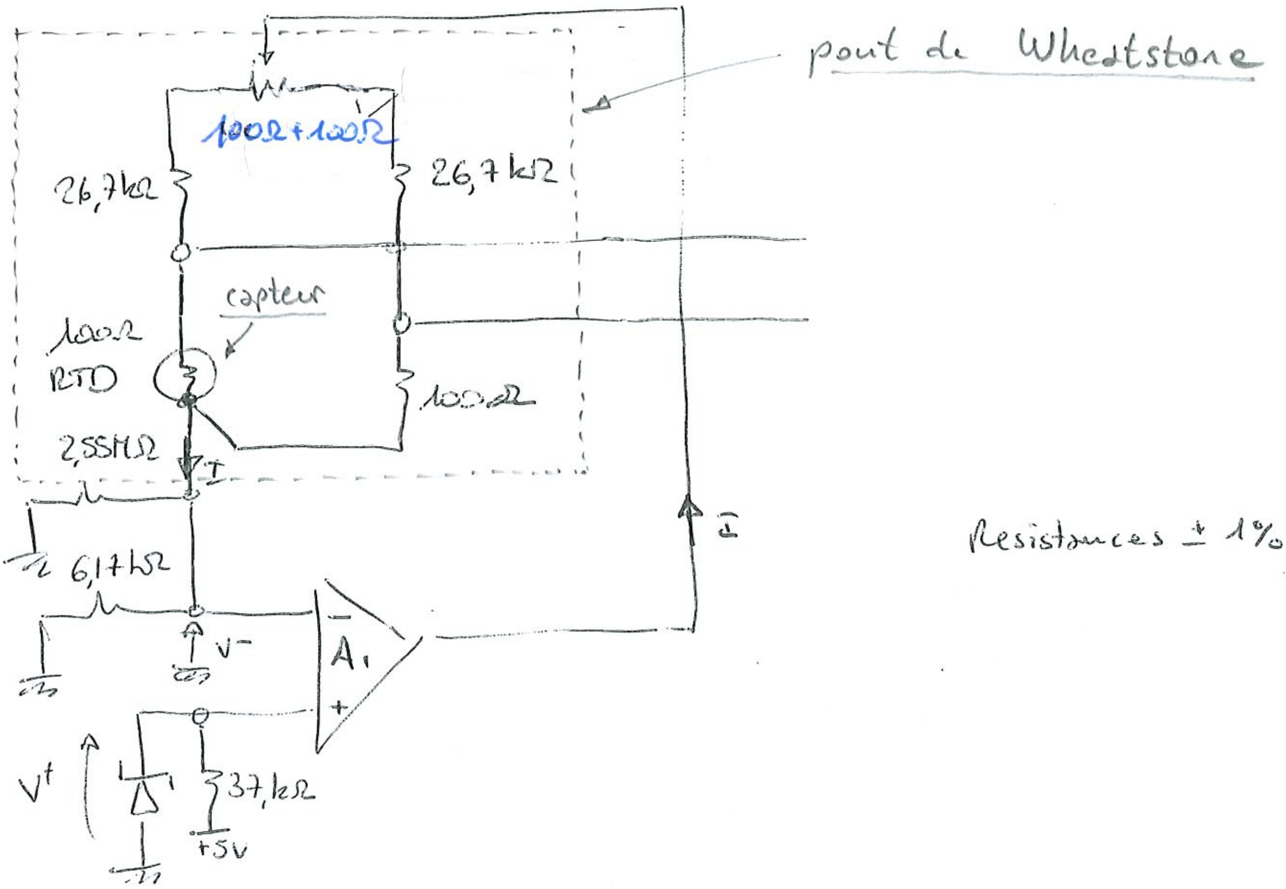
TD 3 : Amplificateur d'instrumentation avec 2 AOp

1. Si le potentiomètre est en position centrale,



Resistances ± 1%

2. L'ampli A_1 va faire tout ce qu'il pourra pour obtenir $V^- = V^+$ et donc :

$$V^- = I\left(\underbrace{6{,}17k\Omega \oplus 2{,}55M\Omega}_{6{,}155k\Omega}\right) = V^+ = 1{,}235V$$

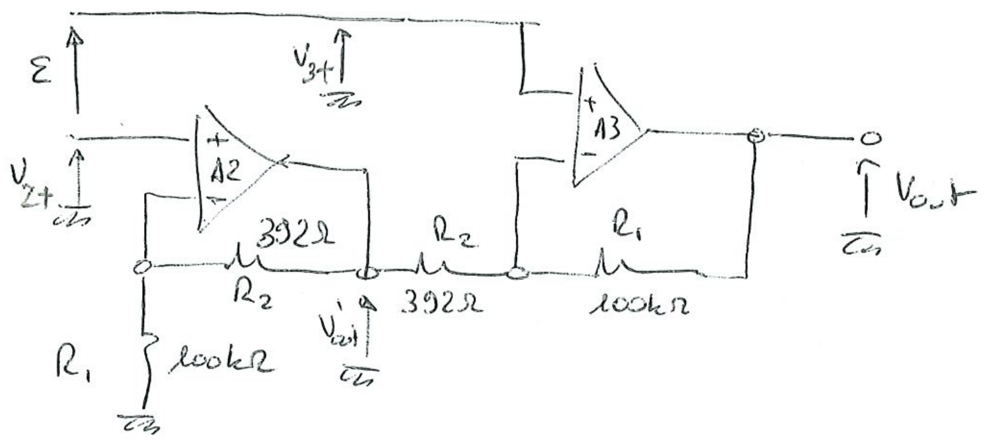
$$\Rightarrow \quad I = \frac{1{,}235V}{6{,}155k\Omega} = 200\,\mu A$$

