



CM3 : Amplificateurs d'instrumentation

Davide Bucci

davide.bucci@phelma.grenoble-inp.fr

Objectifs pour aujourd'hui

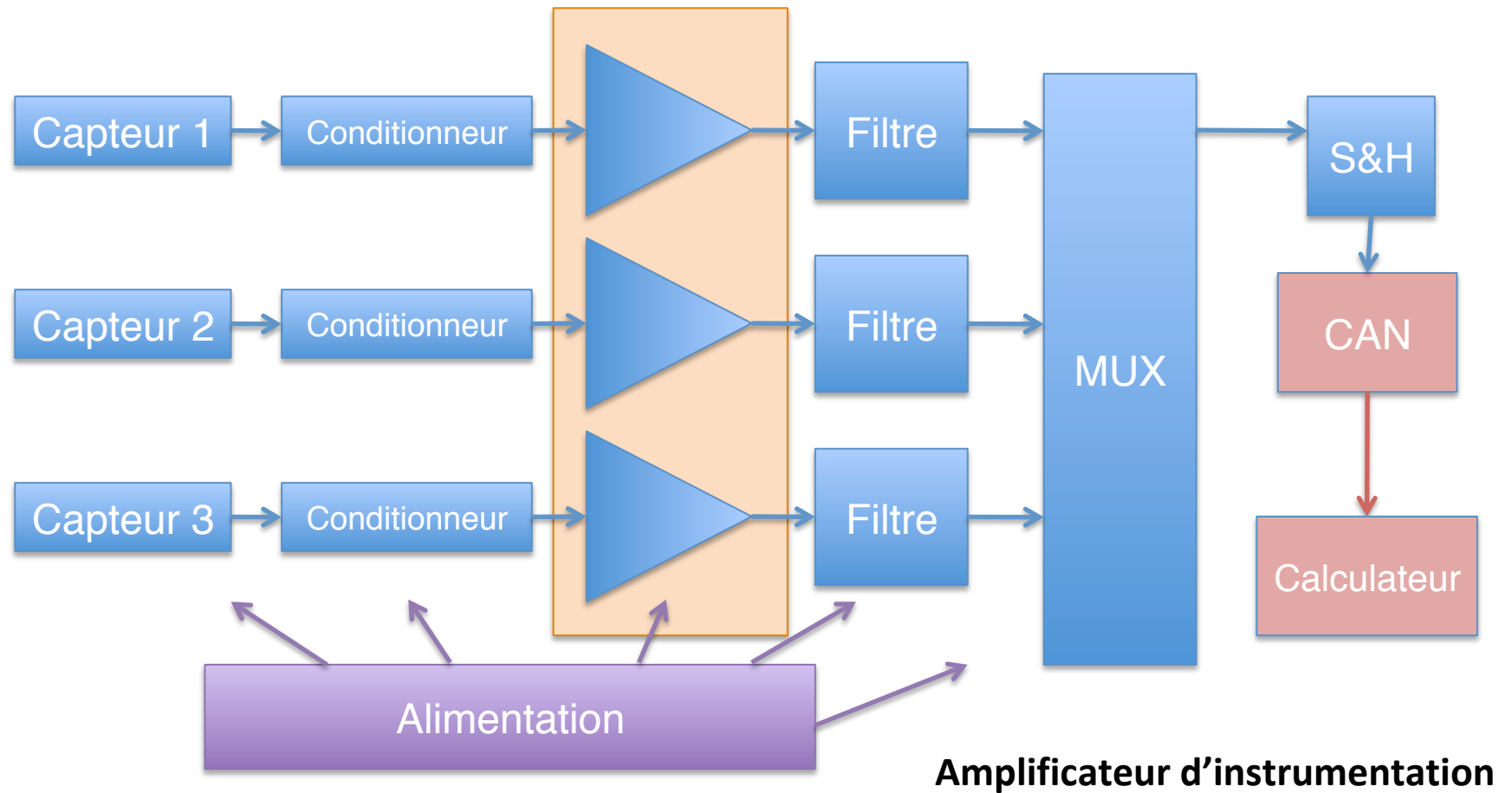
- Définir ce que c'est un **amplificateur d'instrumentation**
- Voir des **circuits typiques** (qu'il faudra connaître)
- S'initier au **jargon**
- Faire un peu **d'analyse** de circuits...

Prérequis

- Techniques d'analyse des circuits
- Avoir abordé l'**exercice 1 du TD2**
- L'amplificateur opérationnel !
- Les capteurs/circuits de conditionnement

