

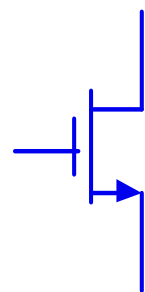
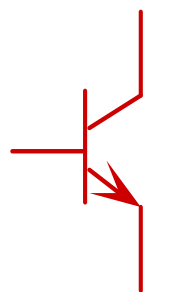
CIRCUITS ET SYSTEMES ELECTRONIQUES

Circuits & systèmes
électroniques I

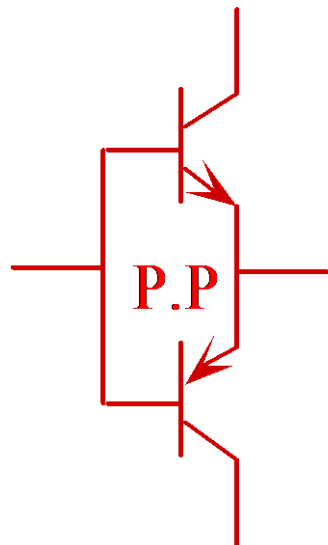
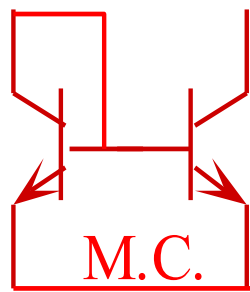
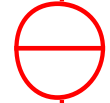
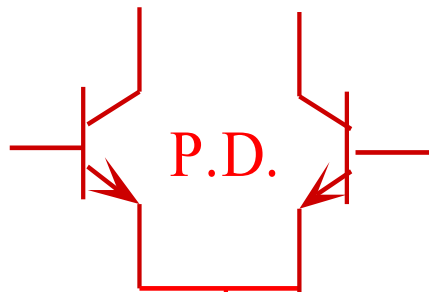
M. Kayal

Les bases de l'électronique

Les composants
(Devices)

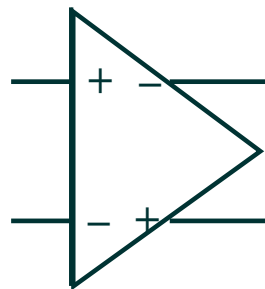
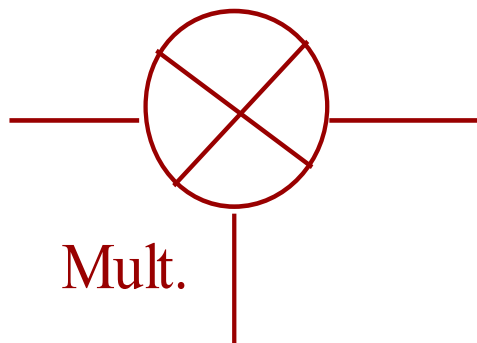
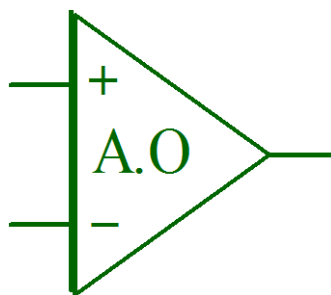


Les structures
analogiques



•
•
•

Les circuits



Microcontrôleur

•
•
•

Les fonctions
électroniques

Filtrages

Modulation
Démodulation

Oscillateurs

Calculatrice

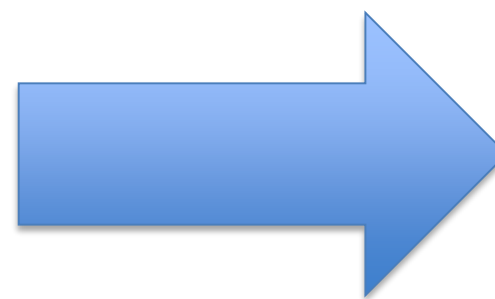
•
•
•

Les systèmes
électroniques



•
•

- Composants
- Montages à amplificateur opérationnel (vu comme une boîte noire)
- Configurations élémentaires des circuits à 1 transistor
 - ✓ comportement non-linéaire et polarisation
 - ✓ notion de "petits signaux"
 - ✓ amplification, résistances d'entrée et de sortie
 - ✓ réponse en fréquence
- Introduction aux circuits élémentaires à 2 transistors
 - ✓ push-pull
 - ✓ paire différentielle
 - ✓ cascode



- Blocs fonctionnels à plusieurs transistors
- Circuits et systèmes complets
- Circuits de puissance (ampli, alim stabilisées, ...)
- Réaction négative et applications, stabilité des systèmes bouclés
- *Circuits mixtes analogiques et numériques (CAN, CNA, ...)*
- *Circuits de télécomm (oscillateurs, mixers, PLL, ...)*

Philosophie du cours et des exercices

- Acquisition de méthodologies et de savoir-faire
- Compréhension, raisonnements "physiques"
- Discussion des solutions, maîtrise des circuits, gestion des degrés de liberté
- Exercices : calcul de cas réels
- Notes de cours en vente à la librairie polytechnique
- Copies des slides disponibles sur Moodle

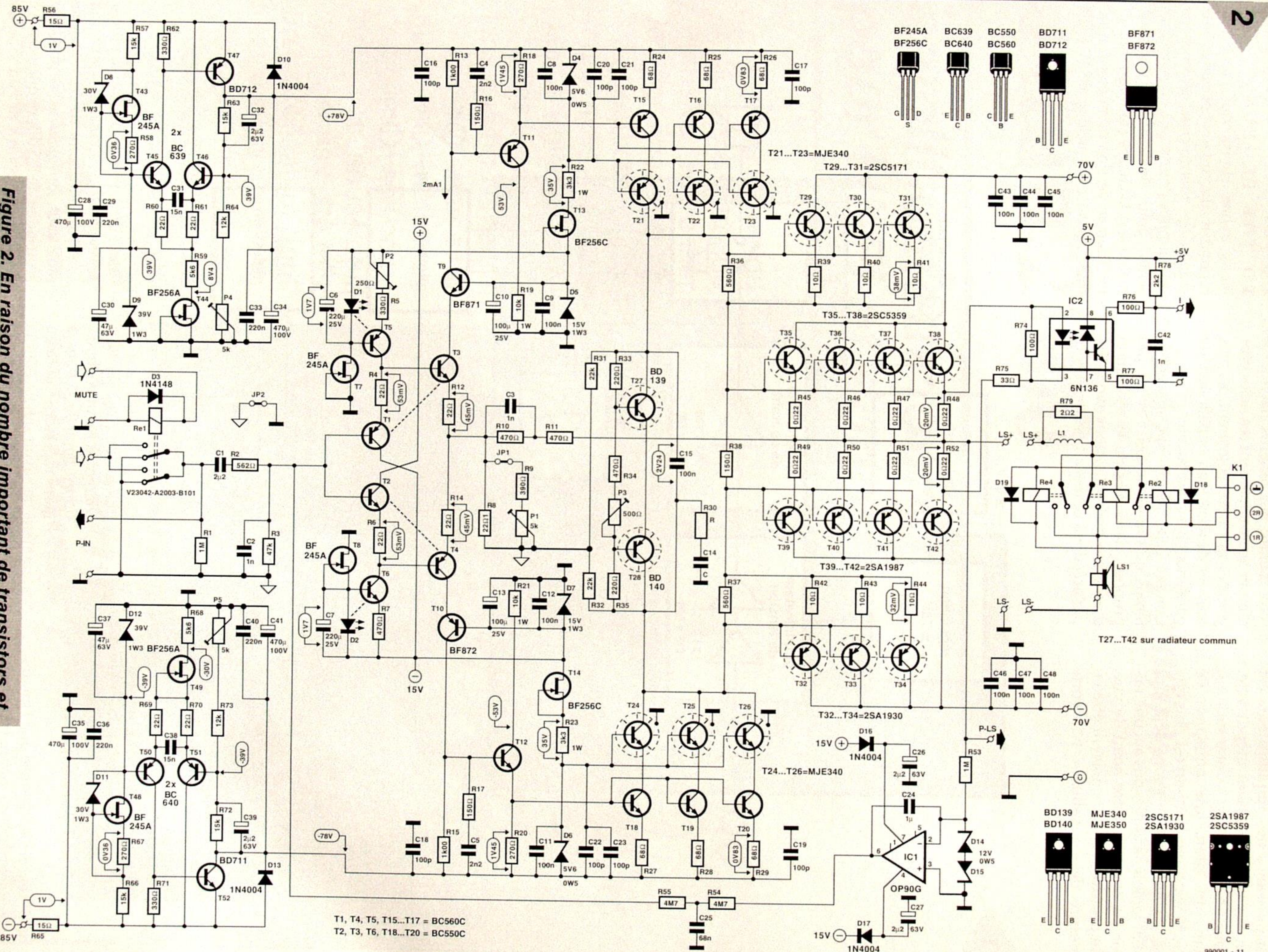
Partie I (SEL et SMT)

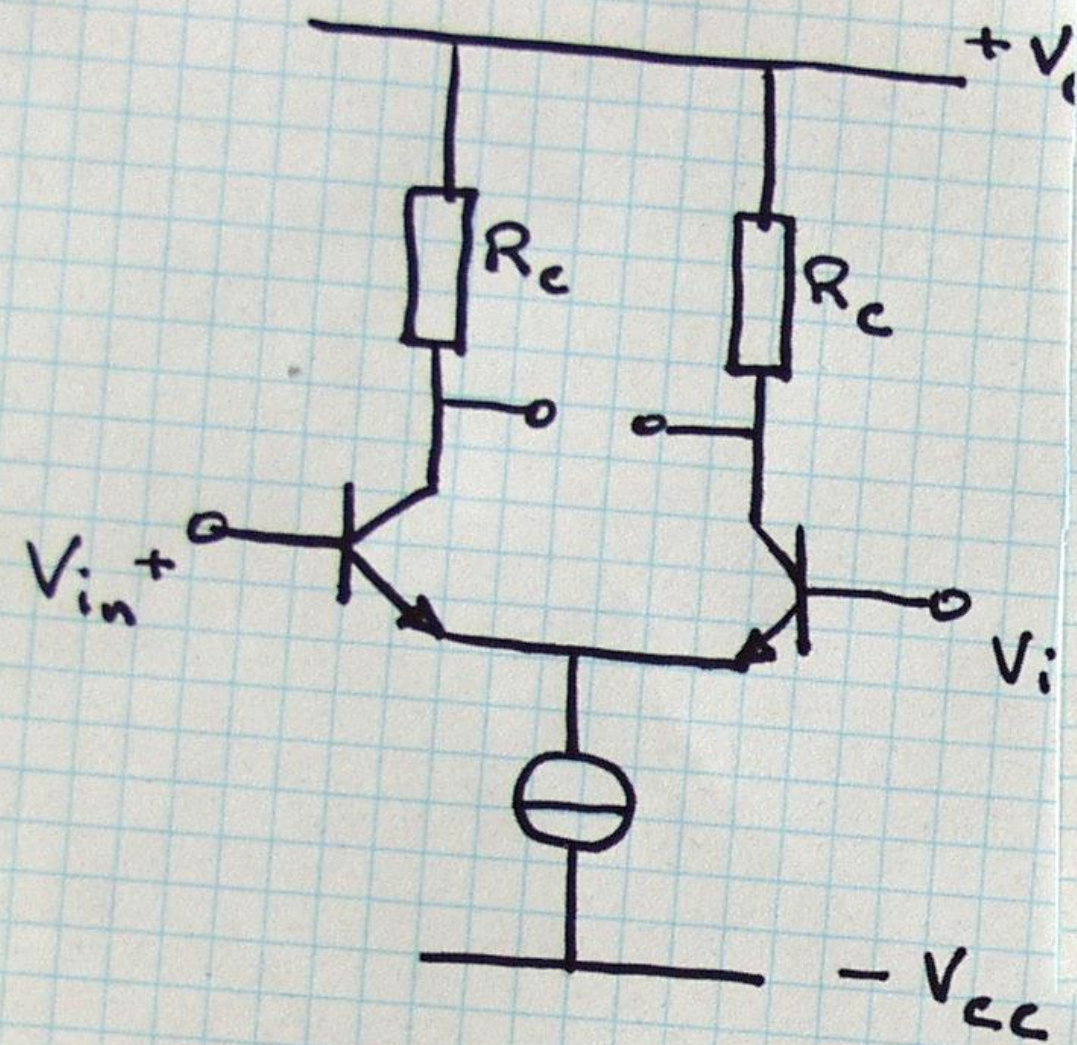
- Amplis à 1 transistor (révision du cours de base)
- Ampli différentiel
- Alimentations stabilisées linéaires
- Amplis de puissance
- Réaction négative

Partie II (SEL)

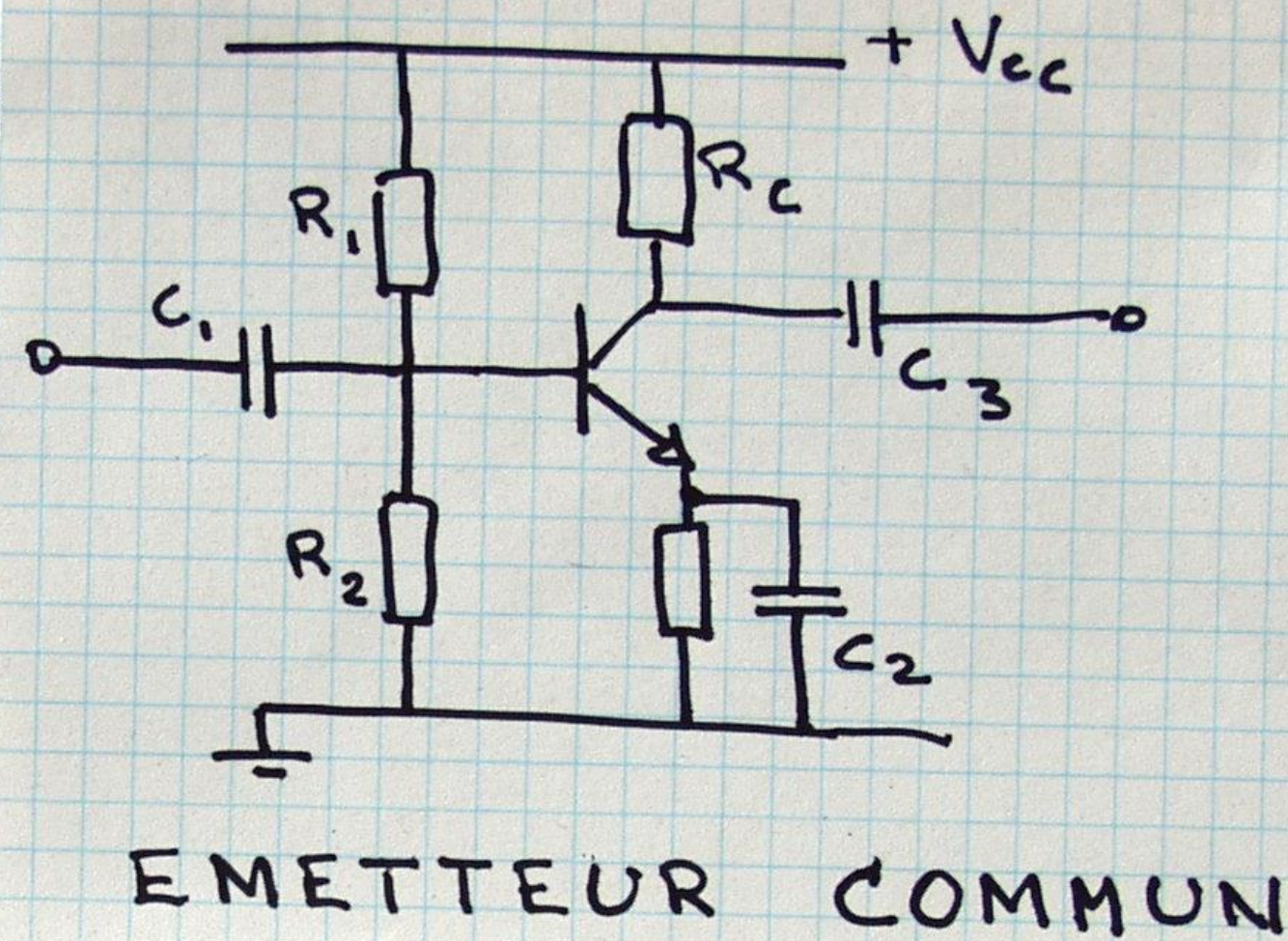
- Conversion A-N et N-A
- Modulateurs et convertisseurs Sigma-Delta
- Boucles à verrouillage de phase (Phase-Locked Loops)
- Oscillateurs et oscillateurs commandés en tension (VCO)
- Synthèse de fréquences à PLL

