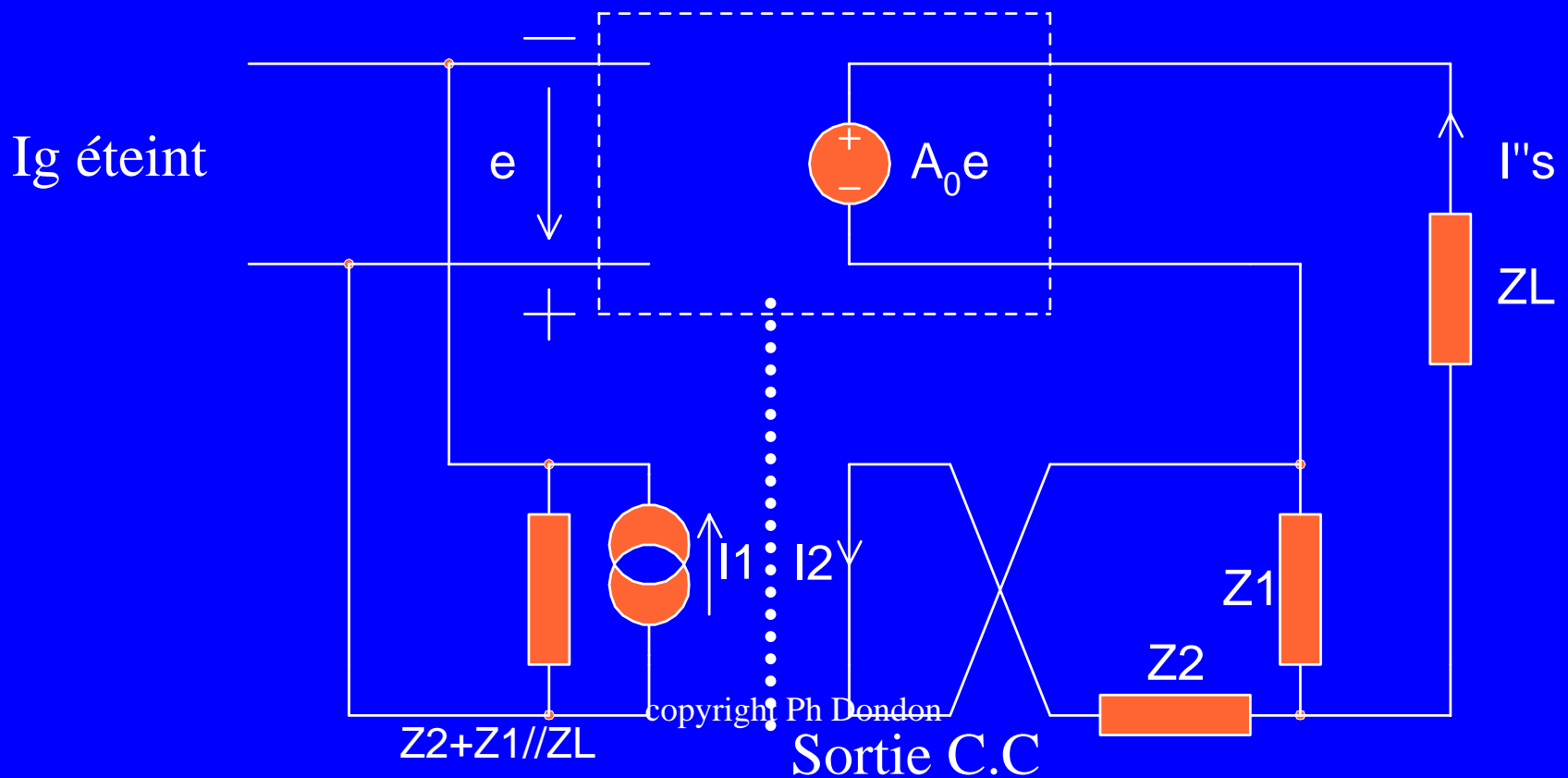
◆ ouverture boucle



CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ ouverture boucle



CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ gain de boucle

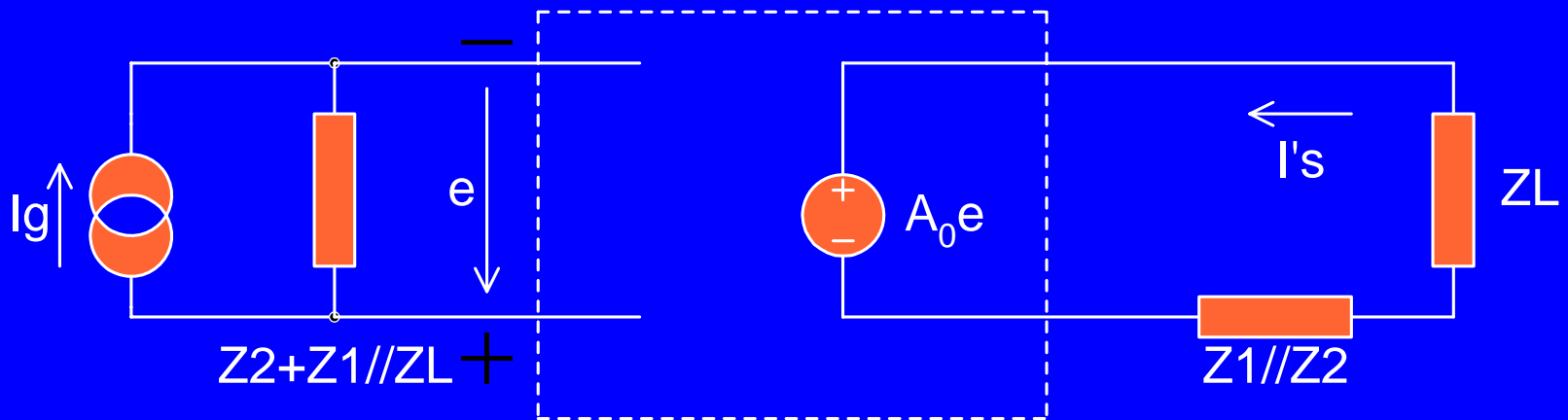
$$T=I_2/I_1 = - A_0 \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_L}$$

(autre approche possible par calcul direct
boucle ouverte au niveau de l'A.O)

CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ gain sans contre réaction



$$A = \frac{I's}{I_g} = A_0 \cdot \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 + Z_L}$$

CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ Paramètres

• Gain avec contre réaction $A_r = I_s/I_g = \frac{A_0 \cdot (Z_1 + Z_2)}{Z_L + Z_1 \cdot (1 + A_0)}$

Si $A_0 \gg 1$

alors :

$$A_r = 1 + (Z_2/Z_1)$$

CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ Paramètres

Remarque :

- Les gains des montages tension-série et courant-parallèle ont la **même formulation...**

Mais,

- pour le premier il s'agit d'un **gain en tension**,
- pour le second d'un **gain en courant**.

CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ Paramètres

- Impédance d'entrée du montage avec CR ($\Rightarrow 0$ si A_0 grand)

$$Z_{in} = \frac{Z_2 + Z_1 // Z_L}{1 + A_0 \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_L}}$$

- Impédance de maille de sortie du montage avec CR (Z_2 en l'air)

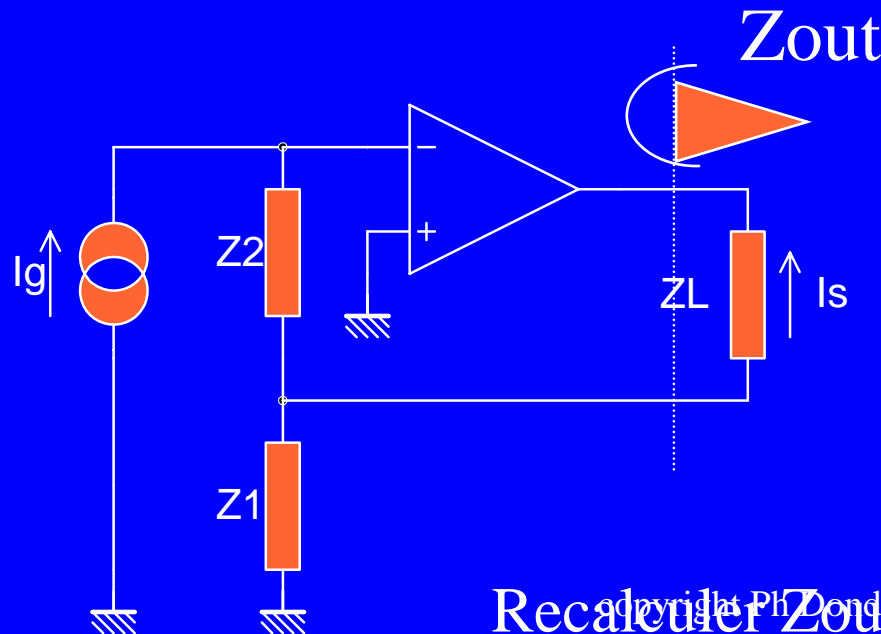
$$Z_{sxr} = (Z_1 + Z_L) \cdot \left(1 + \frac{A_0 \cdot Z_1}{Z_1 + Z_L} \right)$$

CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ paramètres

- Impédance de sortie avec CR vue par Z_L :



$$Z_{out} = Z_1 \cdot (1 + A_o)$$

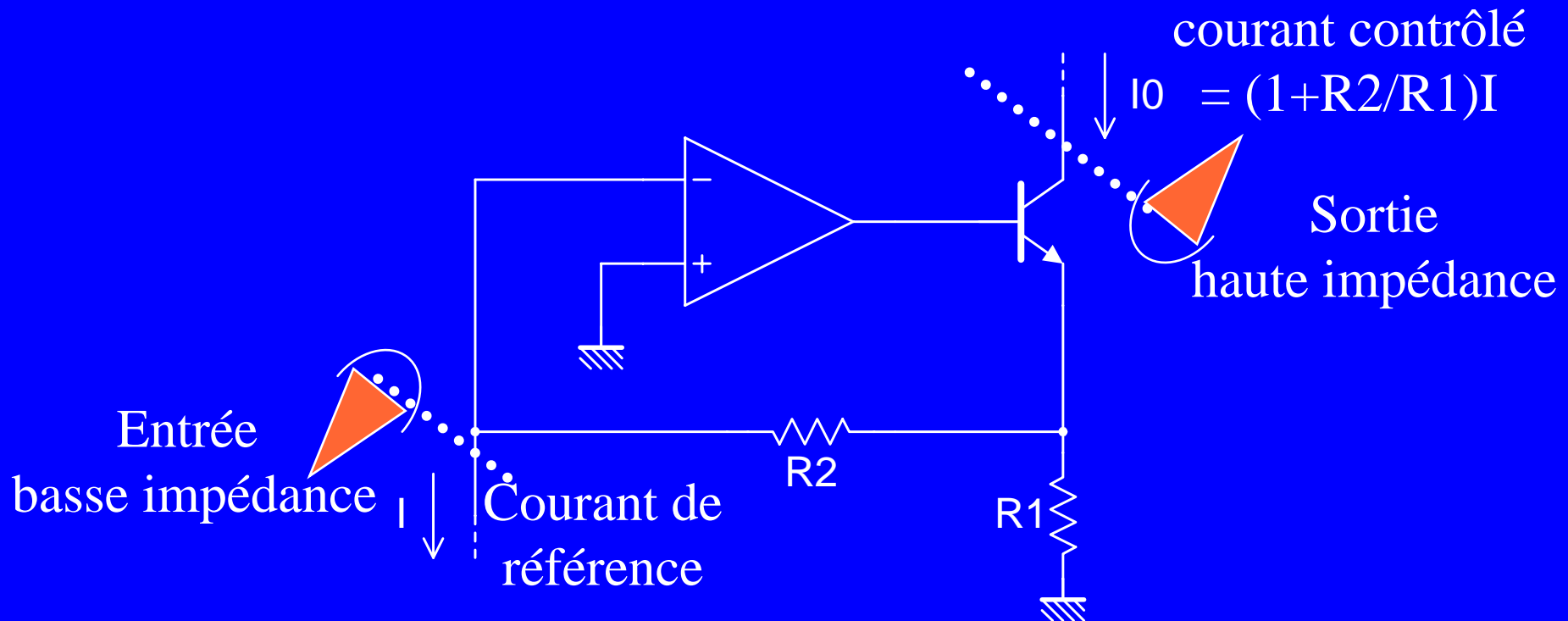
\Rightarrow l'infini si A_o grand

Recalculer Z_{out} directement par loi de maille...