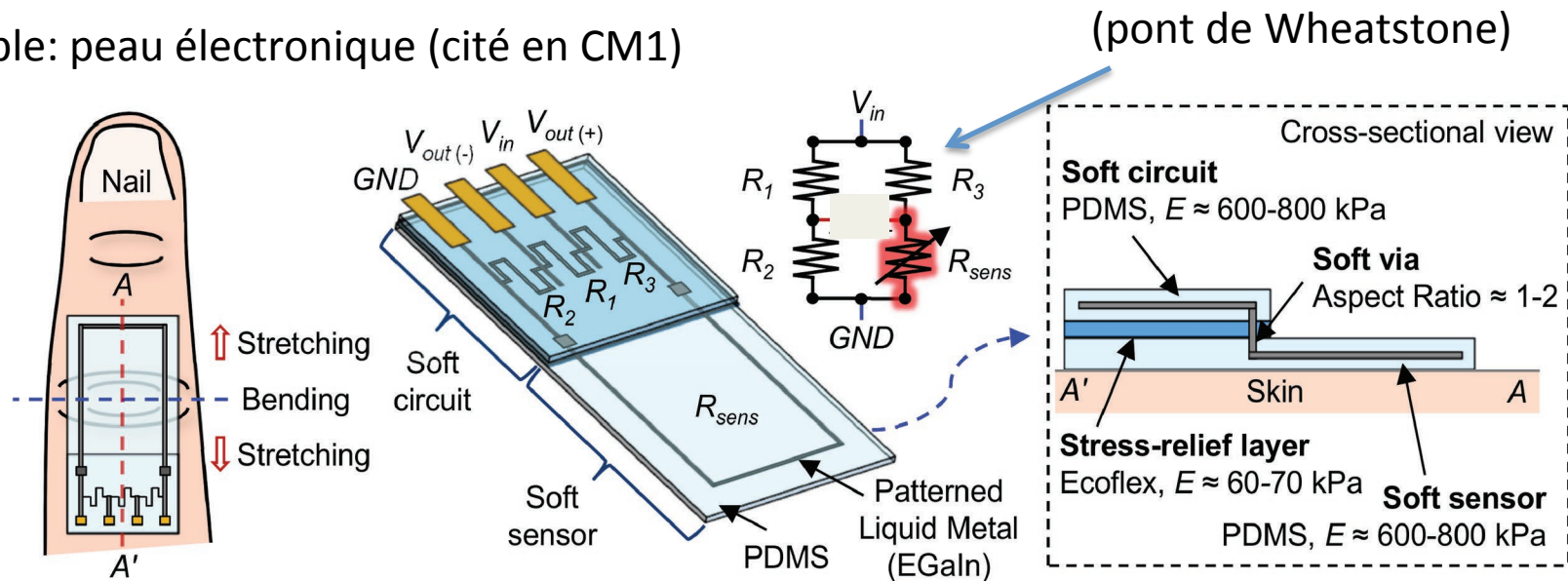
De quoi parle-t-on ?

Un type bien spécifique...

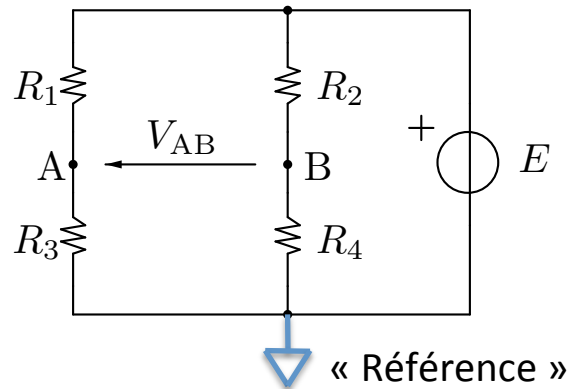


Situation typique

Exemple: peau électronique (cité en CM1)



[Kim, Alrowais, Brand. *Advanced Electronic Materials*, 2018]



- ΔR_4 petite $\rightarrow V_{AB}$ de quelques mV
- $V_{A'}, V_B$: quelques volts
- V_{AB} : pas mesurée **par rapport à la référence**

V_{AB} : tension différentielle

Déf : Ampli d'instrumentation

Tension différentielle (*differential*)

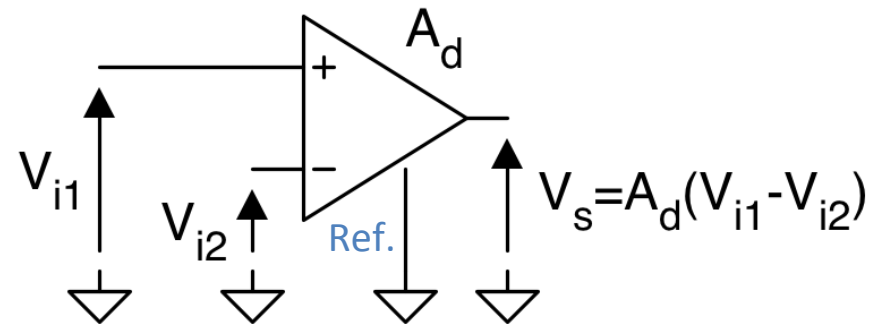
- Souvent petite (qq. mV)
- Contient l'information du capteur

$$\begin{cases} V_d = V_{i1} - V_{i2} \\ V_{cm} = \frac{V_{i1} + V_{i2}}{2} \end{cases}$$

Tension de mode commun (*common mode*)