Figure 2. En raison du nombre important de transistors et vu la réalisation discrète des régulateurs de tension, la

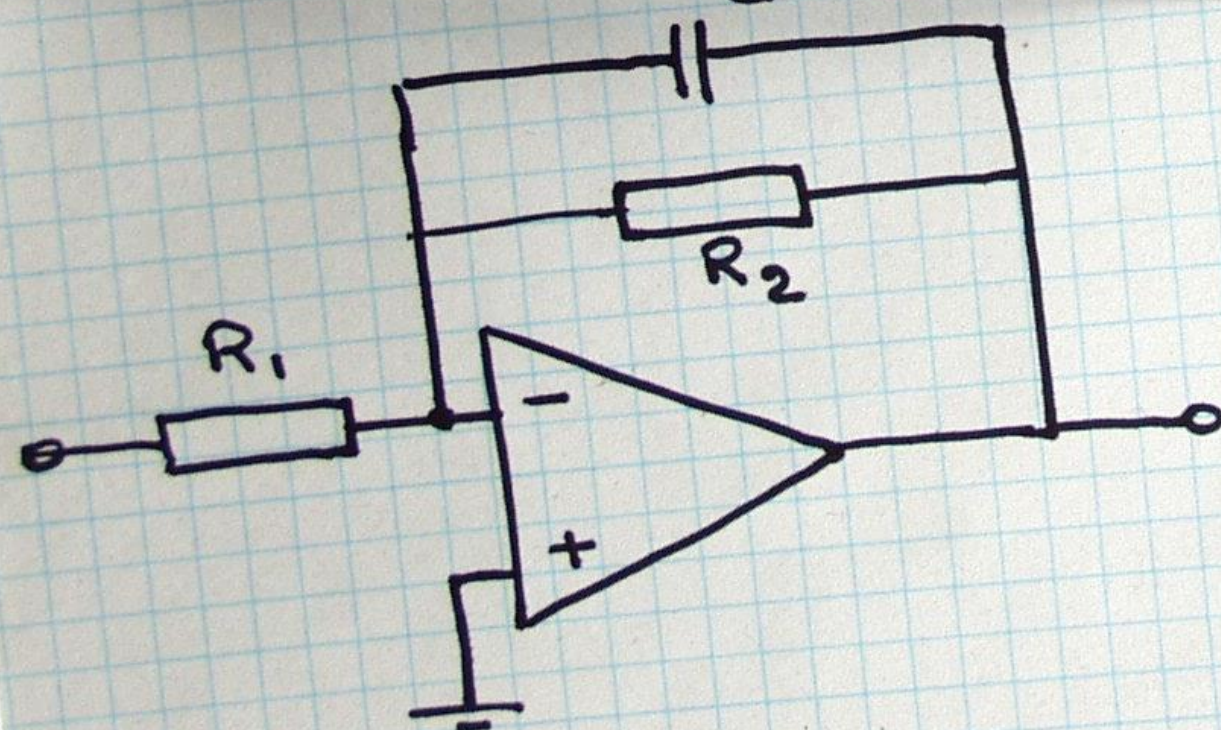




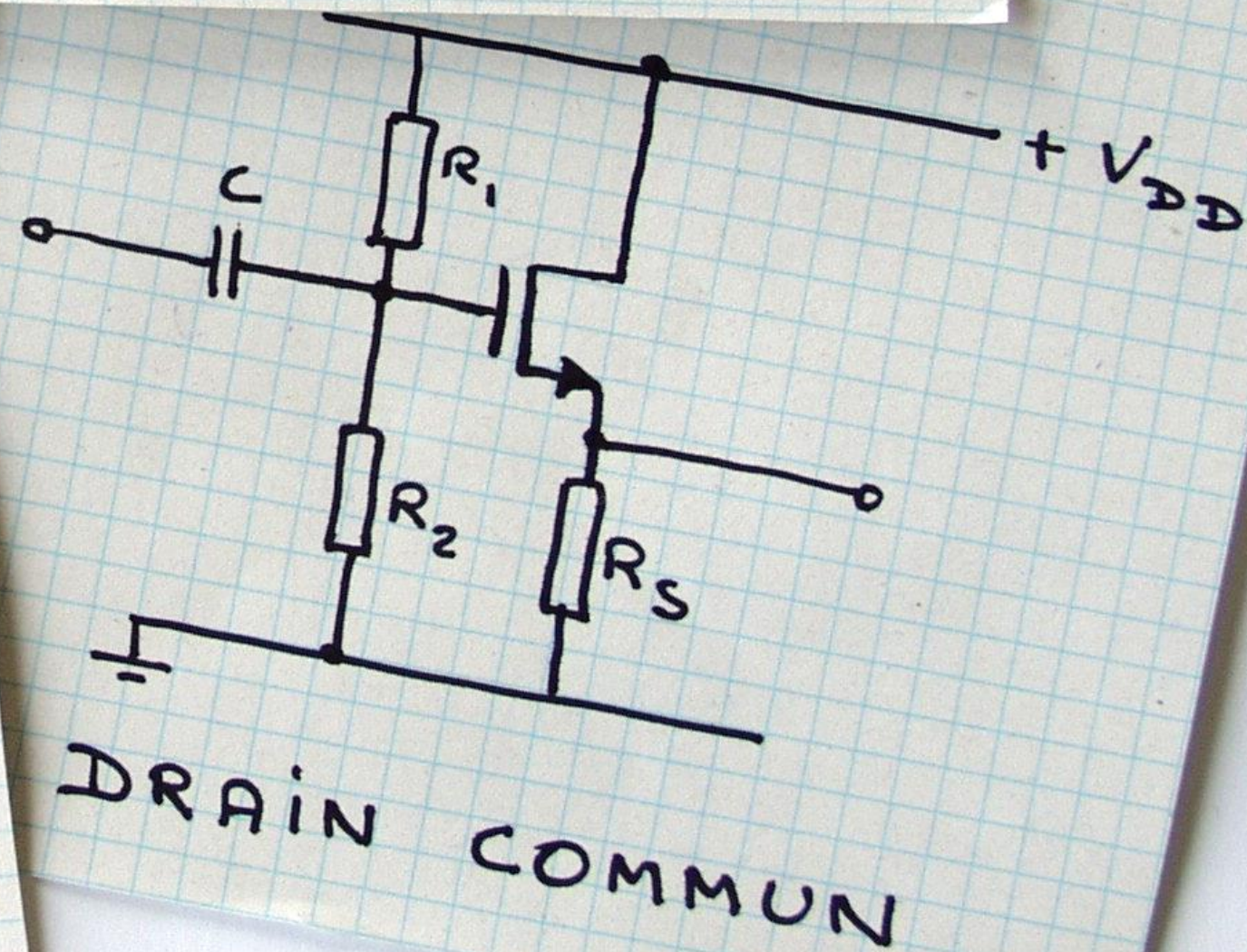
AMPLI DIFFERENTIEL



EMETTEUR COMMUN



FILTRE ACTIF



DRAIN COMMUN

6.2-Résumé des structures analogiques

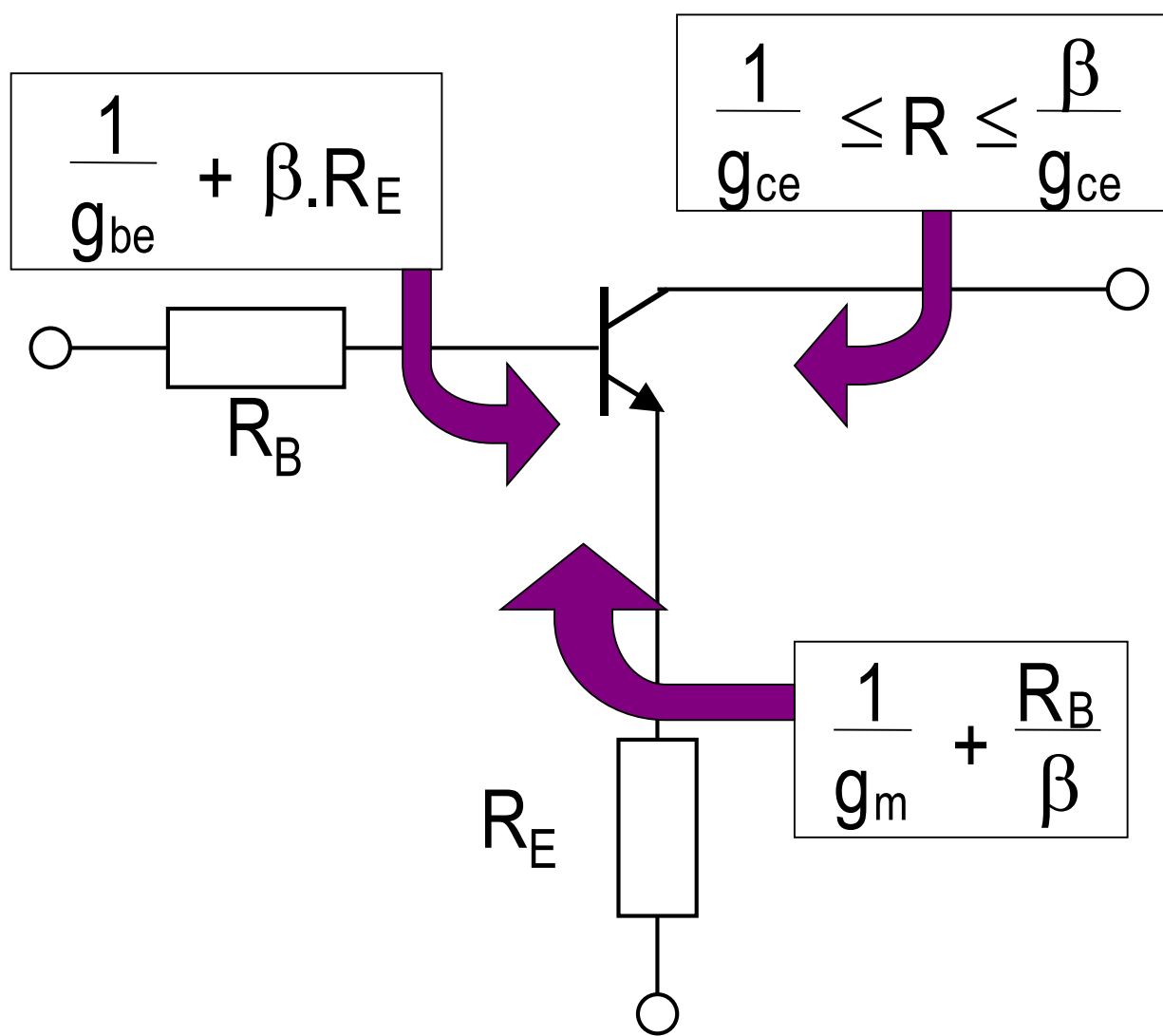
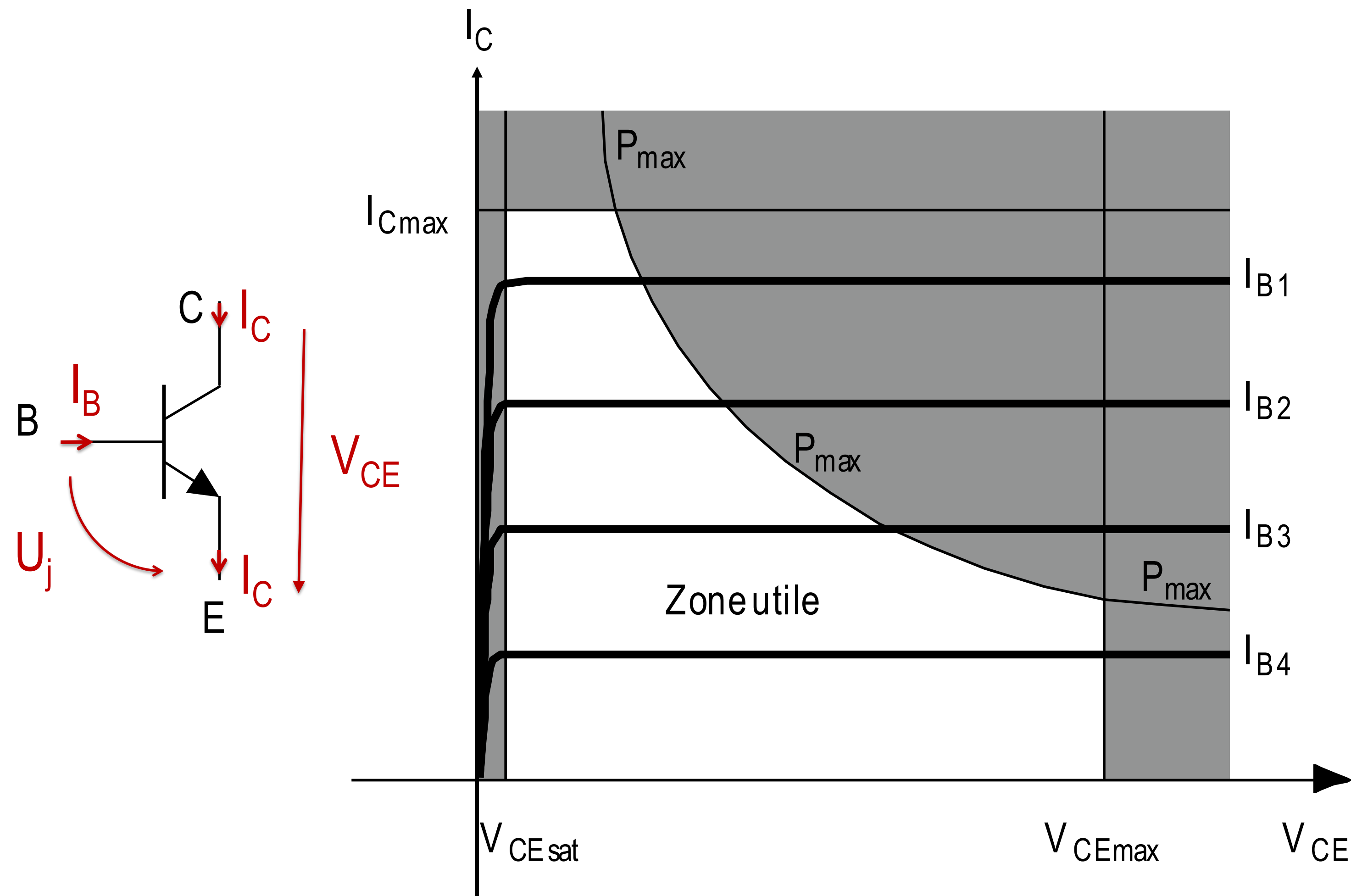
Structures analogiques