CONTRE REACTION SUR UN AMPLI

5 C.R courant-parallèle

◆ exemples



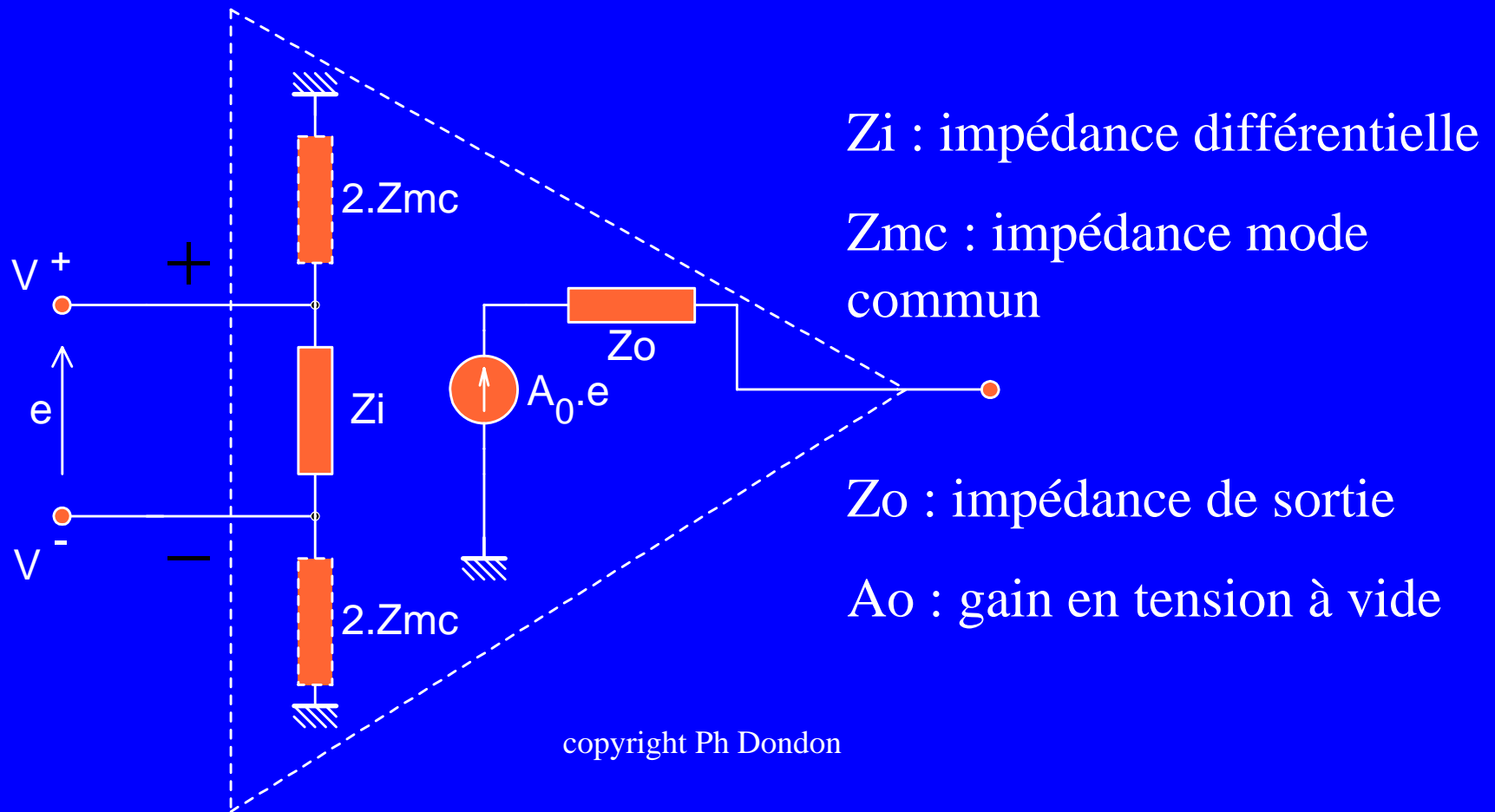
Générateur de courant contrôlé en courant

Une minute de pause... publicité

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 AOP rappel

◆ Modèle petit signaux de base, cas réel



CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 AOP rappel

◆ Configuration de base

Parmi les quatre types de rétroaction appliquées à un amplificateur opérationnel, deux sont particulièrement importantes :

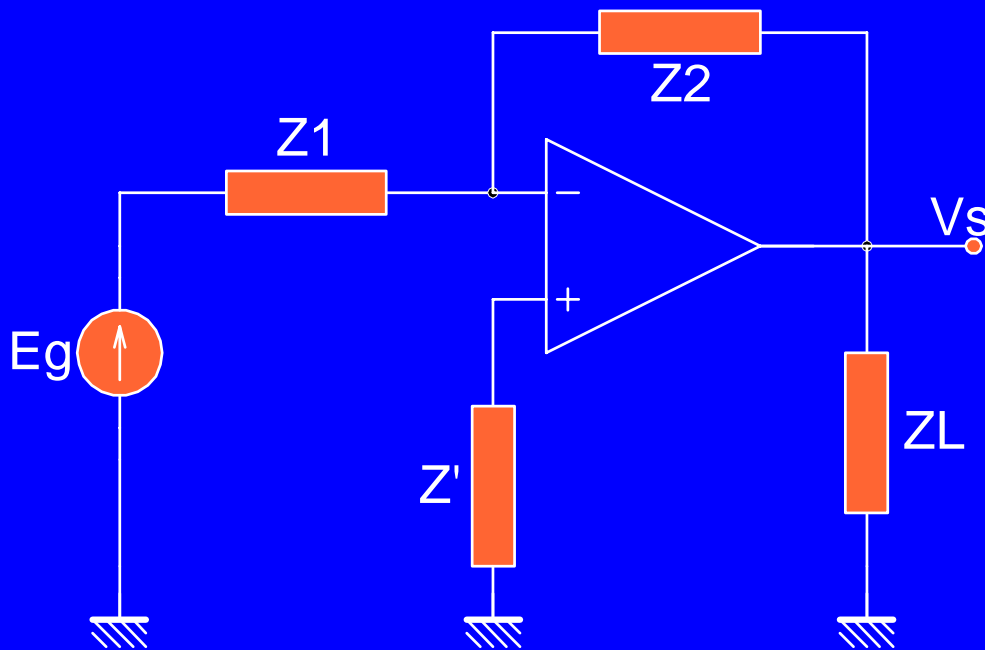
- Rétroaction de tension parallèle (configuration inverseuse)
- Rétroaction de tension série (configuration non inverseuse)

calcul des paramètres principaux dans le cas général d'un amplificateur réel, non idéal.

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ inverseur



- Impédance du générateur E_g incluse dans Z_1 .

- Z' dans l'entrée (+) de l'A.O. Cette impédance ne joue aucun rôle si l'impédance d'entrée Z_i est infinie.