- Souvent élevée (qq. V)
- Ne contient pas d'information

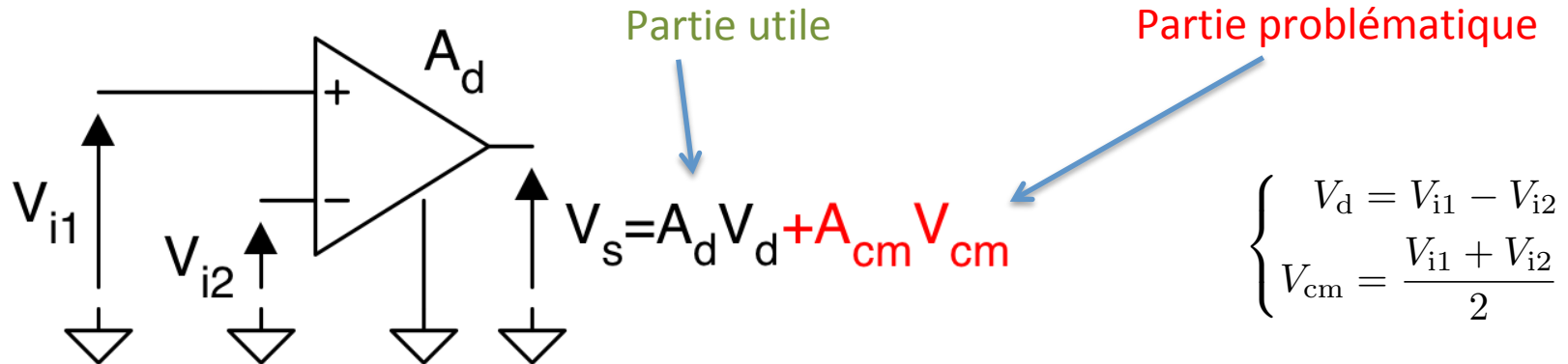
• Ampli idéal :



- Ampli différentiel
- Gain A_d **connu et réglable** (\neq AOP)
- Impéd. entrée infinies
- Impéd. sortie nulle

ATTENTION : d'autres définitions possibles pour V_d !

Un défaut d'un ampli réel



Taux de Réjection du Mode Commun (TRMC)

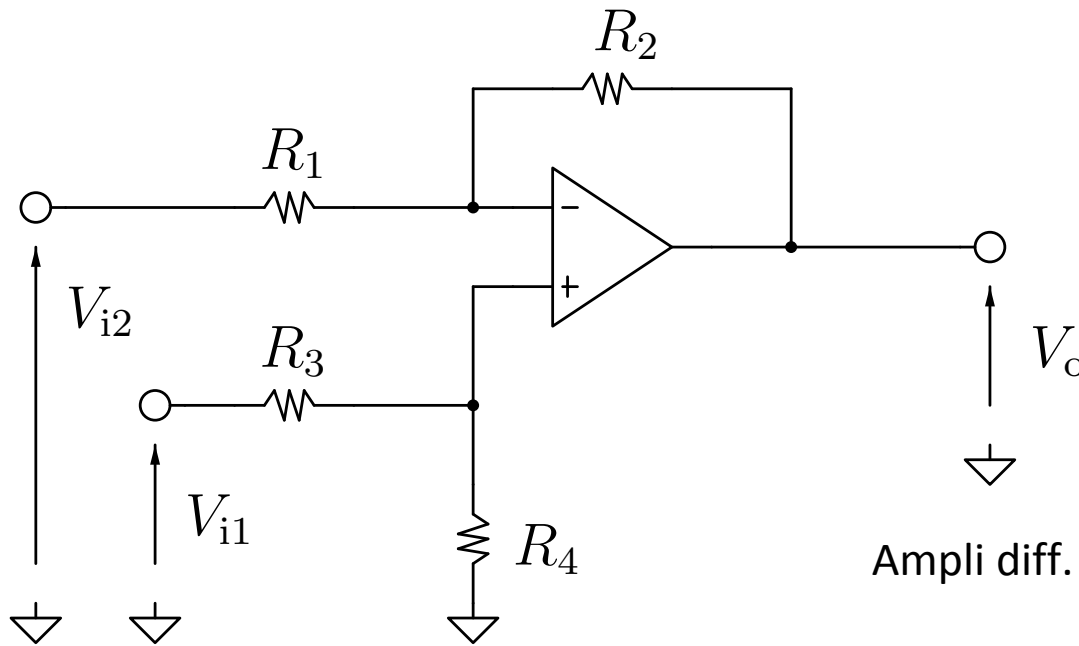
Common Mode Rejection Ration (CMRR)

$$(T_{rmc})_{dB} = 20 \log \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right|$$

D'autres choses importantes existent :

- Bande passante
- Offsets
- Bruits
- ...