Prof. Maher Kayal

Electronics Laboratory-ELAB

- Introduction
- Amplificateurs de tension AC
- Charges actives
- Amplificateurs à transconductance (OTA)
- Amplificateurs opérationnels (Amp. OP)

Résumé du transistor



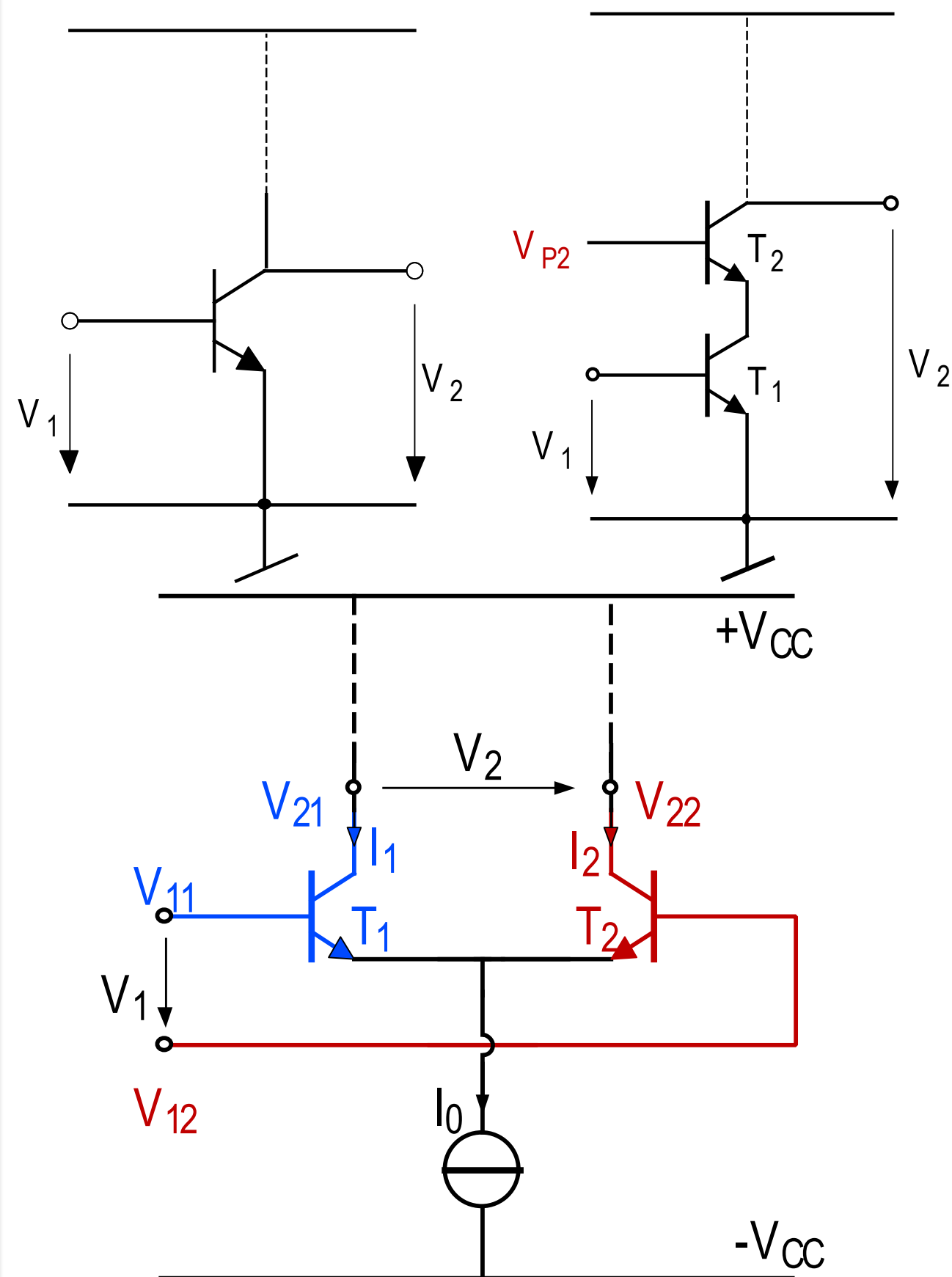
- Transconductances (Emetteur Commun, Cascode, Paire différentielle):
 - Conversion de tension en courant (G_m):
 - ✓ *Haute impédance de sortie.*

- Transconductances (Emetteur Commun, Cascode, Paire différentielle):
 - Conversion de tension en courant (G_m):
 - ✓ Haute impédance de sortie.
- Etages de sortie (CC, Push-Pull):
 - Suiveur en tension et étage de puissance:
 - ✓ Faible impédance de sortie.

- Transconductances (Emetteur Commun, Cascode, Paire différentielle):
 - Conversion de tension en courant (G_m):
 - ✓ Haute impédance de sortie.
- Etages de sortie (CC, Push-Pull):
 - Suiveur en tension et étage de puissance:
 - ✓ Faible impédance de sortie.
- Charges:
 - Conversion de courant en tension :
 - ✓ Passives: résistives, inductives, capacitives.
 - ✓ Actives: sources de courant.

- Transconductances (Emetteur Commun, Cascode, Paire différentielle):
 - Conversion de tension en courant (G_m):
 - ✓ Haute impédance de sortie.
- Etages de sortie (CC, Push-Pull):
 - Suiveur en tension et étage de puissance:
 - ✓ Faible impédance de sortie.
- Charges:
 - Conversion de courant en tension :
 - ✓ Passives: résistives, inductives, capacitives.
 - ✓ Actives: sources de courant.
- Polarisations:
 - ✓ En tension: source de tension (R_{out} très faible).
 - ✓ En courant: source de courant (R_{out} très grande).

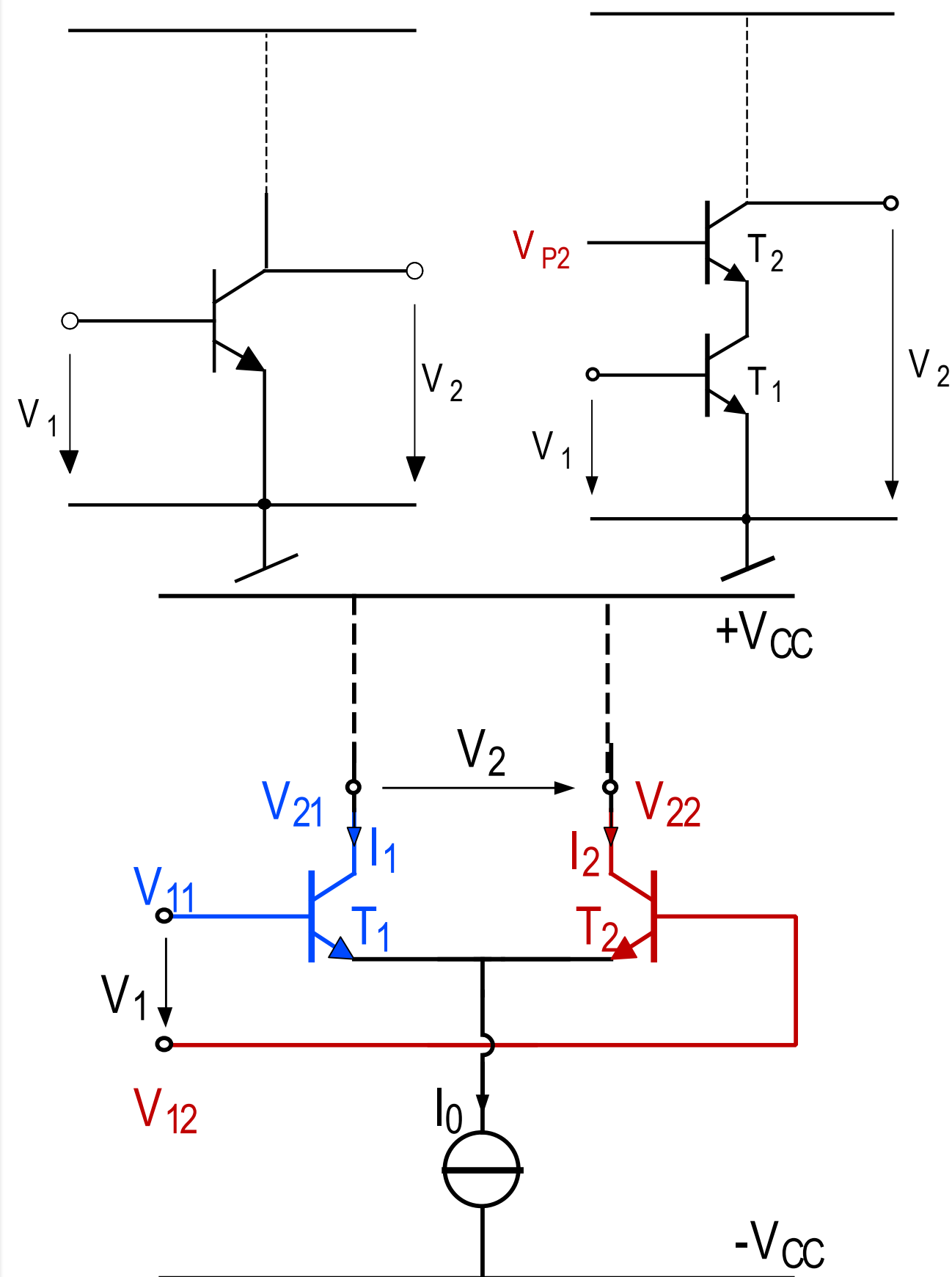
Transconductances



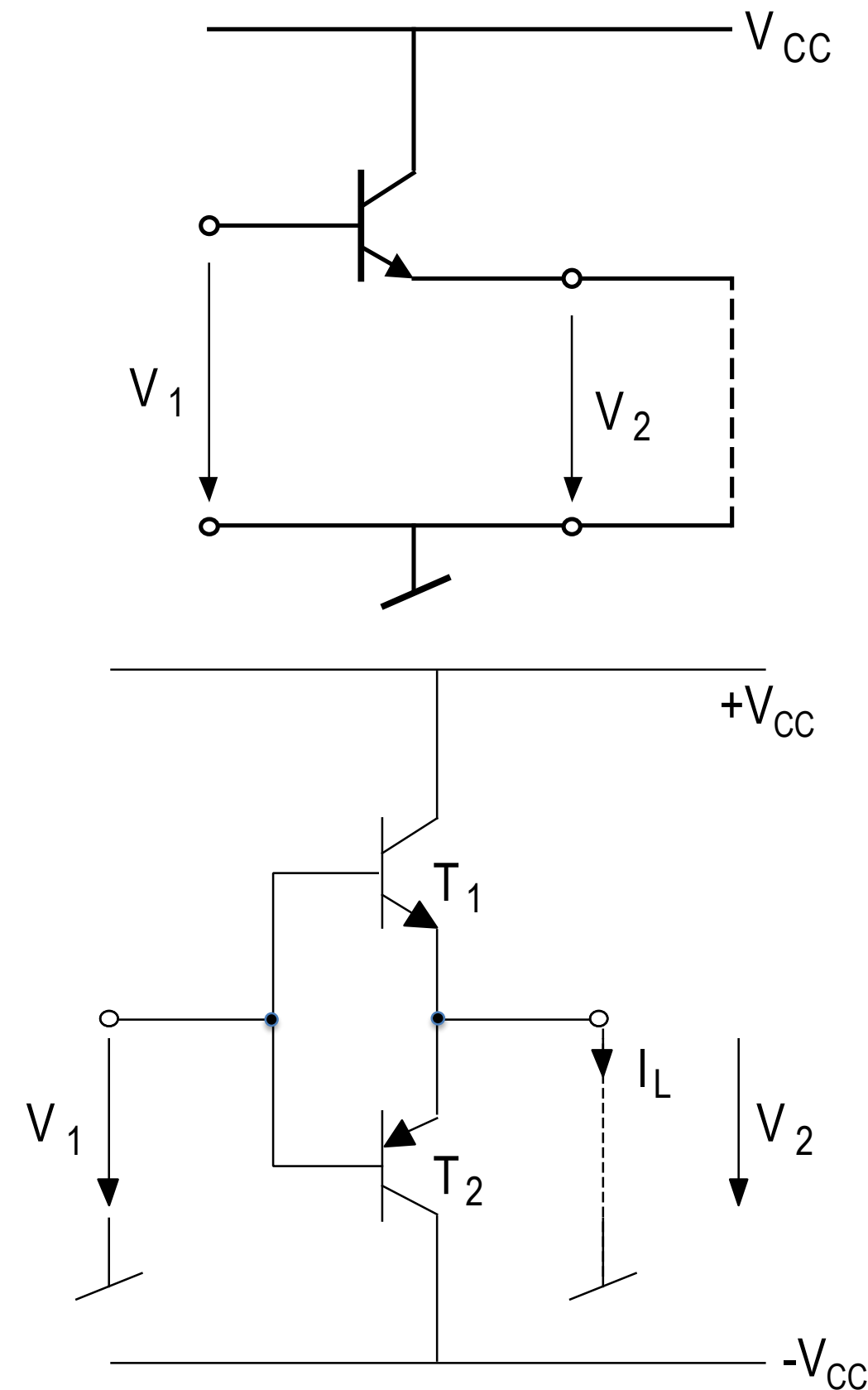
Paramètres :

- Gain en tension
- Impédances d'entrée et de sortie.
- Dynamique.
- Bande passante.
- Consommation.
- Bruit.