- Si l'impédance de sortie Z_o est nulle, l'impédance de charge Z_L n'intervient pas dans les calculs.

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ inverseur

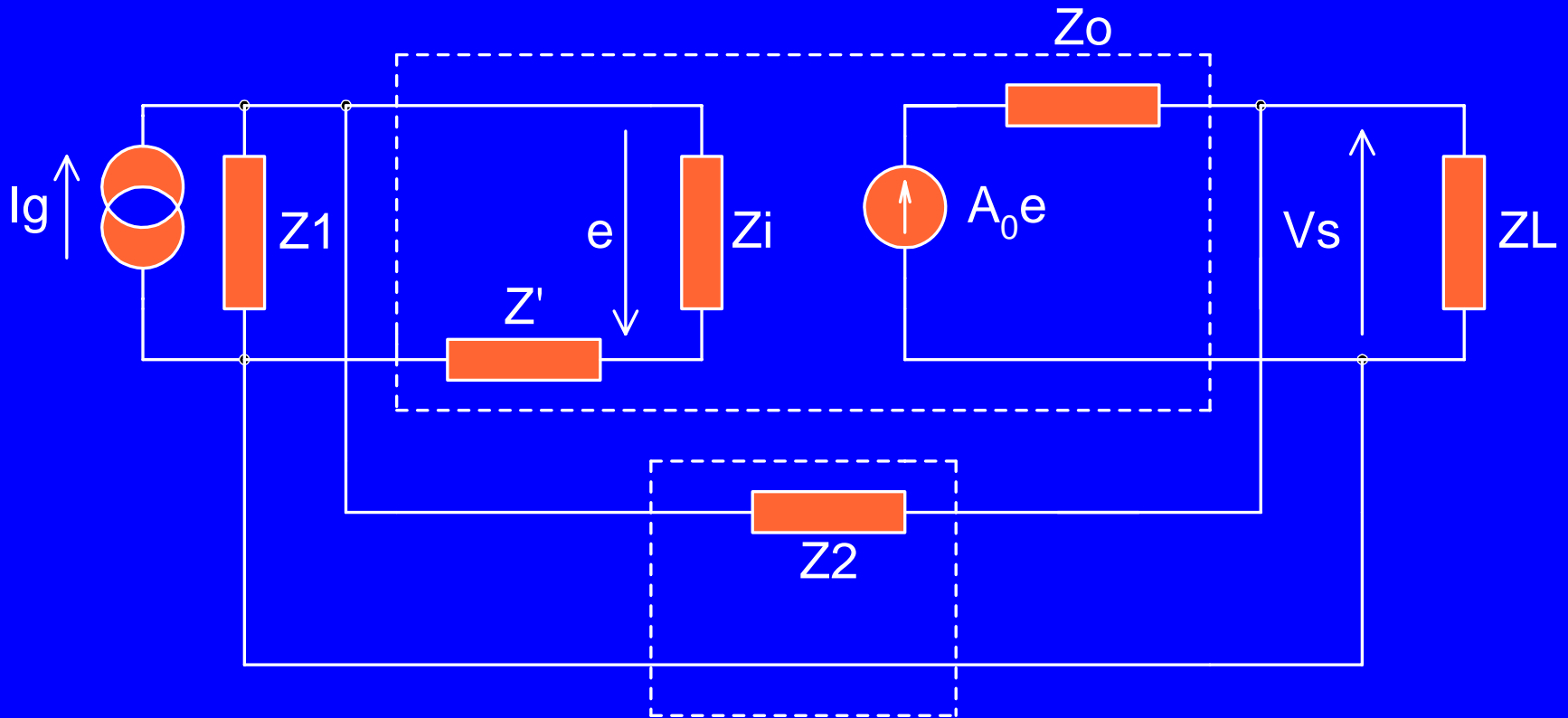
Gain cas idéal :

$$G_i = -Z_2/Z_1$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Schéma équivalent de rétroaction



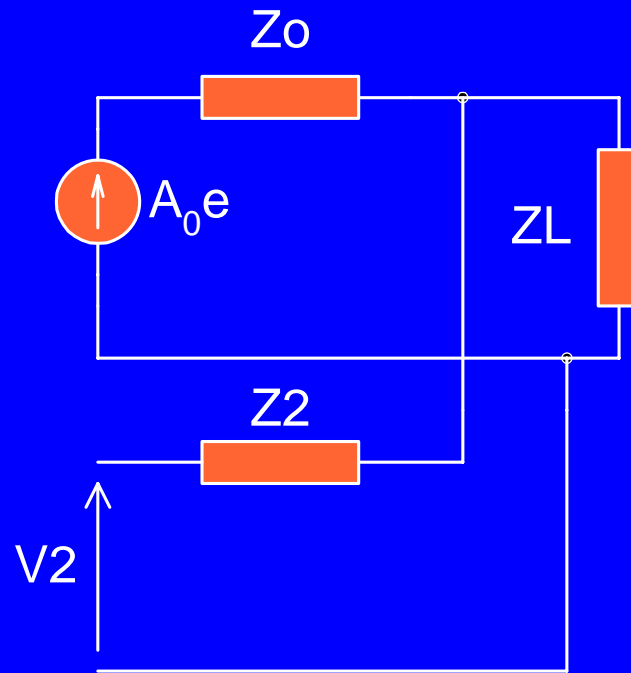
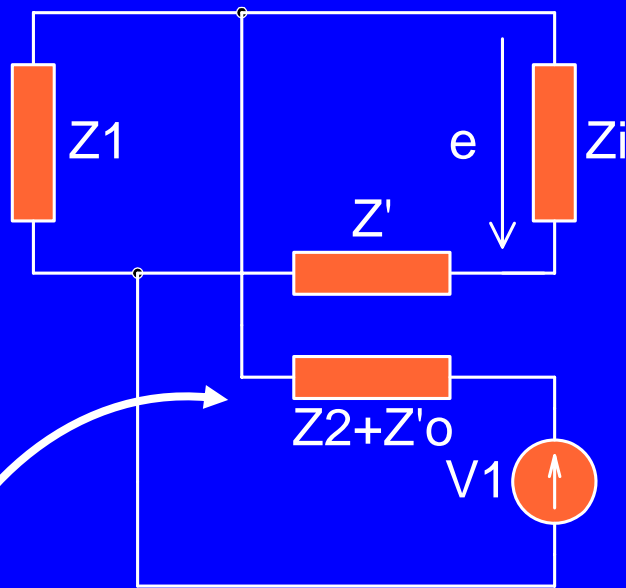
Avec $I_g = E_g / Z_1$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Gain de boucle