Ampli d'instru. à 1AOP



C'est le exercice 1 du TD2

$$\begin{cases} V_d = V_{i1} - V_{i2} \\ V_{cm} = \frac{V_{i1} + V_{i2}}{2} \end{cases}$$

Ampli diff. parfait si $\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$

$$A_{cm} = 0, \quad A_d = \frac{R_2}{R_1} \quad (T_{rmc})_{dB} \rightarrow +\infty$$

MAIS résistances avec tolérance r (par exemple 0,1%)

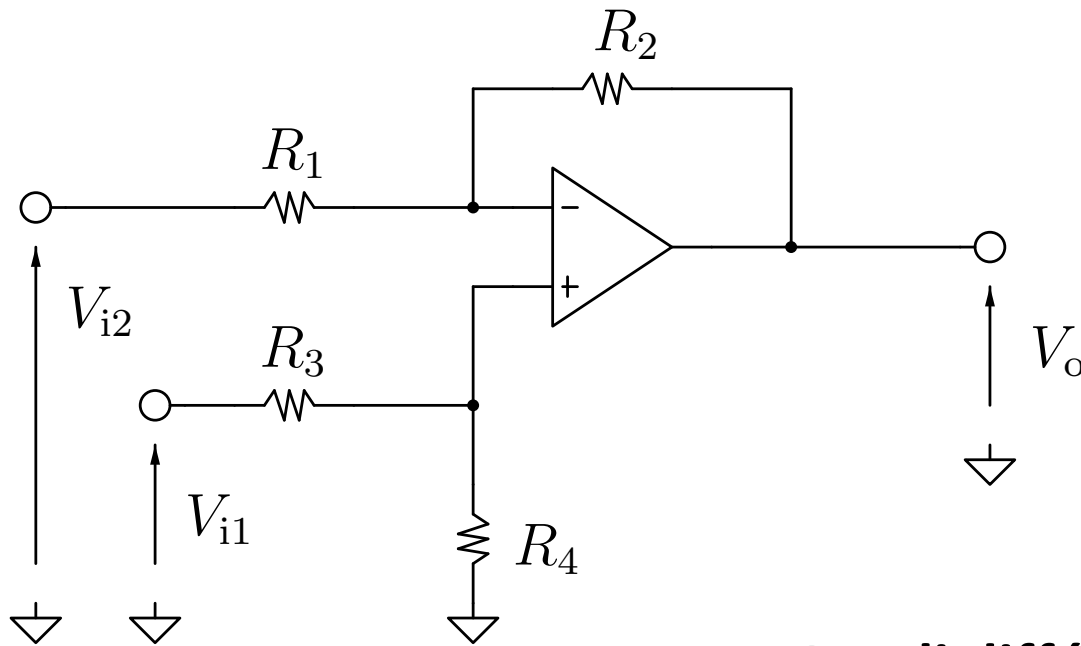
Pire
des
cas

$$\begin{cases} R_1 = R_{1n}(1+r) \\ R_3 = R_{1n}(1-r) \\ R_2 = R_{2n}(1-r) \\ R_4 = R_{2n}(1+r) \end{cases}$$

$$(T_{rmc})_{dB} \approx 20 \log \frac{R_{1n} + R_{2n}}{4r R_{1n}}$$

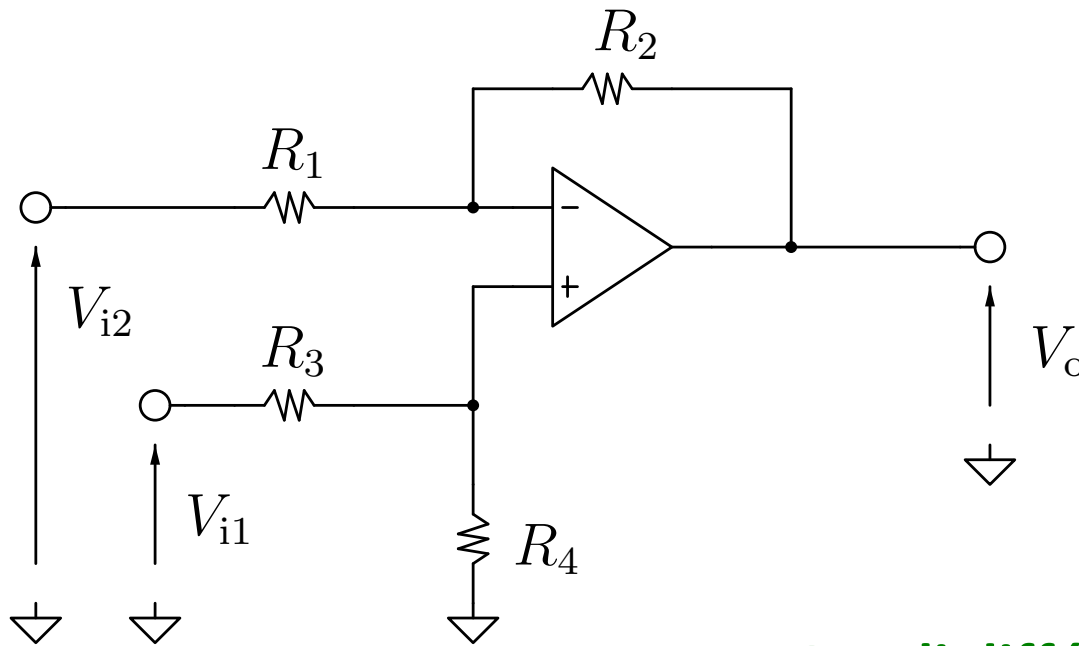
A.N. Pour $R_2/R_1=100 \rightarrow (T_{rmc})_{dB} = 88dB$

Caractéristiques...