Transconductances



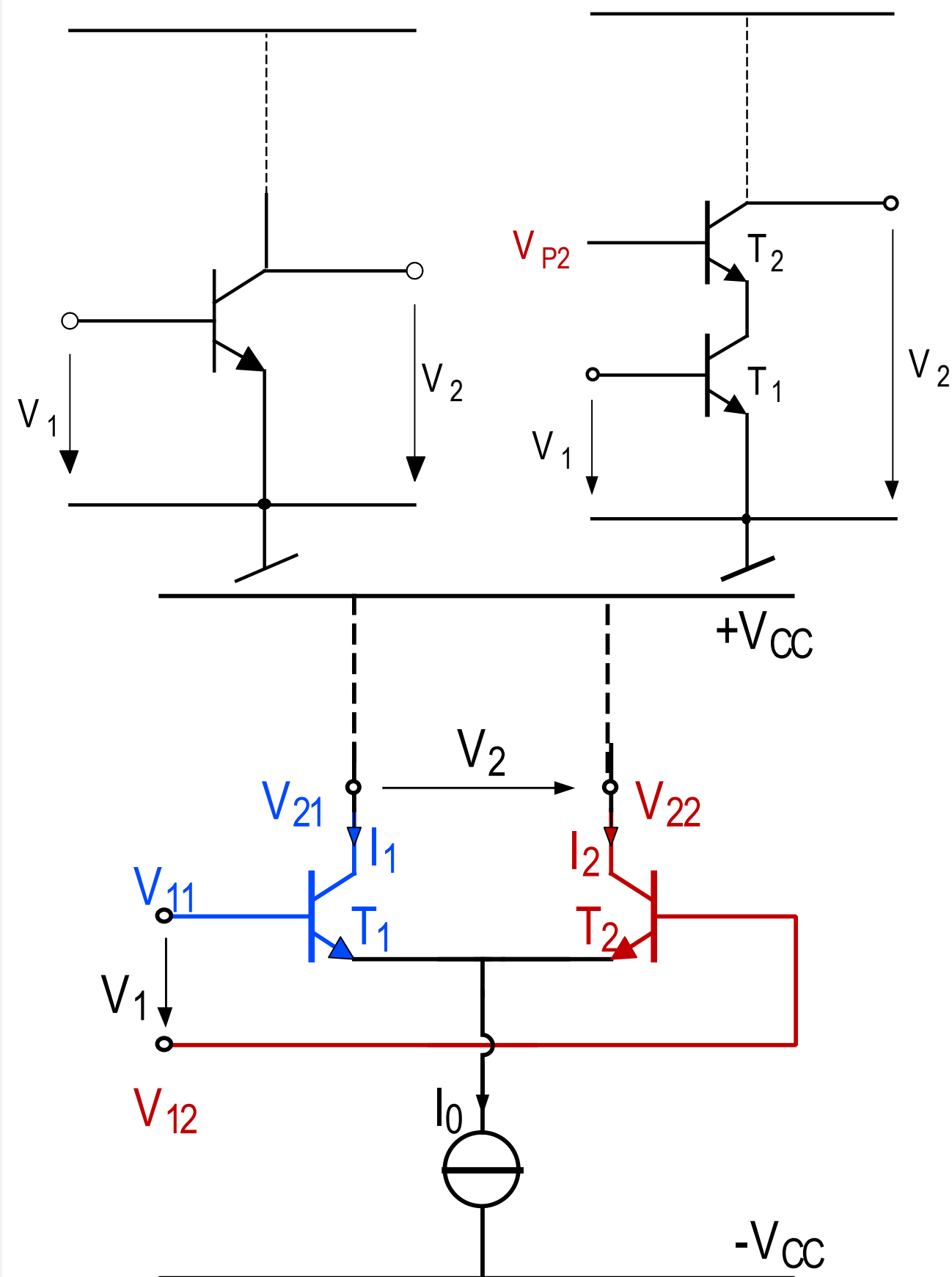
Etages de sortie



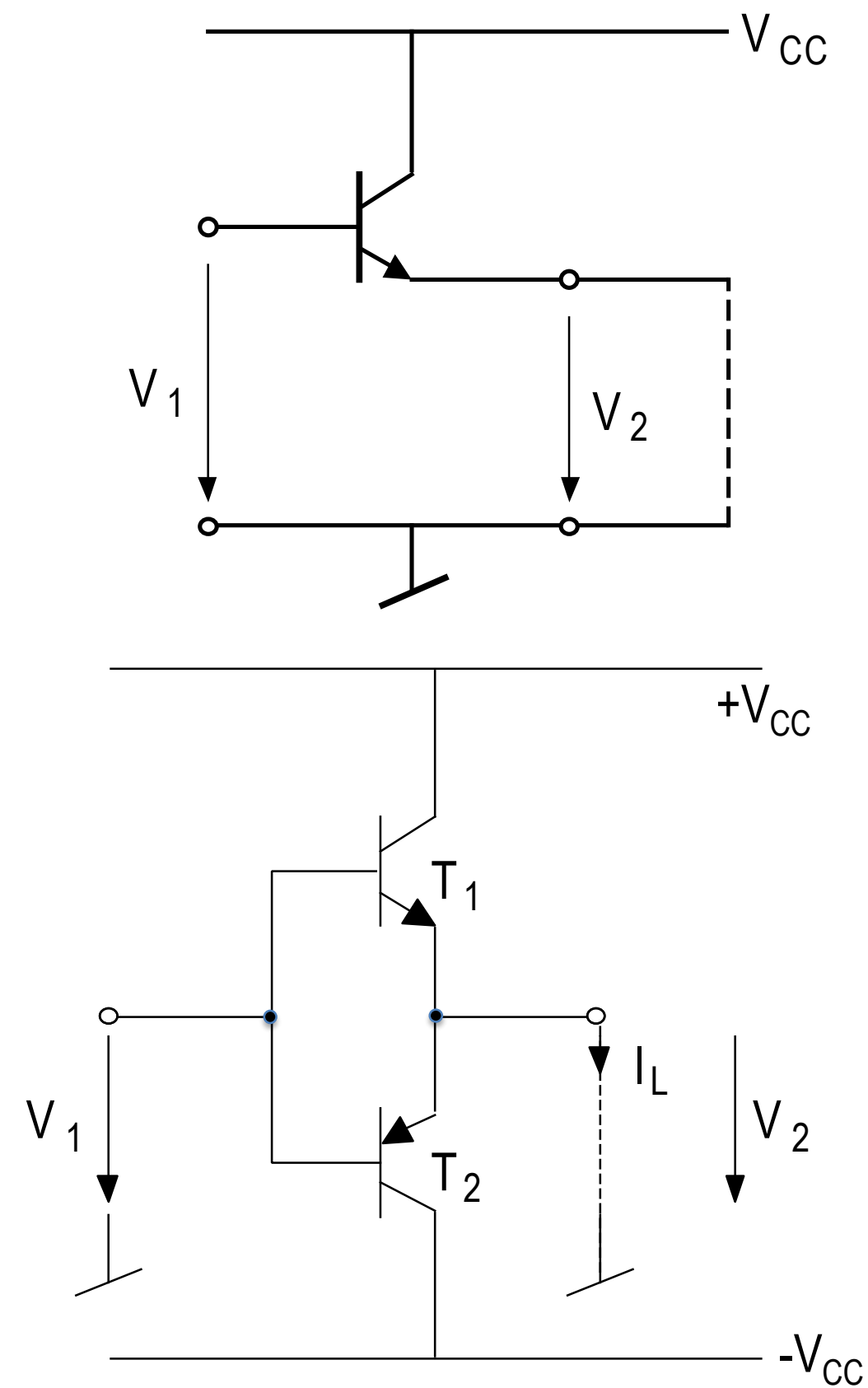
Paramètres :

- Gain en courant
- Impédances d'entrée et de sortie.
- Dynamique.
- Bande passante.
- Consommation.
- Bruit.