Ig
éteint



$$Z_{eq} = Z_2 + (Z_0 // Z_L)$$

avec $Z'_o = (Z_0 // Z_L)$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Gain de boucle

$$T = V_2/V_1 = - K_s * K_t * K_e * A_0$$

avec :

$$K_s = \frac{Z_L}{Z_L + Z_o} \quad \text{Atténuation de sortie}$$

$$K_t = \frac{Z'_1}{Z'_1 + Z_2 + Z'_o} \quad \text{Atténuation de transfert}$$

avec $Z'_1 = Z_1 // (Z_i + Z')$

$$K_e = \frac{Z_i}{Z_i + Z'}$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

Remarque : On peut tenir compte de l'impédance de mode commun conformément au modèle petit signaux de l'AOP, en remplaçant dans les relations précédentes :

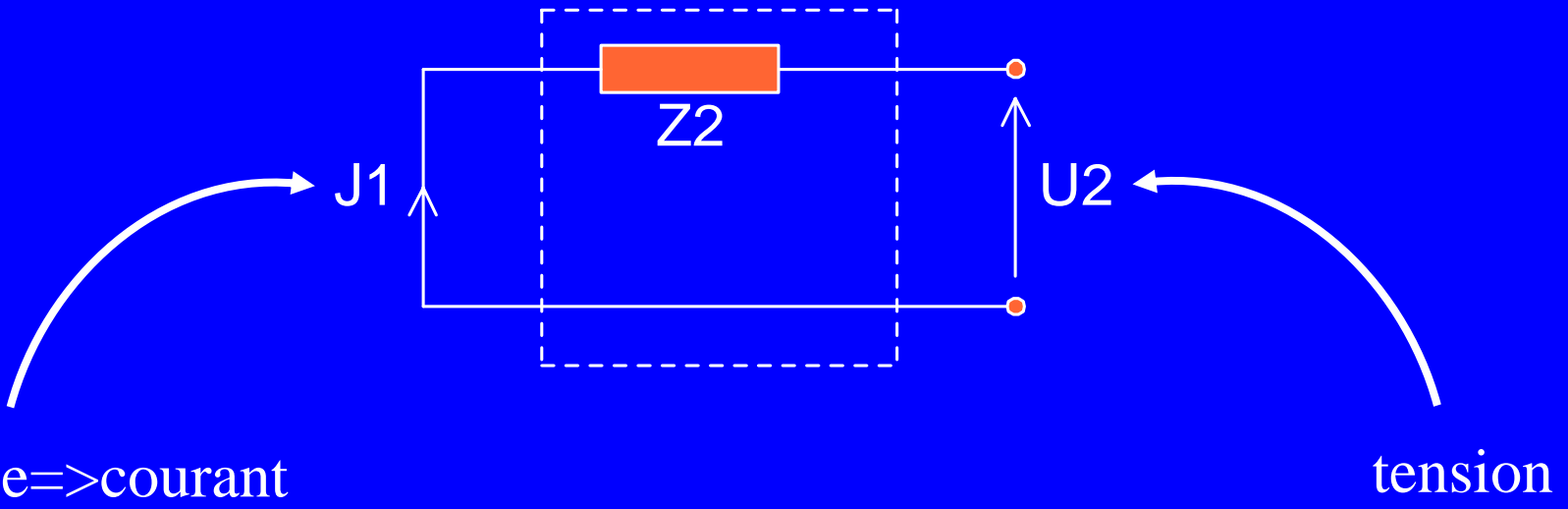
- Z' par $(Z' // 2Z_{mc})$ et en appliquant, d'autre part, Thévenin sur l'entrée (-), de telle sorte que Z_1 est à remplacer par $Z_1 // (2Z_{mc})$
- Le générateur E_g par $E_g \cdot (2 \cdot Z_{mc}) / (Z_1 + 2 \cdot Z_{mc})$

En général, Z_{mc} est totalement négligeable dans ce montage car les autres impédances lui sont très inférieures.

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Taux de contre réaction



$$B = \frac{J1}{U2} = - \frac{1}{Z2}$$

copyright Ph Dondon



Convention signe

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

D'où le gain composite avec contre réaction $A_r = T/B.(1/1-T)$:

$$\frac{V_s}{I_g} = Z_2 \cdot \frac{-A_0 \cdot K_e \cdot K_t \cdot K_s}{1 + A_0 \cdot K_e \cdot K_t \cdot K_s}$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

D'où le gain en tension avec contre réaction A_v :

$$A_v = G^- = \frac{V_s}{E_g} = - \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{K \cdot A_0}{1 + K \cdot A_0}$$

avec : $I_g = E_g / Z_1$ et $K = K_e \cdot K_t \cdot K_s$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

Soit en comparant au gain idéal G_i :

$$G^- = G_i^- \cdot \frac{K \cdot A_0}{1 + K \cdot A_0}$$

Ouf ! cela me rappelle quelque chose... (euh, enfin normalement.)

COURS EAM 1ère année

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Admittance maille d'entrée

• Sans C.R :

$$Y_e = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_i + Z'} + \frac{1}{Z_2 + Z'_o}$$

• Avec C.R :

$$Y_{er} = \frac{1}{Z'_1} + \frac{1}{Z_2 + Z'_o} + \left(\frac{1}{Z'_1} + \frac{1}{Z_2 + Z'_o} \right) \cdot K \cdot A_0$$

Avec :

$$Z'_o = Z_o // Z_L$$

$$Z'_i = Z_i + Z'$$

$$Z'_1 = Z_1 // Z'_i$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Admittance d'entrée

- Admittance vue par le générateur I_g , Z_1

$$Y_r = Y_{er-1}/Z_1$$

$$Y_r = \frac{1}{Z_i + Z'} + \frac{1}{Z_2 + Z'_o} \cdot (1 + K_s \cdot K_e \cdot A_0)$$

Tend vers zéro

Contribution Effet Miller

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Impédance d'entrée

- Impédance vue par le générateur E_g : $Z_{in} = 1/Y_r + Z_1$

soit :

$$Z_{in} = Z_1 + (Z_2 + Z'_o) / (1 + K_S \cdot K_e \cdot A_0)$$

avec A_0 très grand, on retrouve :

$$Z_{in} = Z_1$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Admittance maille de sortie

• Sans C.R :

$$Y_s = \frac{1}{Z_o} + \frac{1}{Z_L} + \frac{1}{Z_2 + Z'_1}$$

Avec :

$$Z'_1 = Z_1 // Z'_i$$

• Avec C.R :

$$Y_{sr} = Y_s \cdot (1 + K \cdot A_o)$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Admittance de sortie