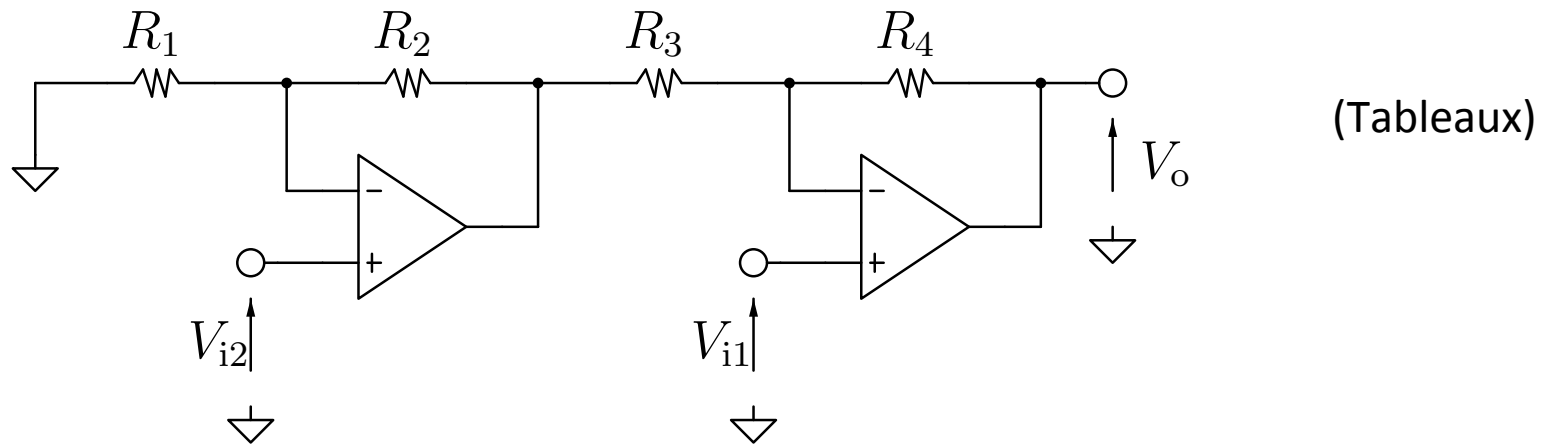
- **Ampli différentiel ?**
- **Gain Ad connu et réglable ?**
- **Impéd. entrée infinies ?**
- **Impéd. sortie nulle ?**

Caractéristiques...



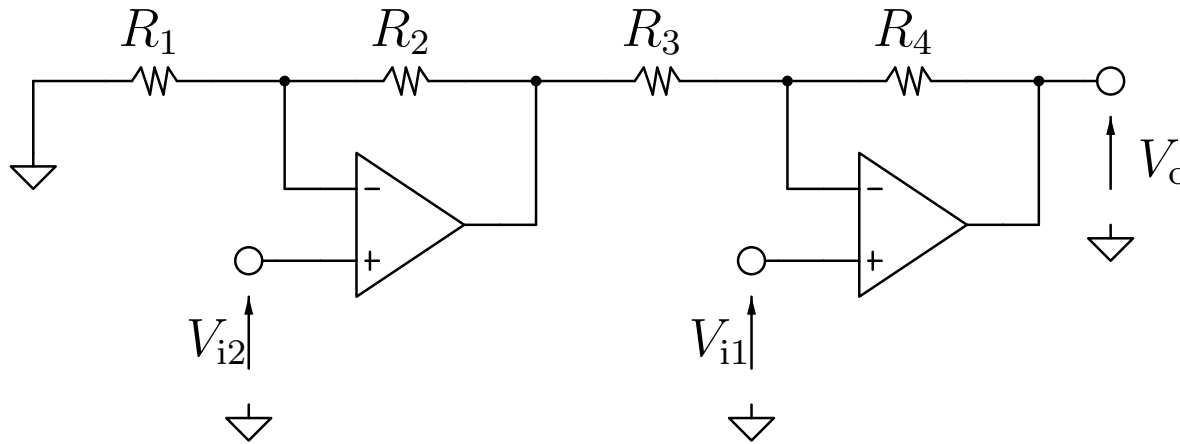
- **Ampli différentiel ?** OUI
- **Gain Ad connu et réglable ?** MEH
- **Impéd. entrée infinies ?** NON
- **Impéd. sortie nulle ?** OUI

Ampli d'instru. à 2 AOP



- **Ampli différentiel ?**
- **Gain Ad connu et réglable ?**
- **Impéd. entrée infinies ?**
- **Impéd. sortie nulle ?**