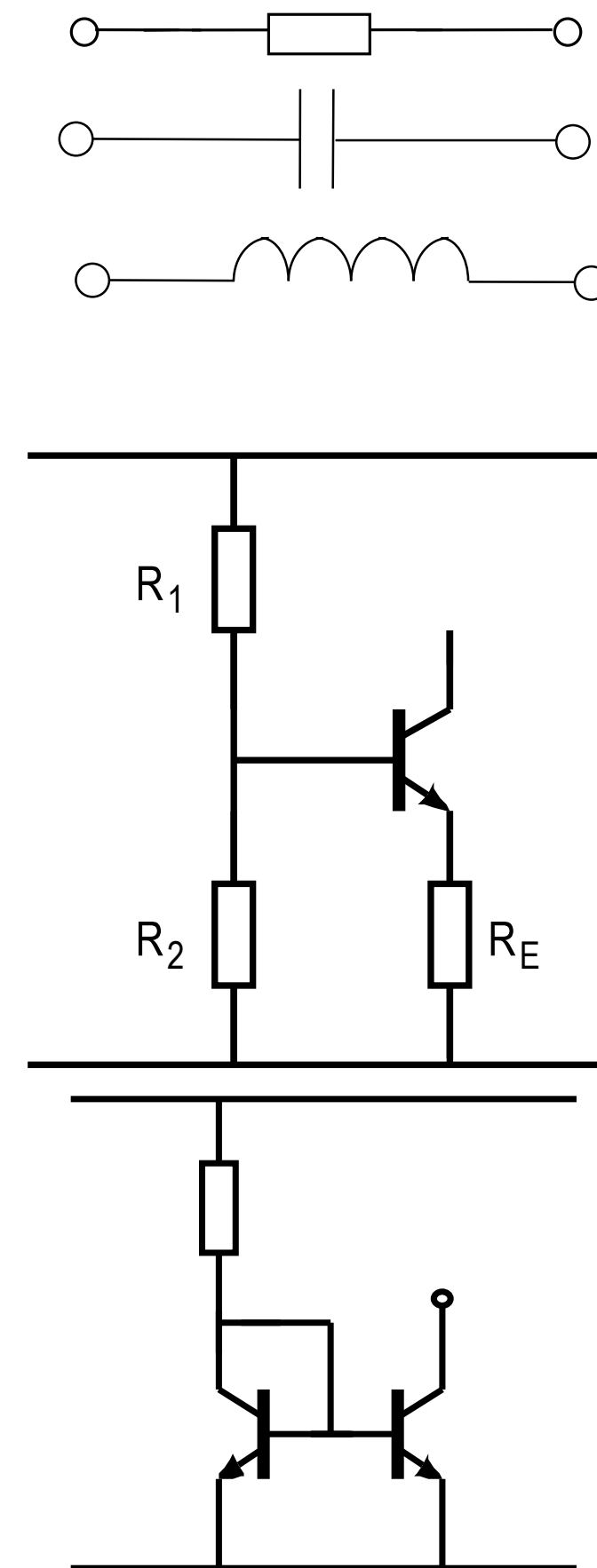
Transconductances



Etages de sortie



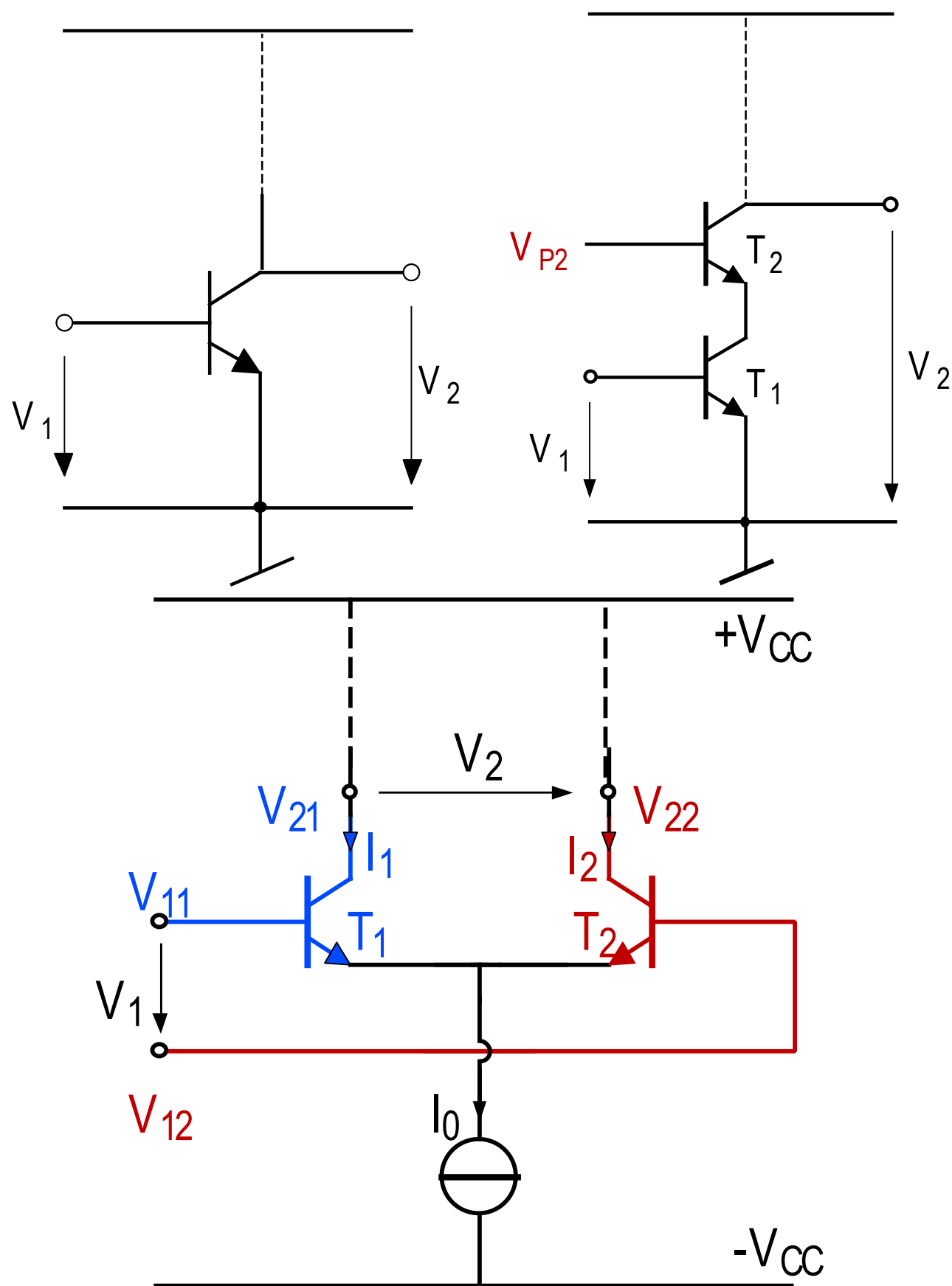
Charges



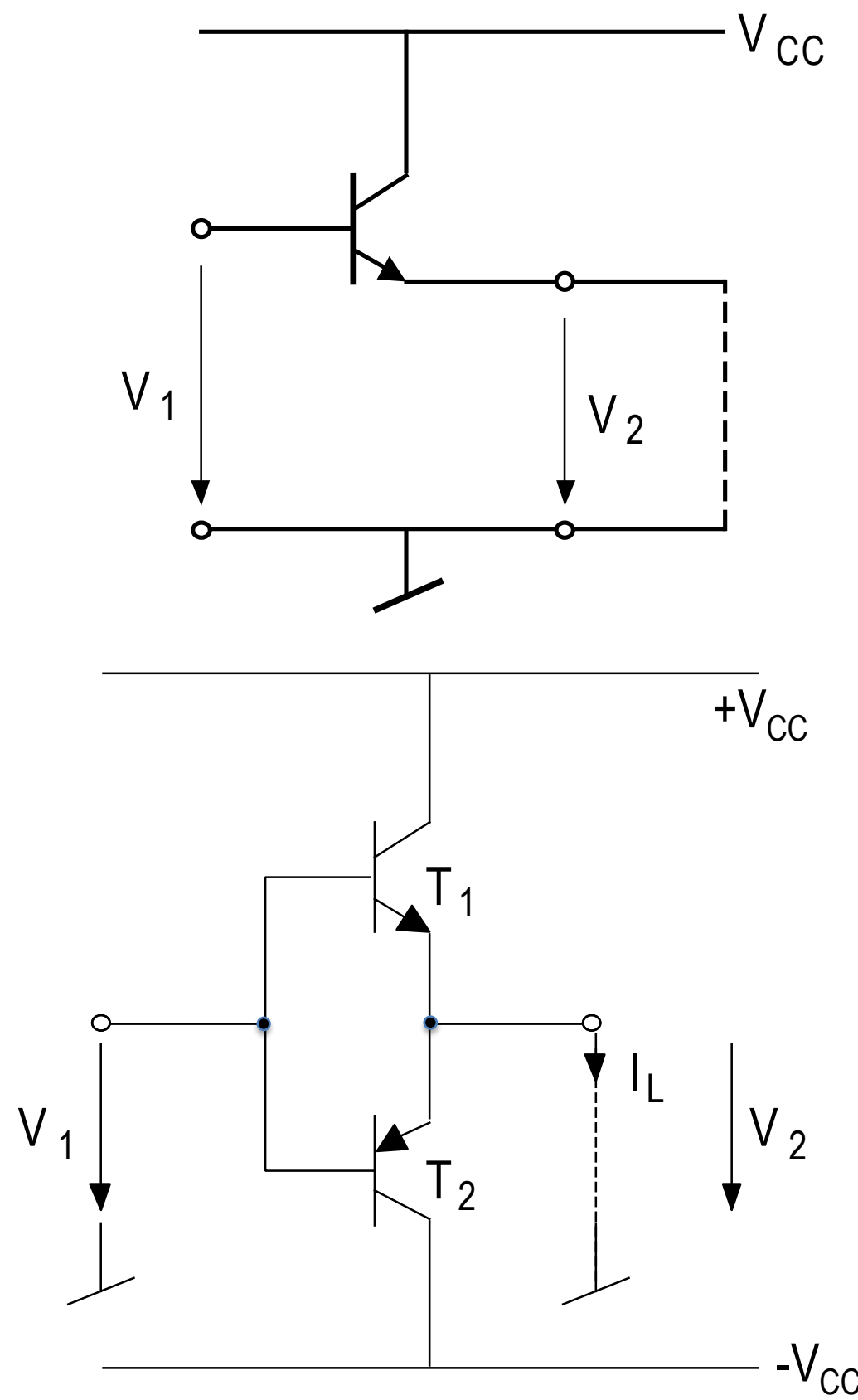
Paramètres :

- Impédances
- Dynamique.
- Consommation.
- Bruit.

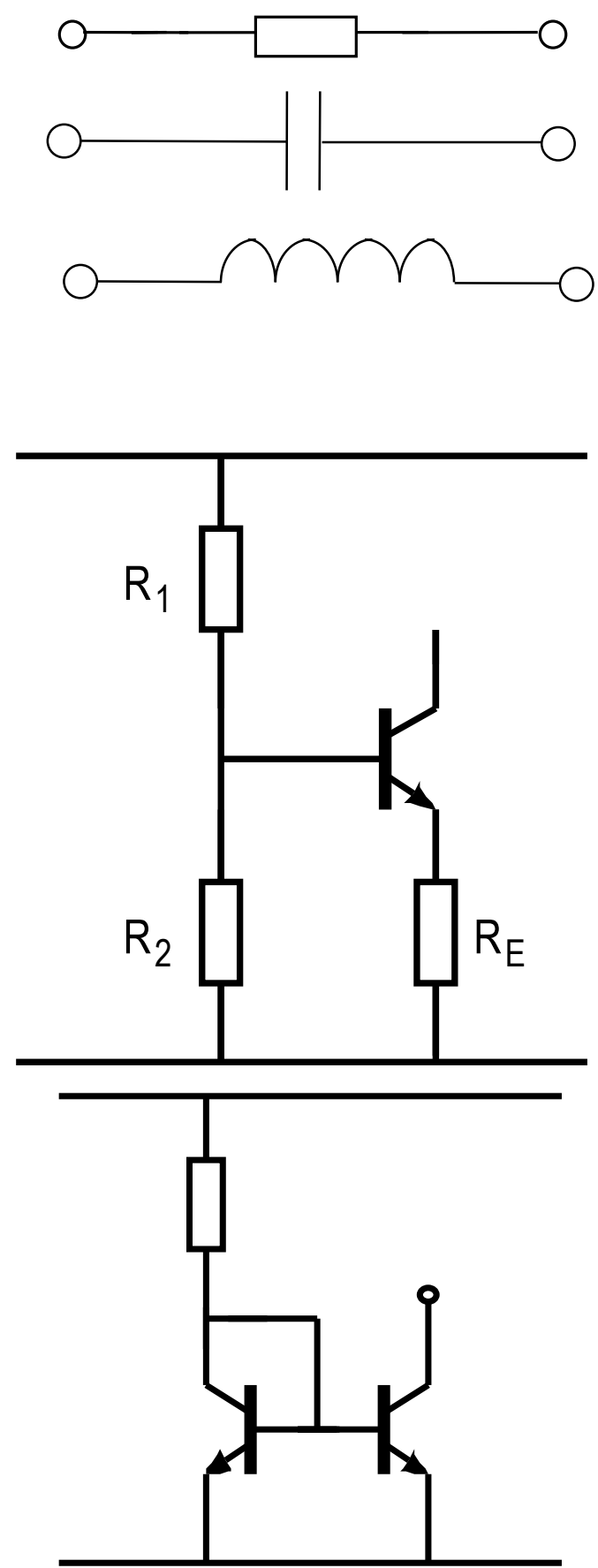
Transconductances



Etages de sortie



Charges



Polarisations

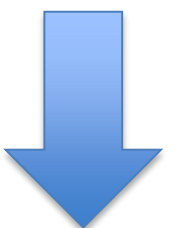
Références de tension:

- Diode Zener
- Band-Gap

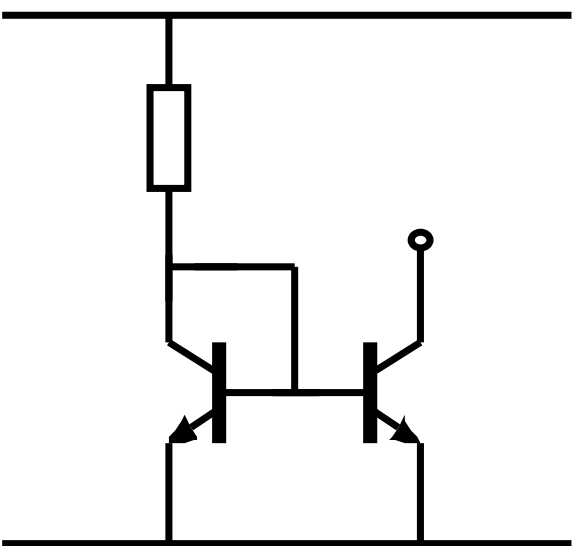


Sources de tension:

- Alimentations stabilisées

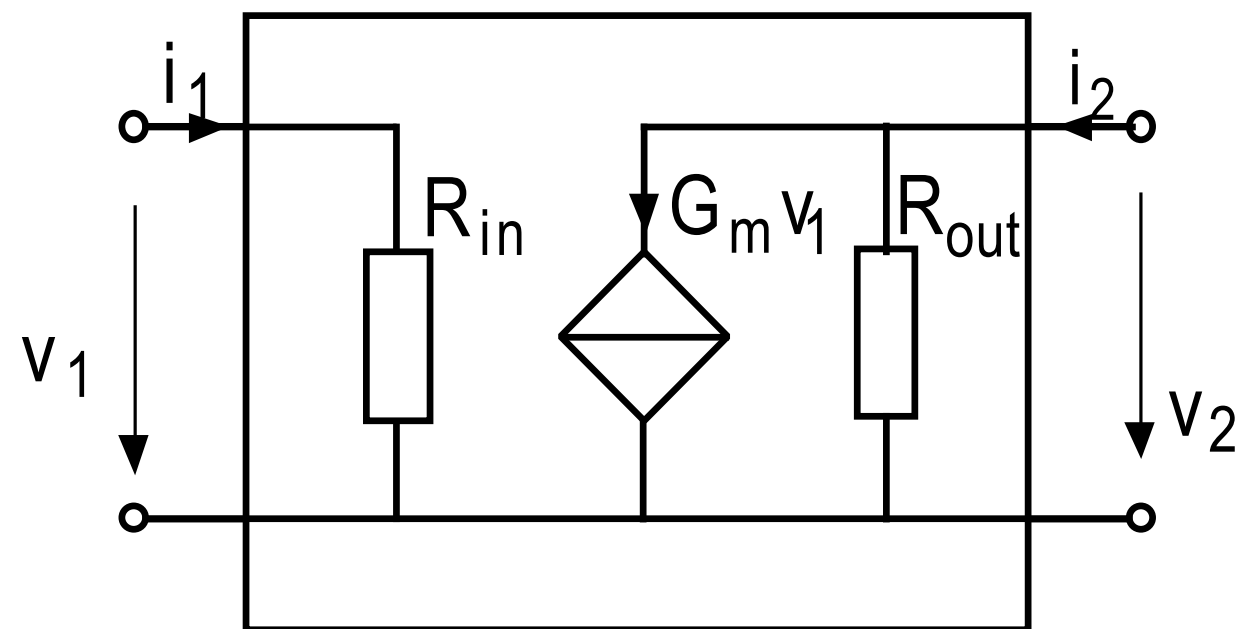


Références de courant:

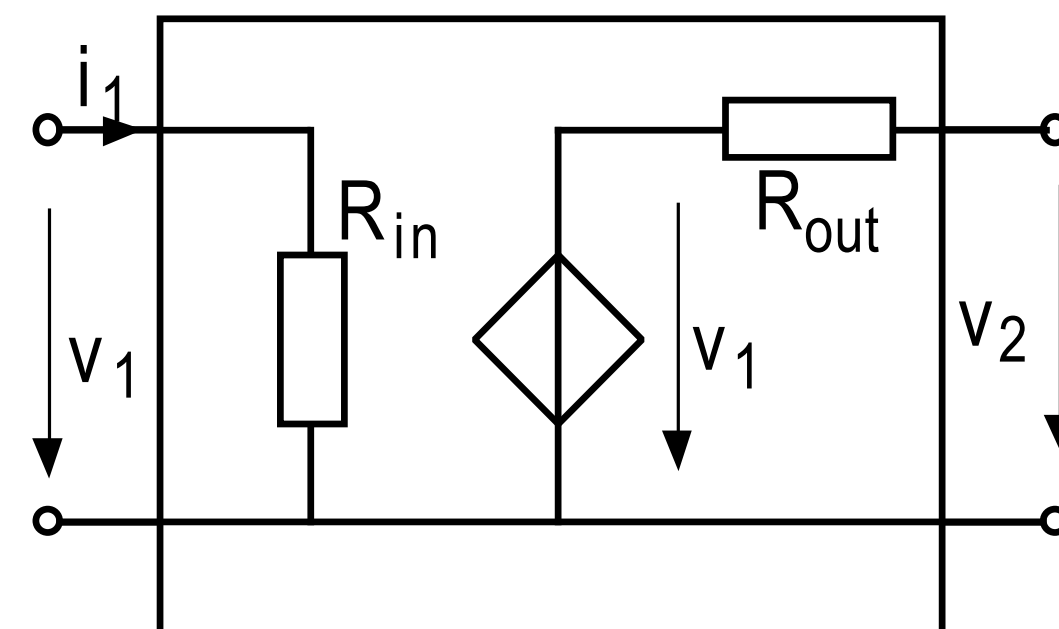


Structures analogiques: Modèles

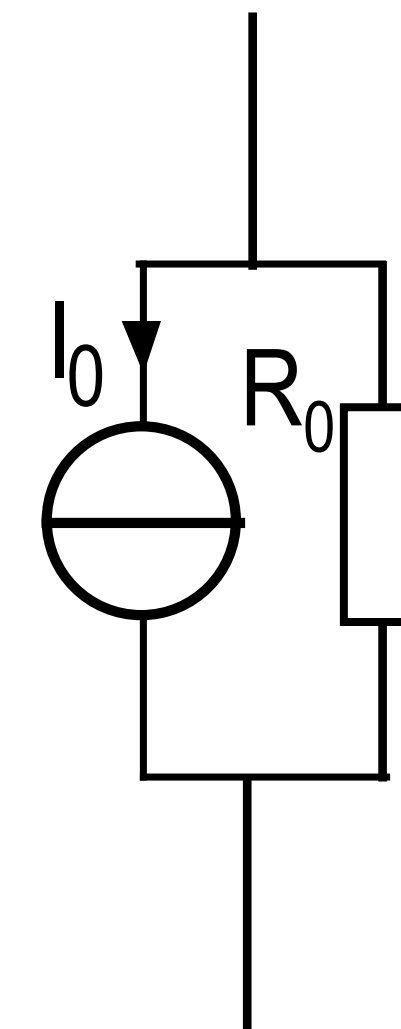
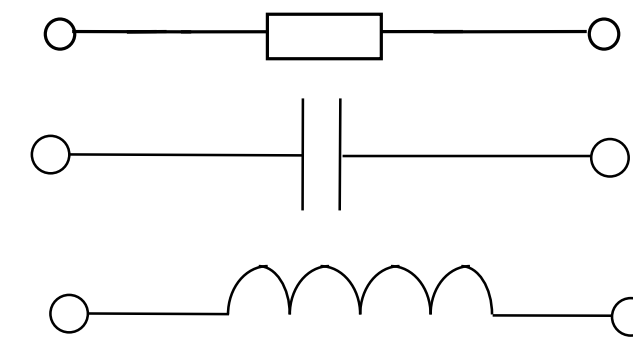
Transconductances