- Admittance vue par la charge Z_L :

$$Y_{out} = Y_{sr} - Y_L$$

D'où l'admittance de sortie vue par la charge :

$$Y_{out} = \frac{1}{Z_2 + Z'_1} + \frac{1}{Z_o} \cdot \left(1 + A_0 \cdot K_e \cdot \frac{Z'_1}{Z_2 + Z'_1}\right)$$

négligeable

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Impédance de sortie

$$Z_{out} = \frac{Z_o}{1 + A_0 \cdot K_e \cdot Z'_1 / (Z_2 + Z'_1)}$$

L'impédance de sortie est donc considérablement diminuée par la contre réaction

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

6 Configuration inverseuse détaillée

◆ Impédance de sortie

Dans le cas où Z_i , impédance d'entrée différentielle de l'A.O est supposée infinie :

$$Z_{out} = \frac{Z_o}{1 + A_0 \cdot Z_1 / (Z_2 + Z_1)}$$

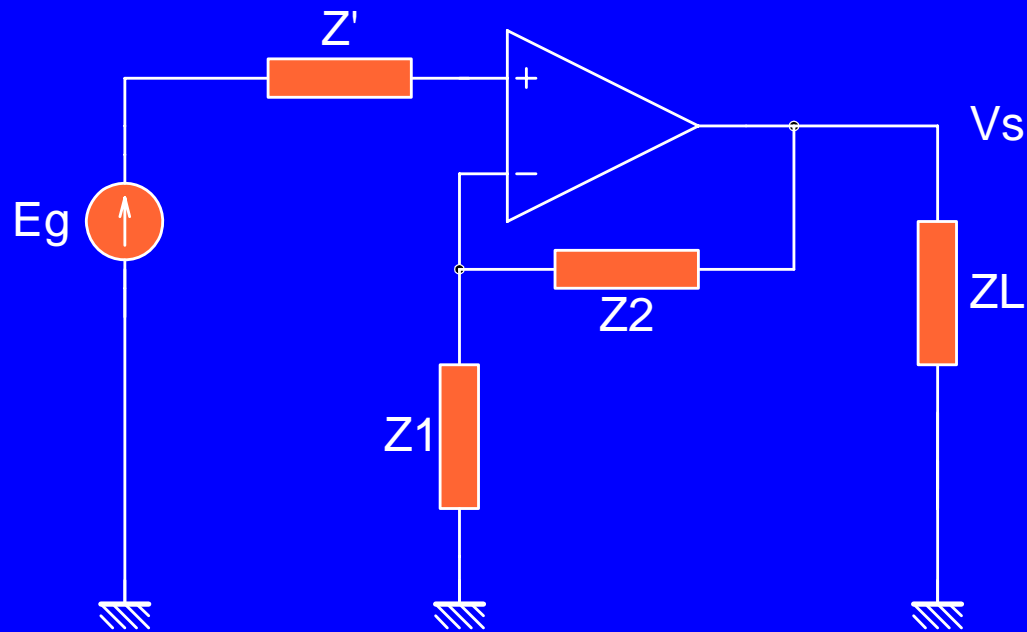
Ouf ! cela me dit quelque chose... (euh, enfin normalement.)

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Non inverseur

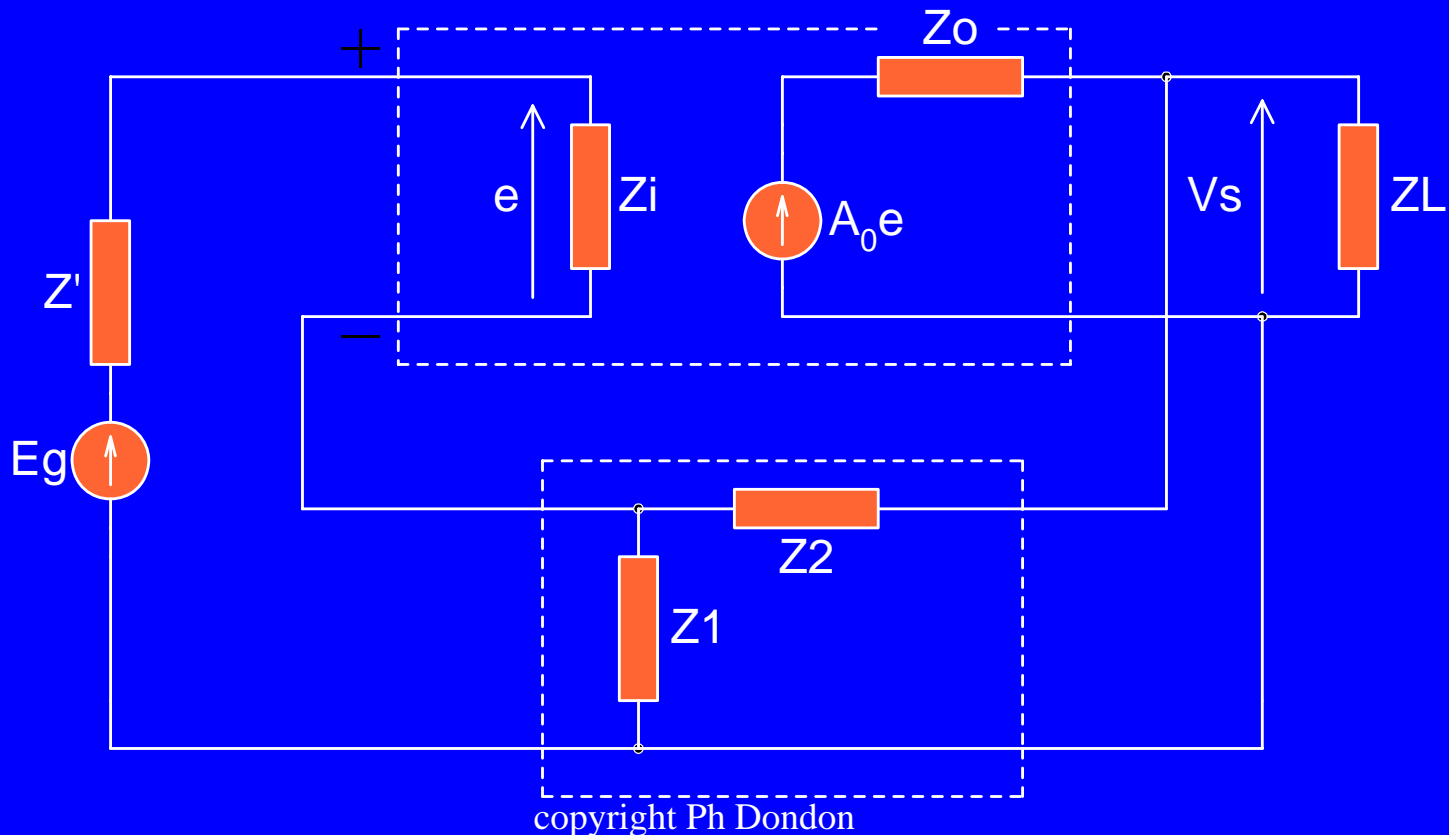
L'impédance du générateur E_g est incluse dans Z'



CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

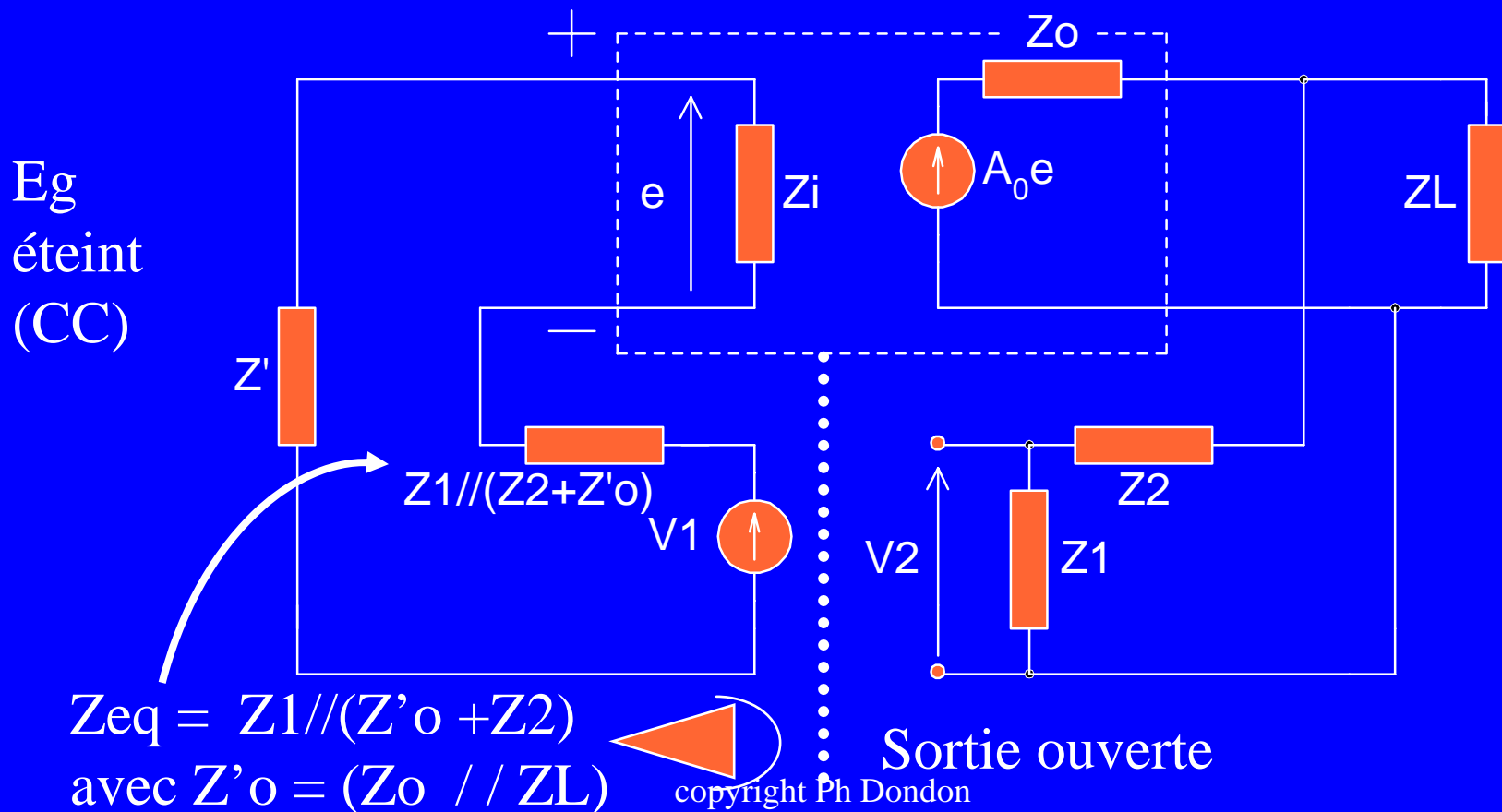
◆ Schéma équivalent de rétroaction



CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Gain de boucle



CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Gain de boucle

$$e = - \frac{Z_i}{Z_i + Z'} \cdot \frac{Z'_i}{Z'_i + Z_1 // (Z_2 + Z'_o)} \cdot V_1$$

$$V_2 = A_0 \cdot e \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{Z_L // (Z_1 + Z_2)}{Z_o + Z_L // (Z_1 + Z_2)}$$

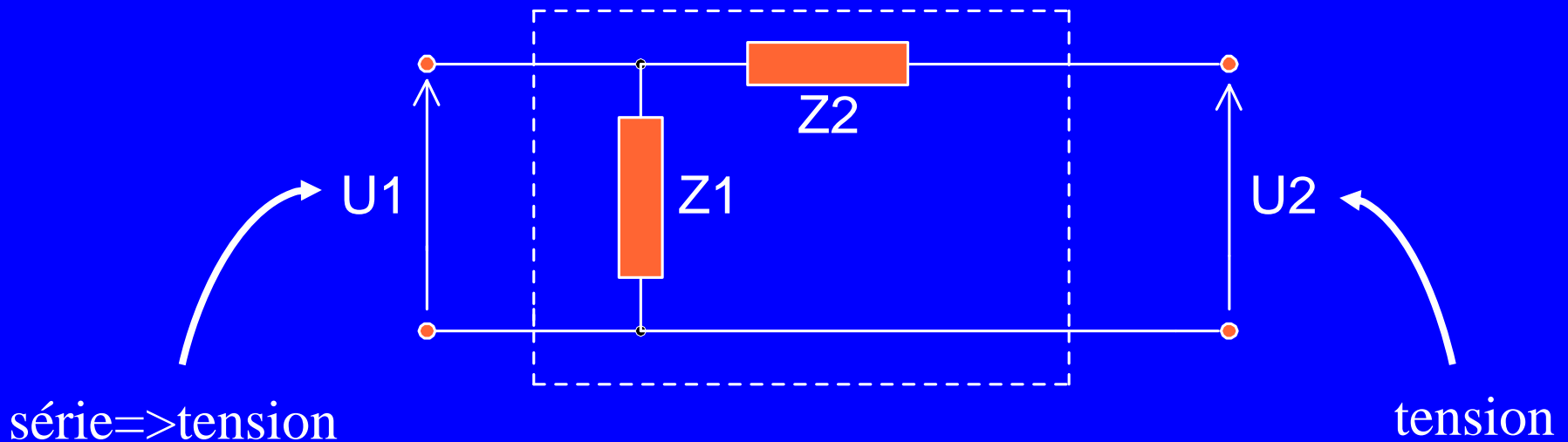
$$T = - K_e \cdot K_t \cdot K_s \cdot A_0 = - K \cdot A_0$$