Ampli d'instru. à 2 AOP

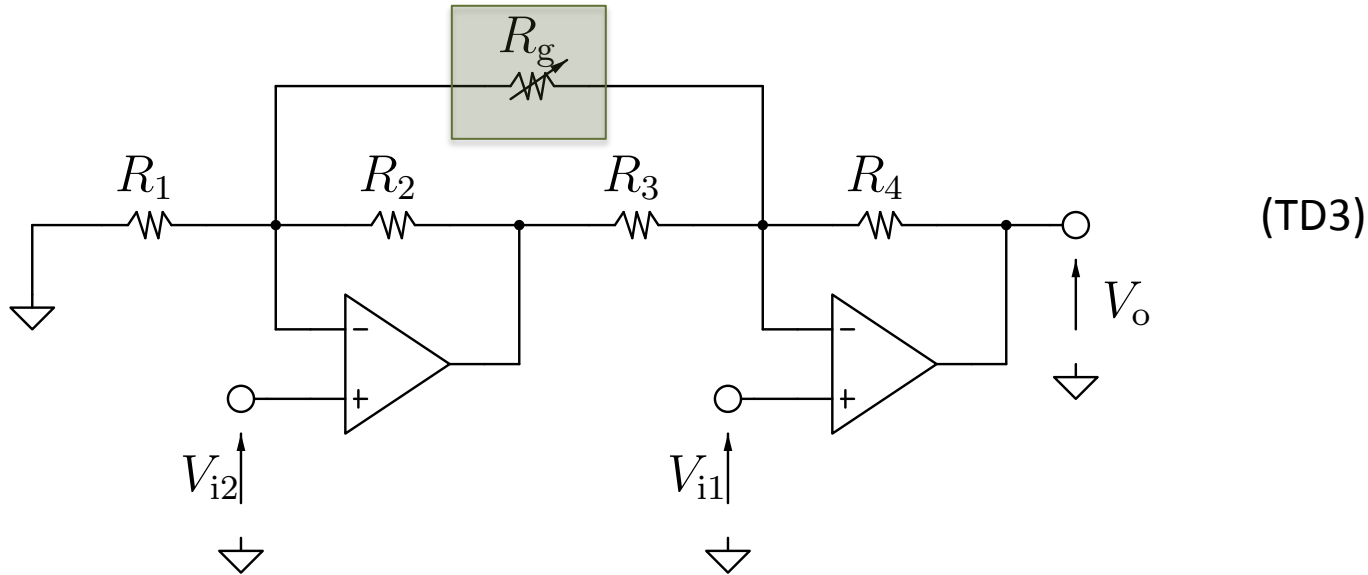


$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

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

- **Ampli différentiel ?** OUI
- **Gain Ad connu et réglable ?** MEH
- **Impéd. entrée infinies ?** OUI
- **Impéd. sortie nulle ?** OUI

Ampli d'instru. à 2 AOP mod.



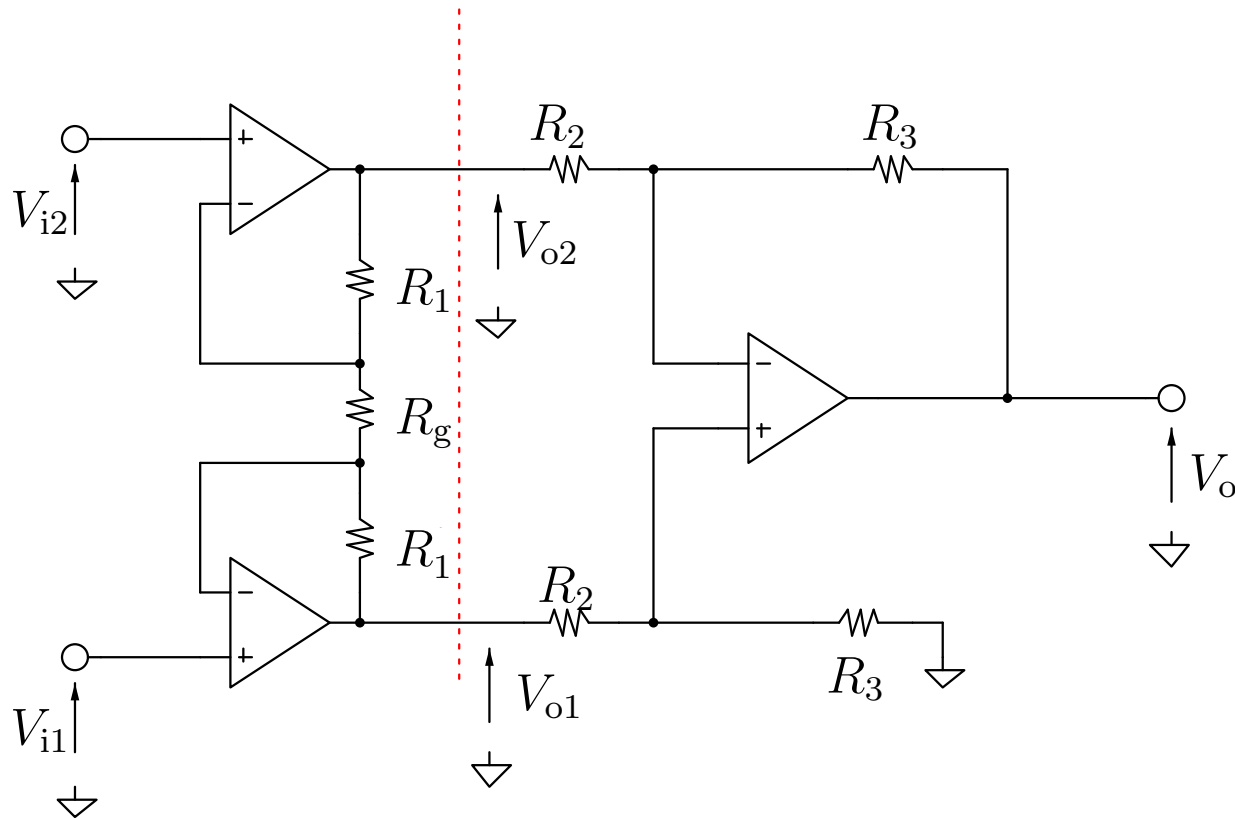
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