Etages de sortie



Charges



Polarisations

Références de tension:

- Diode Zener
- Band-Gap

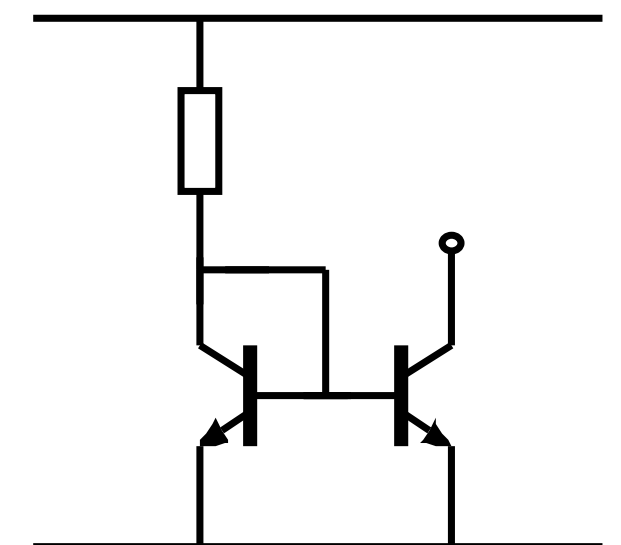


Sources de tension:

- Alimentations stabilisées



Références de courant:



6.3- Exemple

Structure d'un Amplificateur Opérationnel

Prof. Maher Kayal

Electronics Laboratory-ELAB

- Introduction
- Structures analogiques en cascade
- Analyse et estimations des paramètres

Amplificateur Opérationnel Idéal

- Gain idéal:

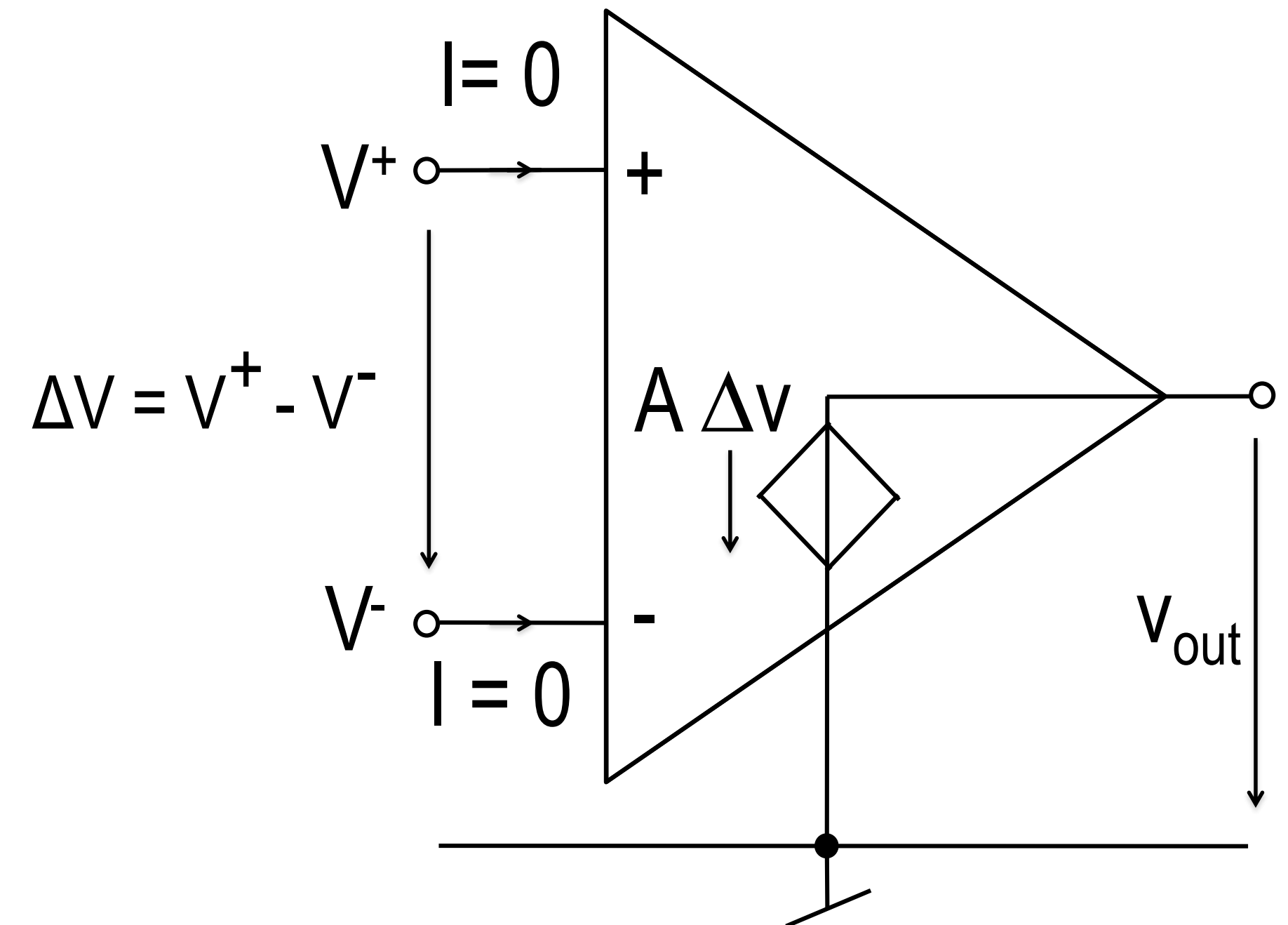
$$A = \infty$$

- Résistance d'entrée:

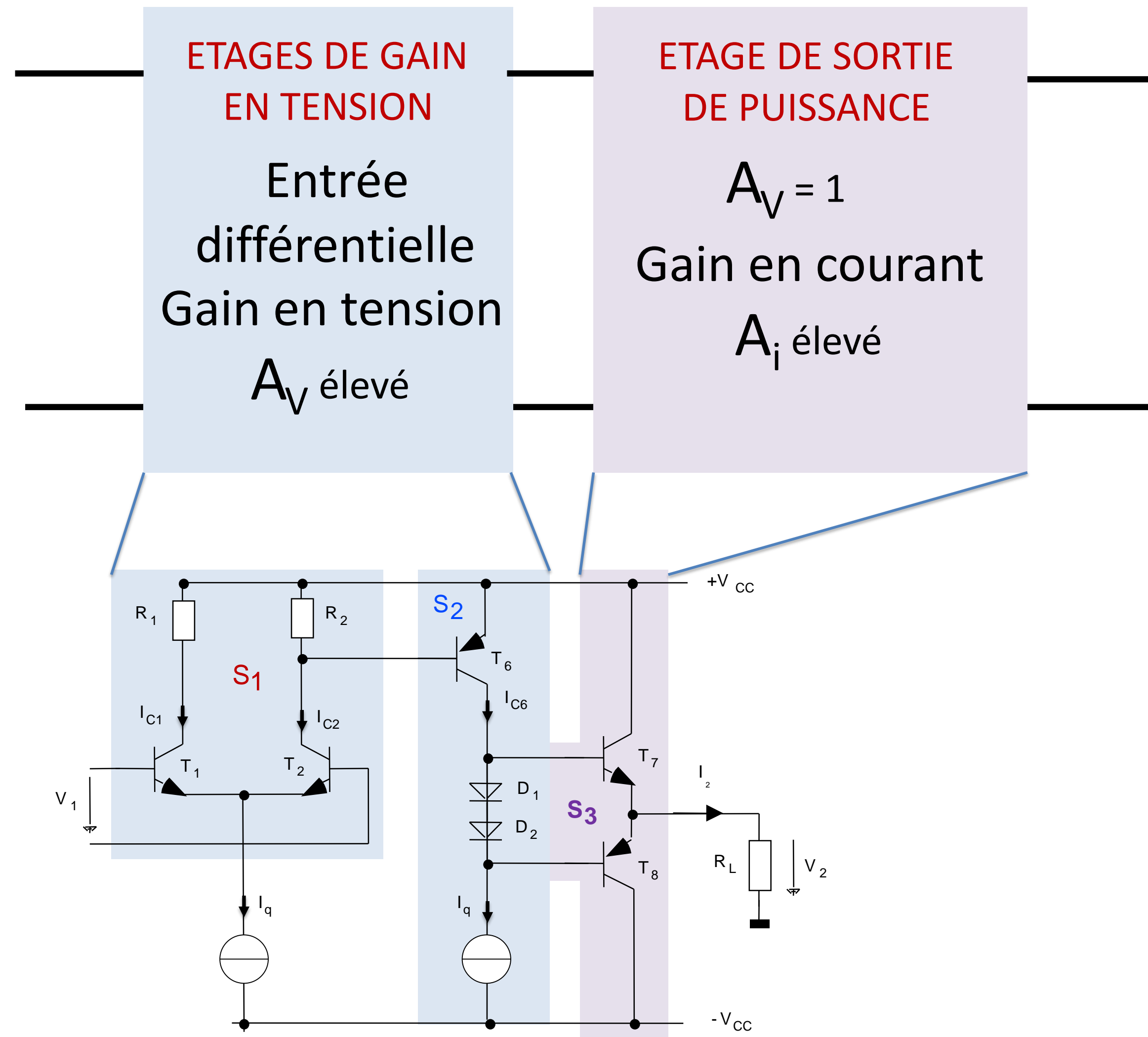
$$R_{in} = \infty$$

- Résistance de sortie:

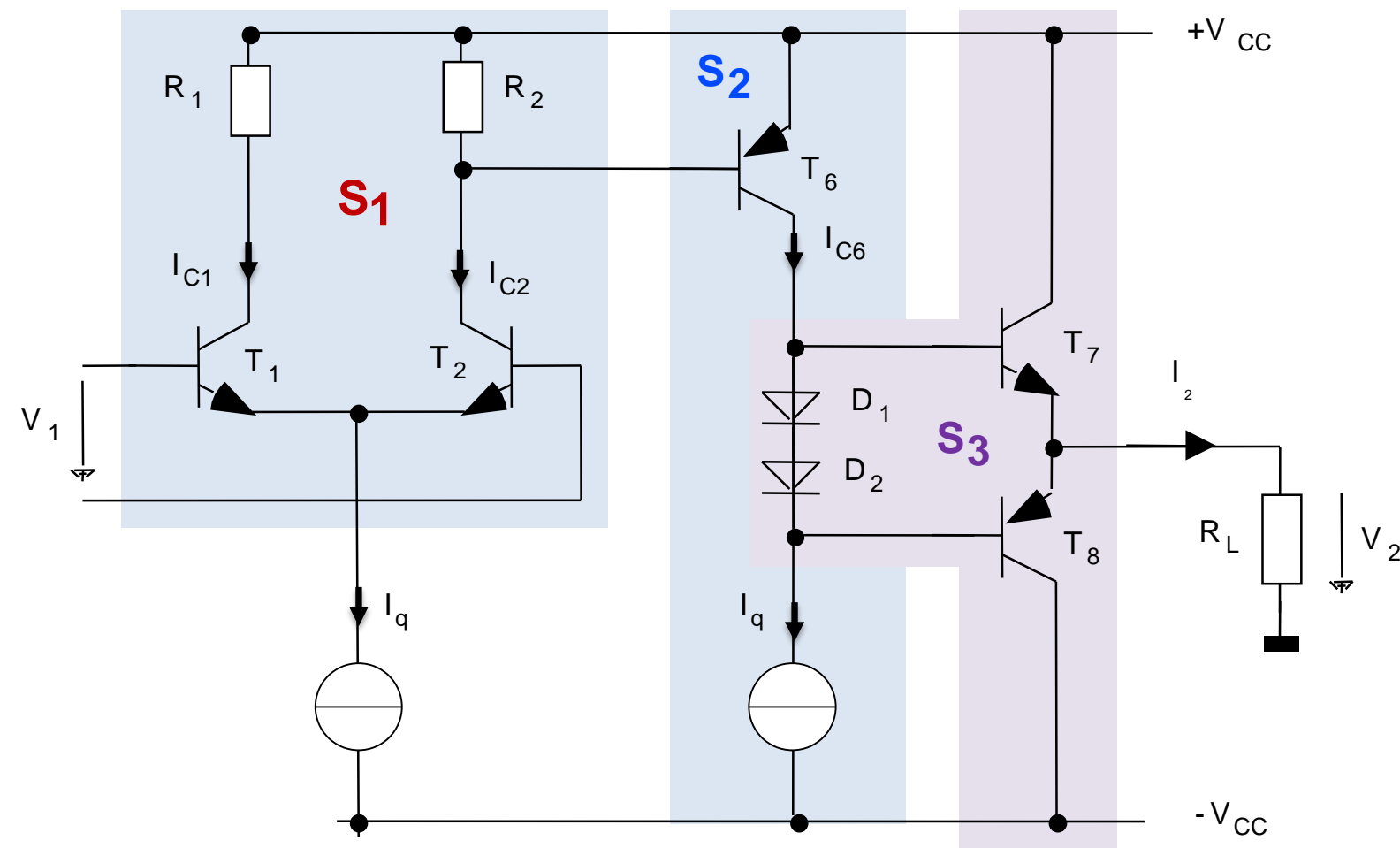
$$R_{out} = 0$$



Etages d'un amplificateur opérationnel



Structures à trois étages et une polarisation

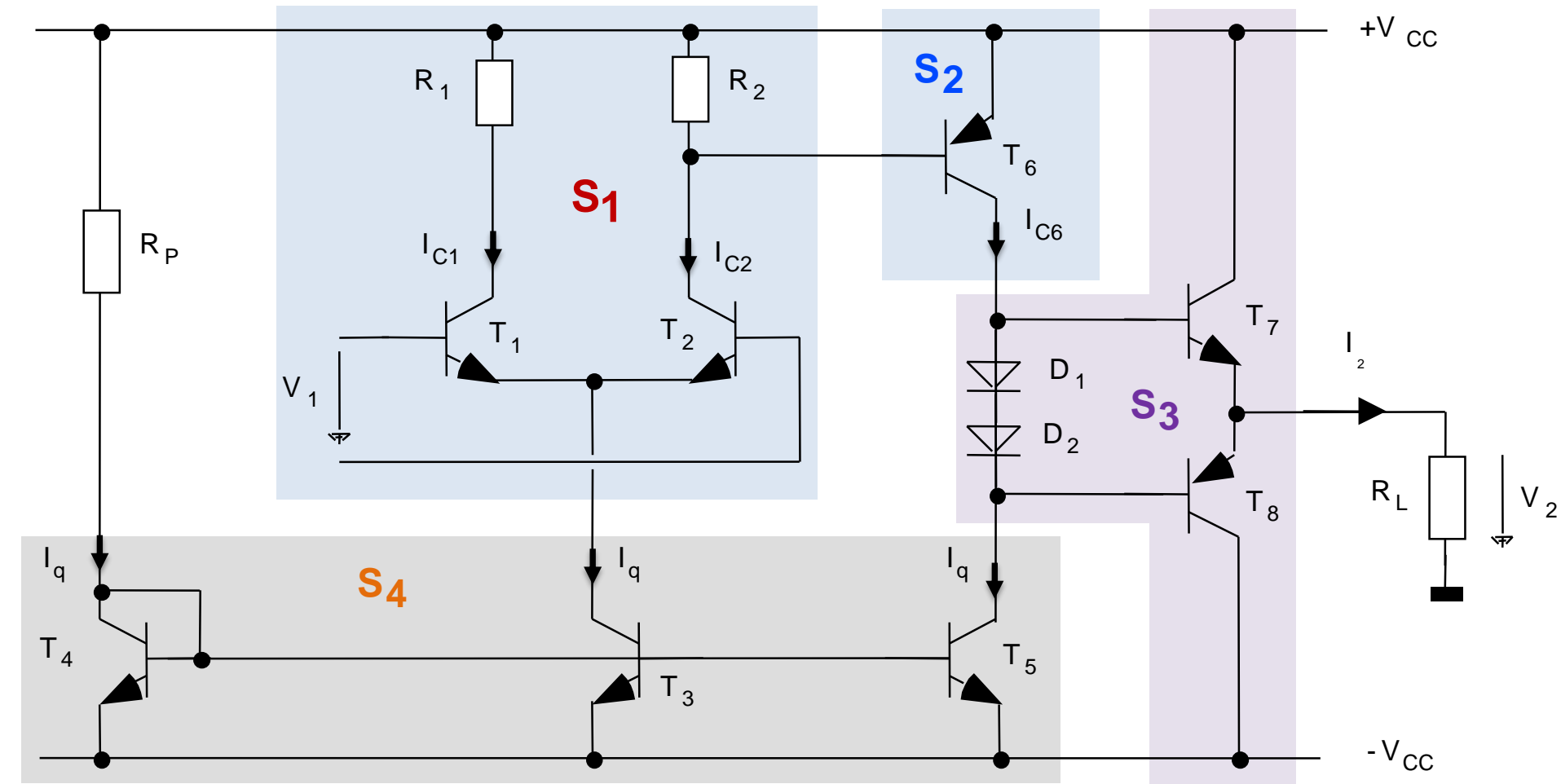
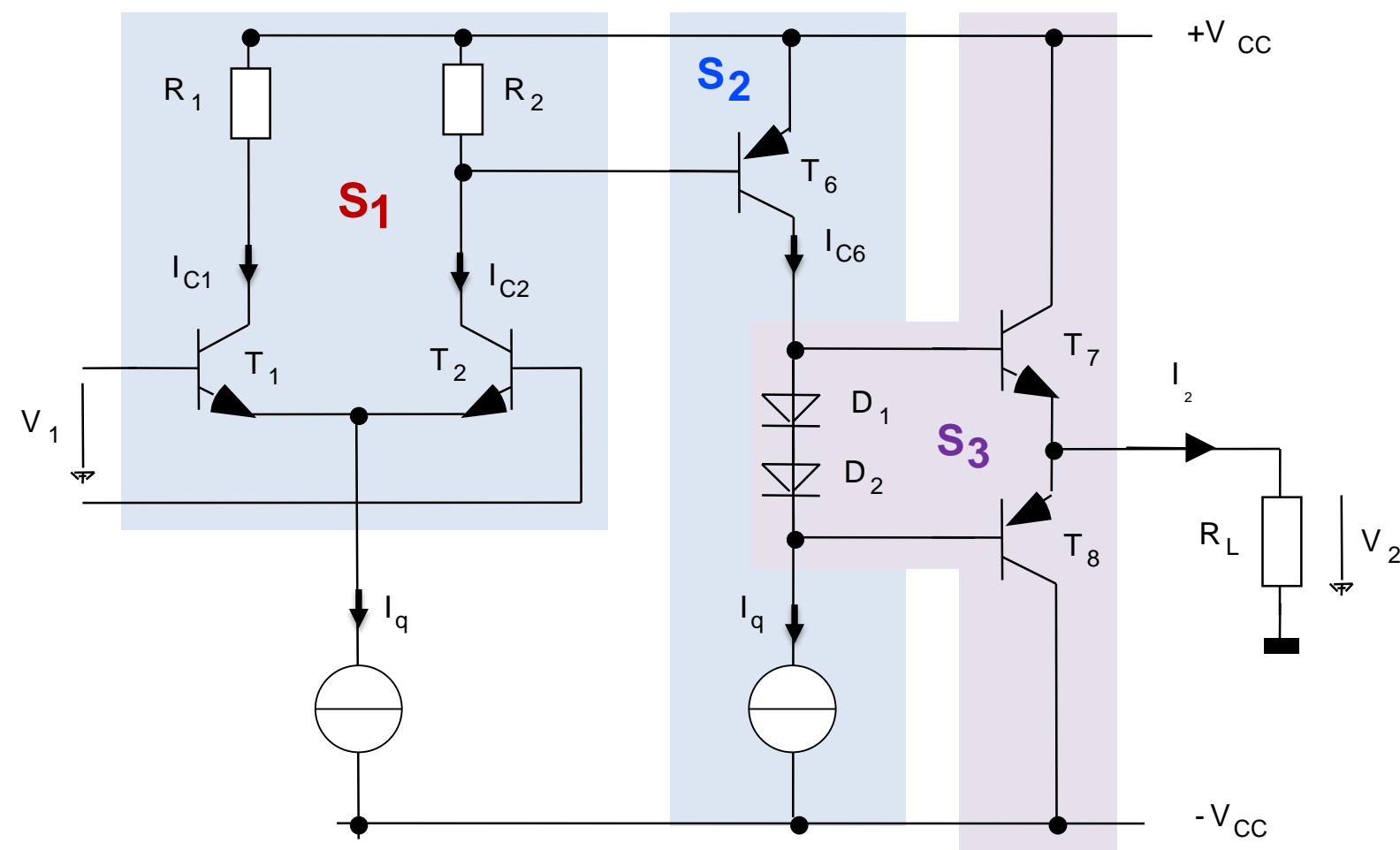


S1: étage d'entrée formé d'une Paire Différentielle (P-D) avec une charge passive avec sortie asymétrique.

S2: étage intermédiaire Emetteur Commun (E-C) qui génère un grand gain en tension grâce à une charge active.

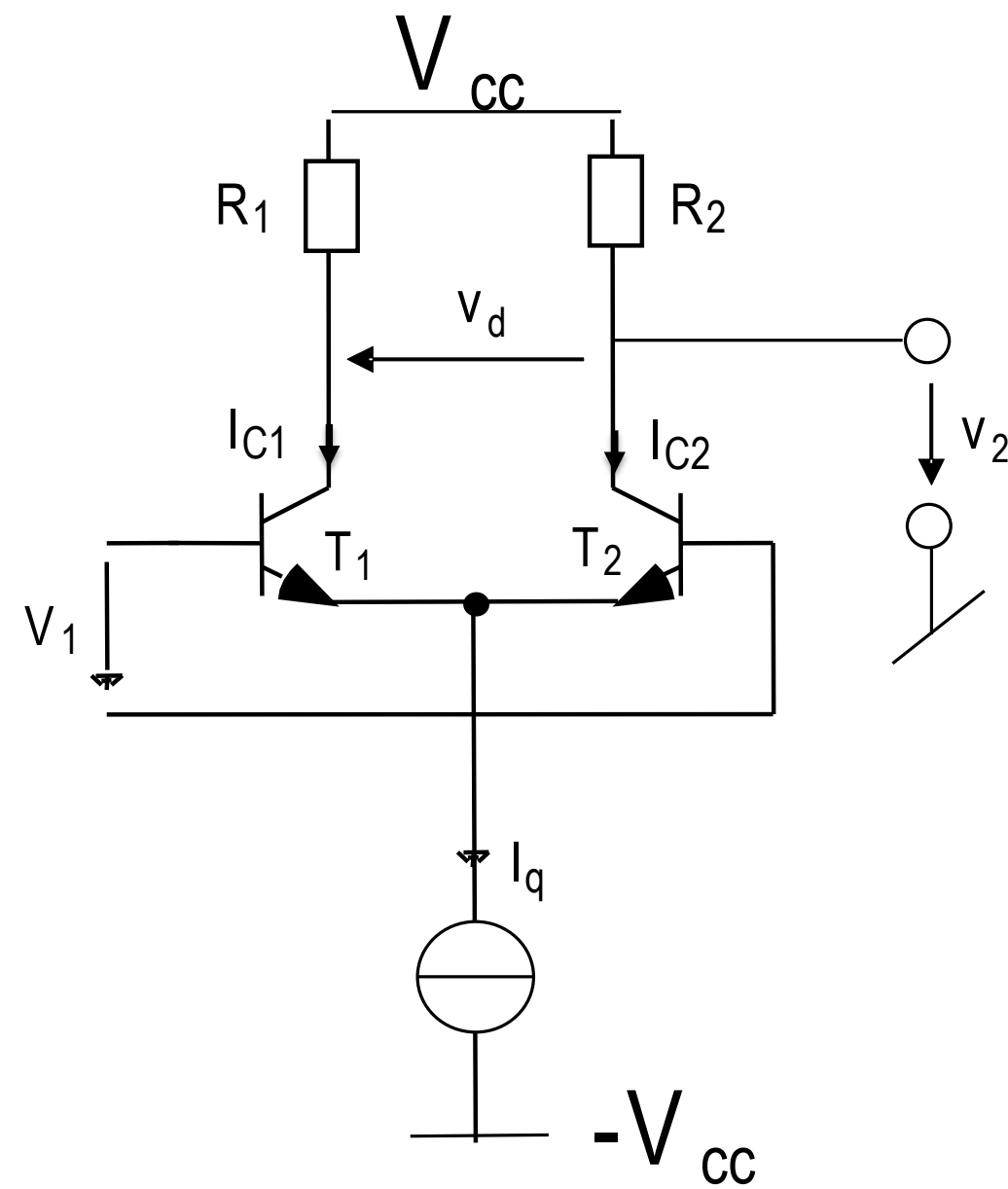
S3: étage de sortie push-pull de grande impédance d'entrée et de faible impédance de sortie avec un gain en tension unitaire, mais un gain en courant $\beta \gg 1$ capable de fournir du courant à la charge R_L .

Structures à trois étages et une polarisation

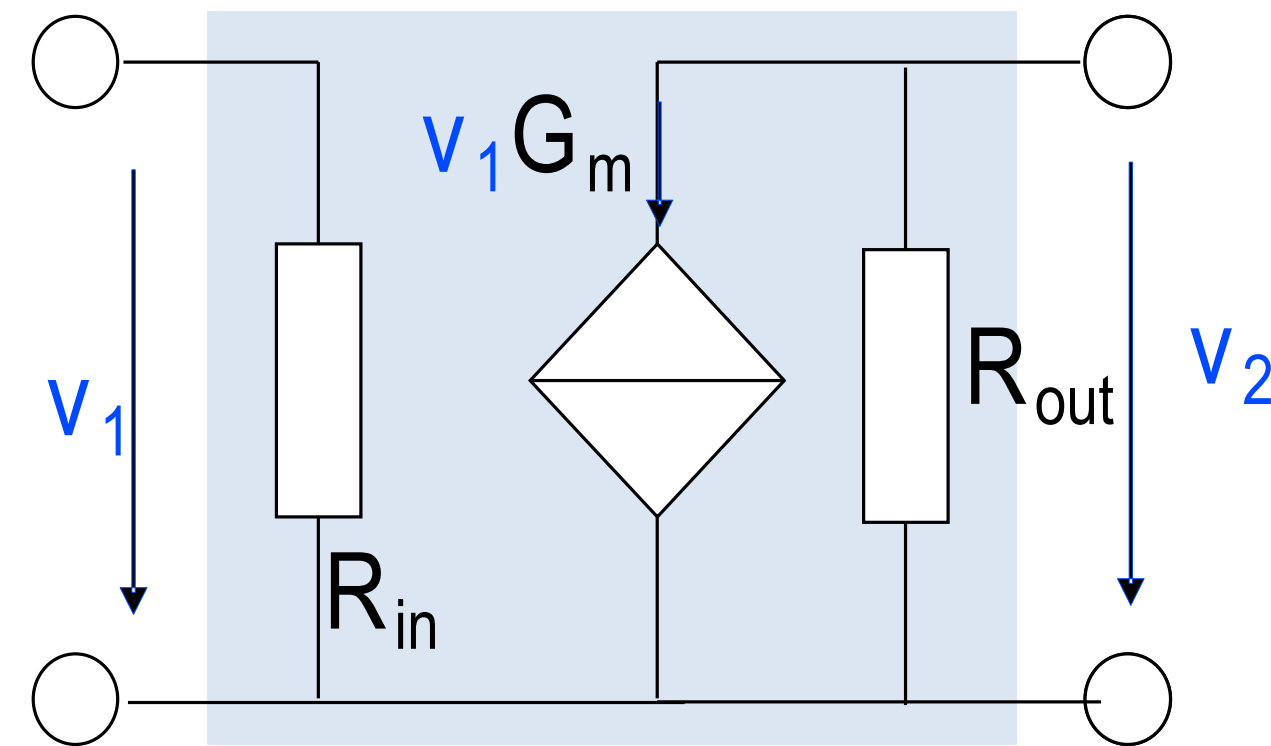


- S1:** étage d'entrée formé d'une Paire Différentielle (P-D) avec une charge passive avec sortie asymétrique.
- S2:** étage intermédiaire Emetteur Commun (E-C) qui génère un grand gain en tension grâce à une charge active.
- S3:** étage de sortie push-pull de grande impédance d'entrée et de faible impédance de sortie avec un gain en tension unitaire, mais un gain en courant $\beta \gg 1$ capable de fournir du courant à la charge R_L .
- S4:** polarisation avec un miroir de courant à sorties multiples. T4 monté en diode en est l'entrée, T3 et T5 en sont les sorties qui se comportent comme des sources de courant constant I_q . T3 polarise la P-D et T5 est la charge active de l'E-C.