(Identique à la configuration inverseuse)

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Taux de contre réaction



$$B = \frac{U1}{U2} = \frac{Z1}{Z1 + Z2}$$



CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

D'où le gain avec contre réaction $A_r = T/B.(1/1-T)$:

$$\frac{V_s}{E_g} = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \frac{K \cdot A_0}{1 + K \cdot A_0}$$

Avec $K = K_e \cdot K_t \cdot K_s$

$$K_s = \frac{Z_L}{Z_L + Z_O}$$

$$K_t = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z'_O}$$

$$K_e = \frac{Z_i}{Z_i + Z'}$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

Pour un amplificateur idéal :

$$A_r = G_i^+ \cdot \frac{K_i \cdot A_0}{1 + K_i \cdot A_0}$$

$$\text{Avec : } G_i^+ = 1 + \frac{Z_2}{Z_1} \quad \text{et} \quad K_i = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

Remarque : Il arrive parfois en « instrumentation » que l'impédance Z' soit très grande, en conséquence Z_{mc} peut intervenir. Il suffira alors de passer par Thévenin en remplaçant :

- Z' par $Z' // (2.Z_{mc})$
- E_g par $E_g . 2Z_{mc} / (2Z_{mc} + Z')$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Impédance de maille d'entrée

• Sans CR :

$$Z_e = Z' + Z_i + Z_1 // (Z_2 + Z'o)$$

• Avec CR

$$Z_{er} = Z'i + \frac{Z_1.(Z_2 + Z'o)}{Z_1 + Z_2 + Z'o} + K_s.A_0 \cdot \frac{Z_i.Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z'o}$$

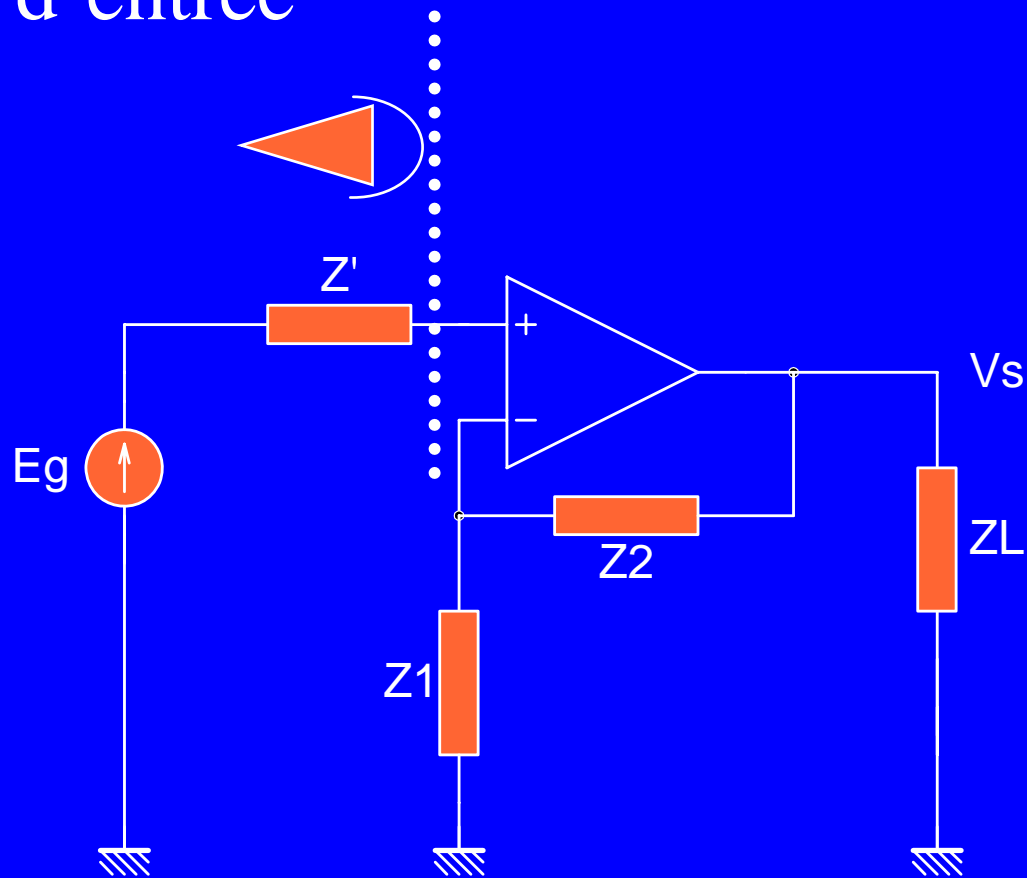
CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Impédance d'entrée

• Vue par E_g, Z'

$$Z_{in} = Z_{er} - Z'$$



CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Impédance d'entrée

- Vue par E_g, Z'

$$Z_{in} = \frac{Z_1 \cdot (Z_2 + Z'_o)}{Z_1 + Z_2 + Z'_o} + Z_i \cdot \left(1 + K_s \cdot A_o \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z'_o} \right)$$

négligeable

Très grand \Rightarrow prendre en compte Z_{mc}

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Impédance d'entrée

- Cas général (avec Z_{mc})

$$Z_{in} = (2Z_{mc}) // Z_i \cdot \left(1 + K_s \cdot A_o \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z'_o} \right)$$

CONTRE REACTION SUR UN A.O.P

7 Configuration non inverseuse détaillée

◆ Impédance de sortie

Structure identique au montage inverseur côté sortie
donc :

• Impédance de sortie identique à celle du montage inverseur

minimum lorsque $Z_2 = 0$ et Z_1 infini

\Rightarrow montage suiveur