$$A_d = 1 + 2 \frac{R_1}{R_g} + \frac{R_1}{R_2}$$

- **Ampli différentiel ?** OUI
- **Gain Ad connu et réglable ?** OUI
- **Impéd. entrée infinies ?** OUI
- **Impéd. sortie nulle ?** OUI

Attention au Trmc en haute fréquence !

Ampli d'instru. à 3 AOP

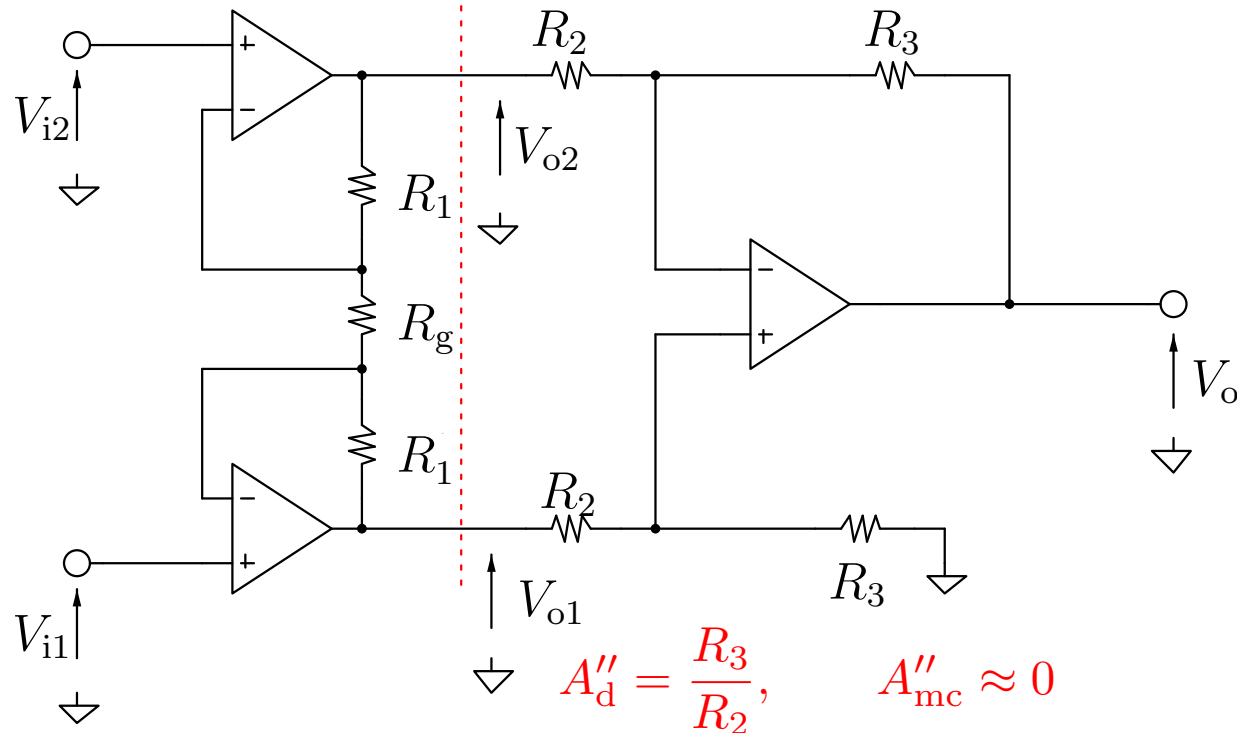


« L'amplificateur d'instrumentation par antonomase »