Analyse de l'étage d'entrée



≡

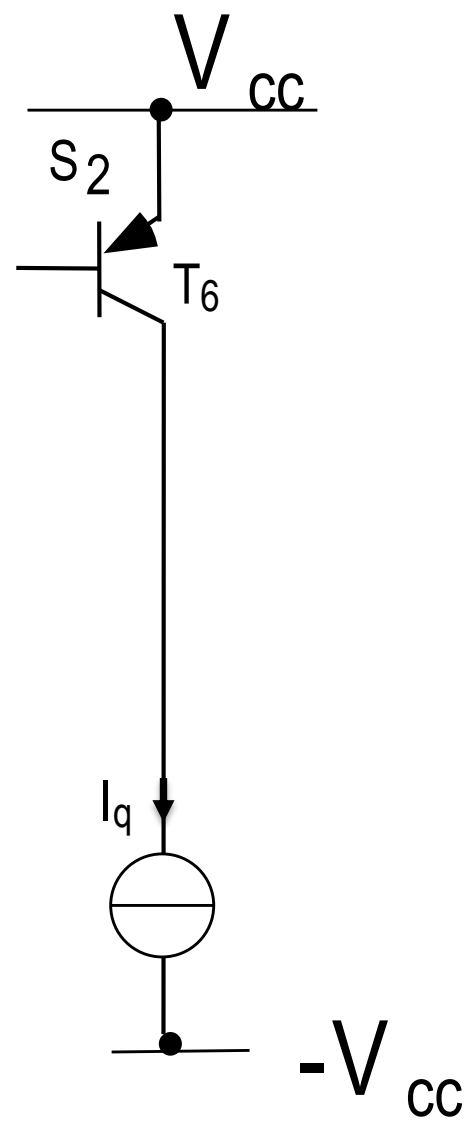


$$R_{in} = \frac{2}{g_{be_{1,2}}}$$

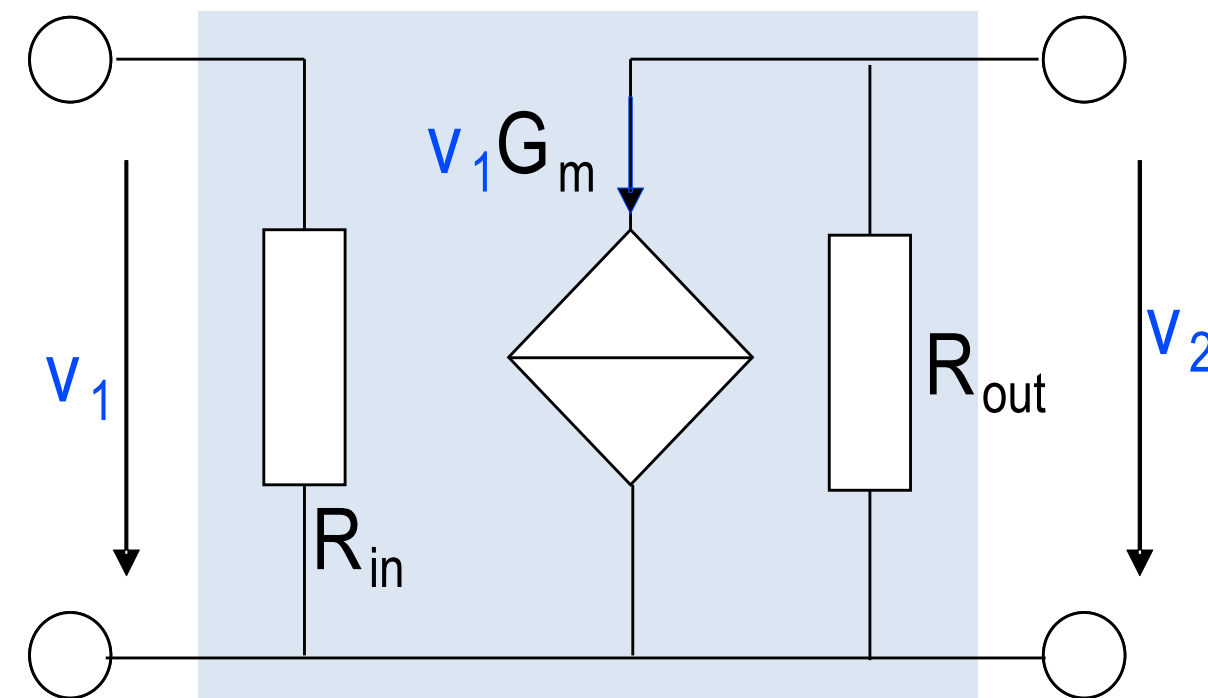
$$G_m = -\frac{g_{m_{1,2}}}{2}$$

$$R_{out} = R_2 \parallel (1/g_{ce2}) \approx R_2$$

Gain en tension: Emetteur commun



\equiv

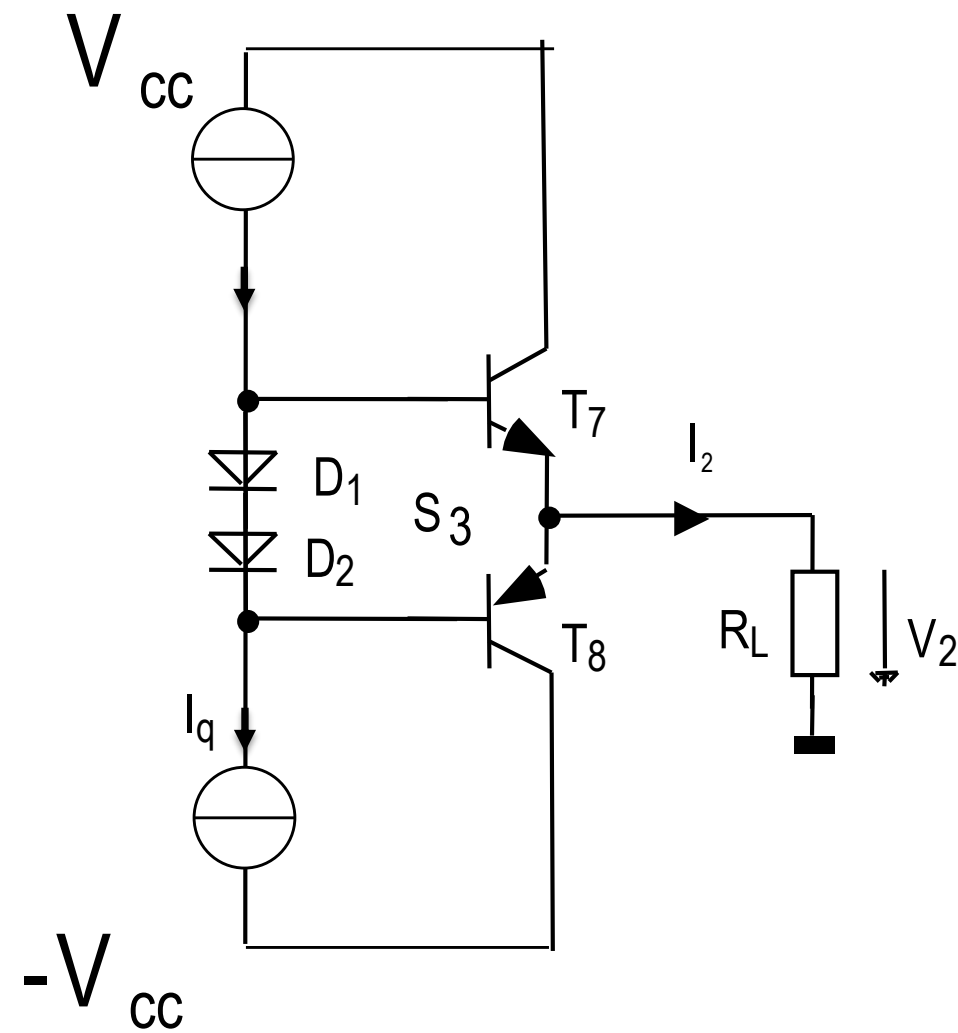


$$R_{in} = \frac{1}{g_{be_6}}$$

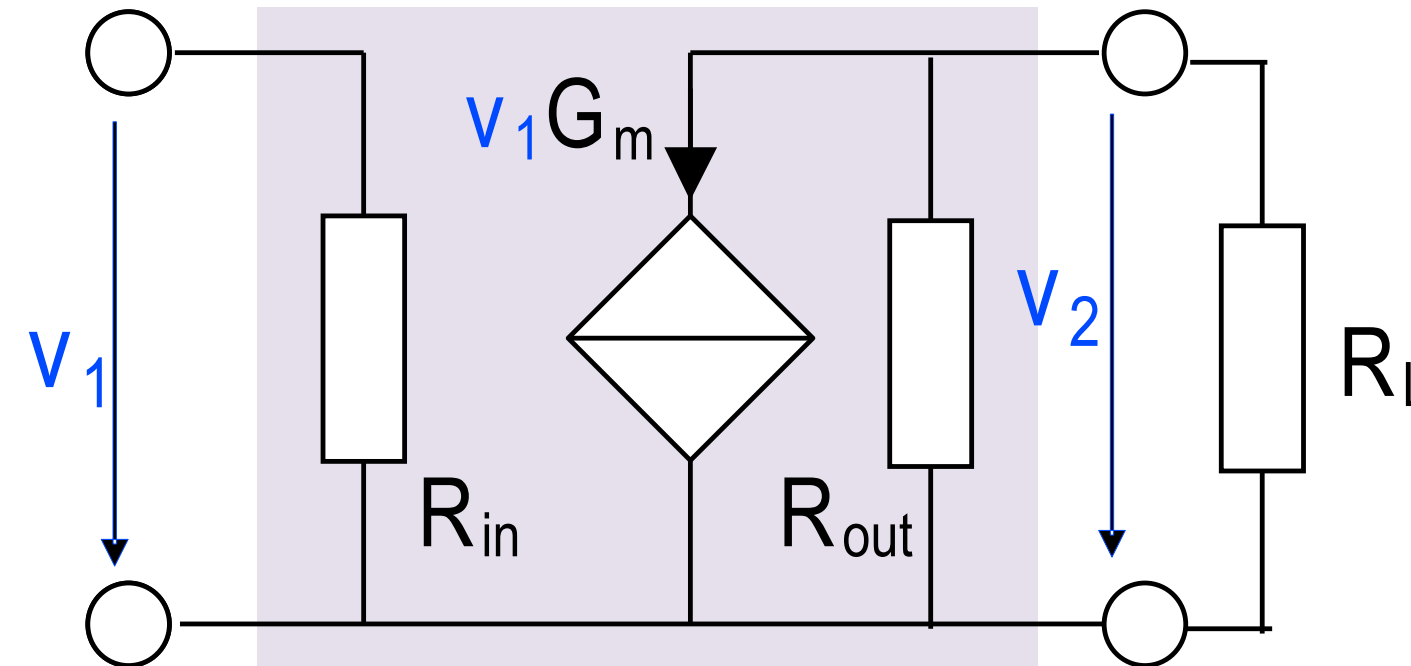
$$G_m = g_{m_6}$$

$$R_{out} = (1/g_{ce_6}) // (1/g_{ce_5})$$

Etage de sortie



≡

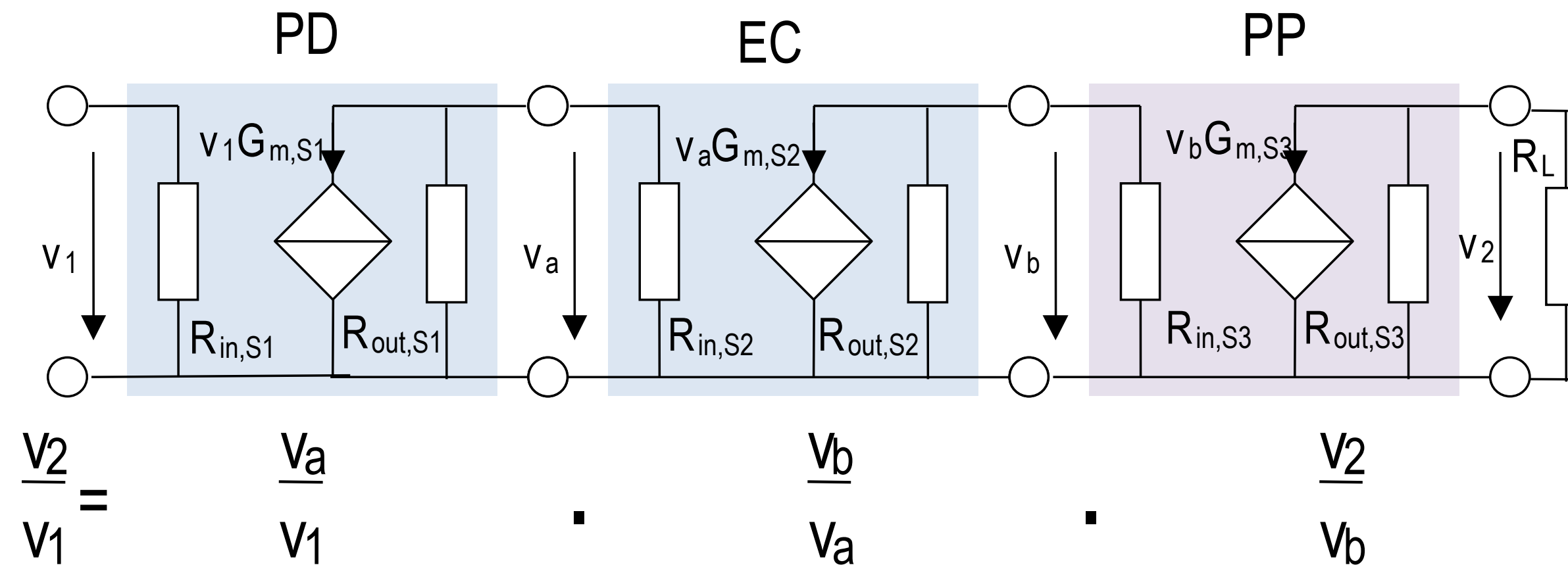


$$R_{in} = \frac{1}{g_{be_{7,8}}} + \beta R_L \approx \beta R_L$$

$$G_m \approx -g_{m_{7/8}}$$

$$R_{out} = \frac{1}{g_{m_{7,8}}} + \frac{(1/g_{ce_6}) // (1/g_{ce_5})}{\beta} \approx \frac{1}{g_{m_{7,8}}}$$

Gain total



$$\frac{v_a}{v_1} = -G_{m,S1} \cdot R_{out,S1} // R_{in,S2} = -\frac{g_{m_{1,2}}}{2} \cdot R_2 // \frac{1}{g_{be_6}}$$

$$\frac{v_b}{v_a} = -G_{m,S2} \cdot R_{out,S2} // R_{in,S3} = -g_{m_6} \cdot (1/g_{ce_6}) // (1/g_{ce_5}) // \beta R_L$$

$$\frac{v_2}{v_b} = -G_{m,s3} \cdot R_{out,s3} // R_L \approx 1$$

AMPLIFICATEURS CLASSE AB COMPLETS A COMPOSANTS DISCRETS