Ampli d'instru. à 3 AOP

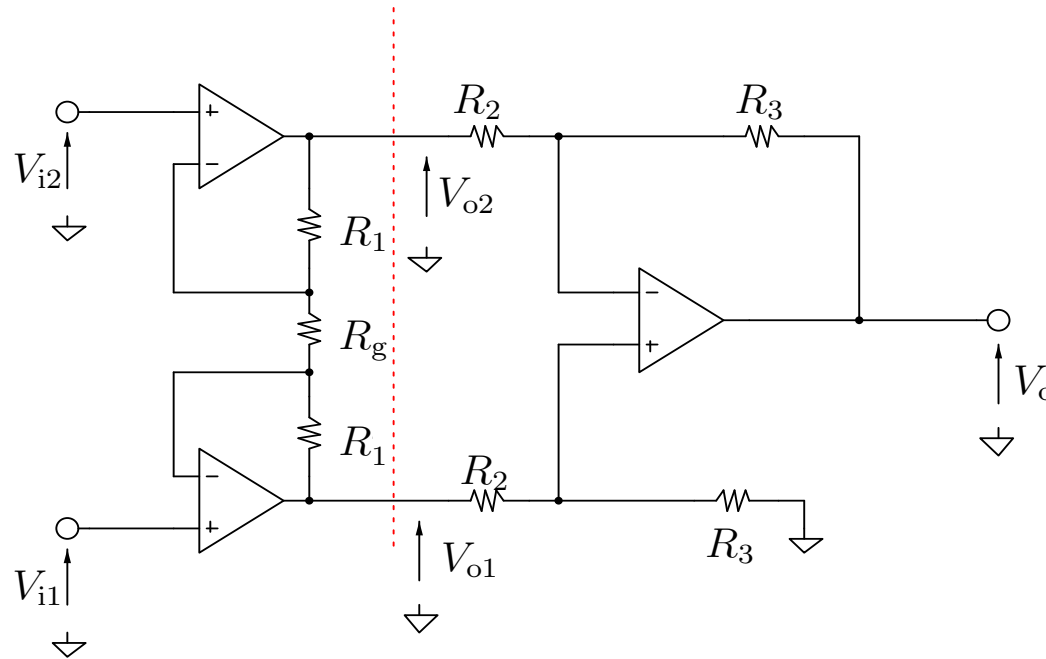
Une petite étude...

On connaît déjà cette partie !



« L'amplificateur d'instrumentation par antonomase »

Ampli d'instru. à 3 AOP



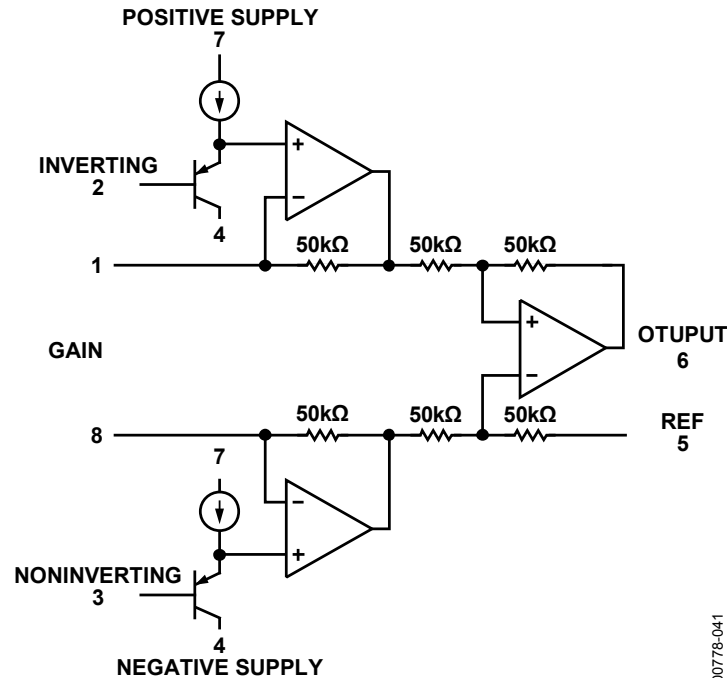
$$A_d = A'_d A''_d = \frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right)$$

$$A_{mc} = A'_{mc} A''_{mc} \approx \frac{4rR_{3n}}{R_{2n} + R_{3n}}$$

- **Ampli différentiel ?** **OUI**
- **Gain A_d connu et réglable ?** **OUI**
- **Impéd. entrée infinies ?** **OUI**
- **Impéd. sortie nulle ?** **OUI**

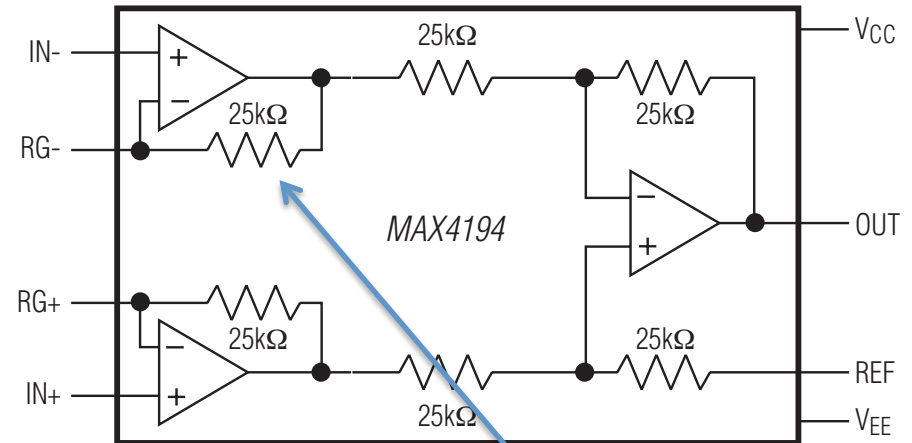
Ampli intégrés

[Fiche technique AD623]



$$V_o = \left(1 + \frac{100 \text{ k}\Omega}{R_G}\right) V_c$$

[Fiche technique MAX4194]



$$V_{OUT} = (V_{IN+} - V_{IN-}) \cdot \left(1 + \frac{2R_1}{R_G}\right)$$

...et des centaines d'autres !

- Rapport de résistances
- « trimming »

Questions ?