RMQ. $6{,}17k\Omega \pm 1\% = 6{,}17k\Omega \pm 0{,}06\,k\Omega$

la variation induite par la rés. $2{,}55M\Omega$ est << par rapport à la tolérance de la rés. Cela ne sert à rien !

3. Le potentiomètre 200Ω sert à faire en sorte qu'à la sortie du pont on obtient 0V à 0°C même si les résistances ont une tolérance.

4.



Ampli non inverseur	~~Soustracteur~~
$V'_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{2+}$	$\frac{\frac{V'_{out}}{R_2} + \frac{V_{out}}{R_1}}{R_2^{-1} + R_1^{-1}} = V_{3+}$ $\frac{R_1 V'_{out} + R_2 V_{out}}{R_1 R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} V_{3+}$ $V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{3+} - \frac{R_1}{R_2} V'_{out}$

$$V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{3+} - \frac{R_1}{R_2}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{2+} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}\left(V_{3+} - V_{2+}\right) = \frac{R_1 + R_2}{R_2}\varepsilon$$

si $\left.\begin{array}{l} R_1 = 100k\Omega \\ R_2 = 392k\Omega \end{array}\right\}$ $G_d = 256$

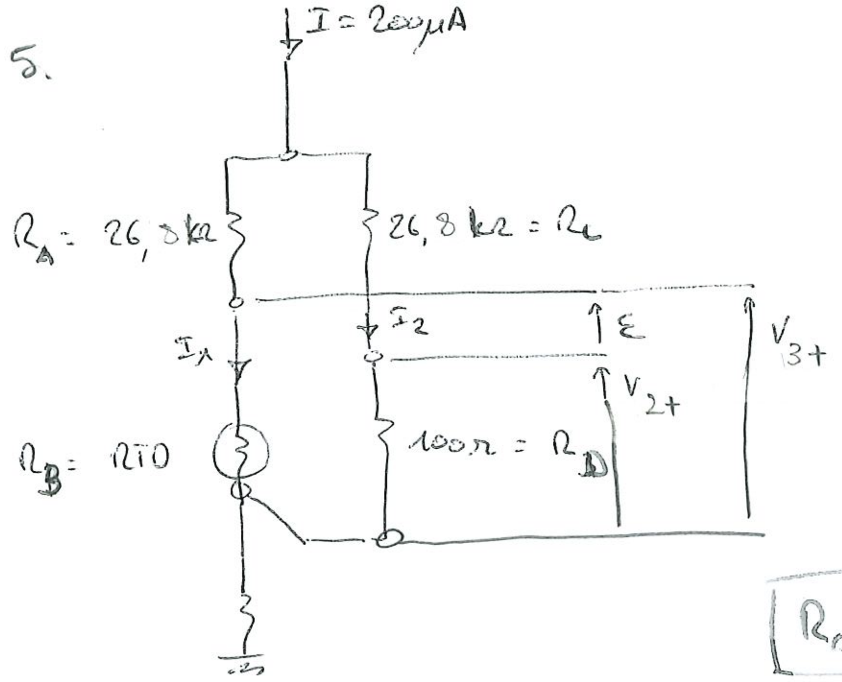
Rmq. si l'on prend en compte le potentiomètre :

$$G_d = 1 + 2\frac{R_1}{R_g} + \frac{R_1}{R_2}$$ (voir page 6)

$R_g < 10$ $\Rightarrow G_{d\,max} = 266$

5.

balanced bridge:
$R_A R_D = R_C R_B$



$\boxed{R_C = R_A}$

$$V_{3+} = R_B I_1 = R_B \frac{R_C + R_D}{R_A + R_B + R_C + R_D} I = \frac{R_B(\overbrace{R_C}^{=R_A} + R_D)}{2R_A + R_B + R_D} I$$

si $R_B + R_D \ll 2R_A$ $\quad V_{3+} \simeq \frac{R_B}{2} I$ $\quad \left(V_{3+} \simeq \frac{R_B \cdot \cancel{R_A}}{2\cancel{R_A}} I \right)$

$$V_{2+} = \frac{R_D(R_A + R_B)}{2R_A + R_B + R_D} I \simeq \frac{R_D}{2} I$$

$$\varepsilon = V_{3+} - V_{2+} = \frac{I}{2R_A + R_B + R_E} \cdot \left[R_B(R_A + R_D) - R_D(R_A + R_B) \right] \simeq \frac{I}{2}\left[R_B - R_C\right]$$

$T = 0°C \Rightarrow R_2 = 100\ \Omega$

$T = 100°C \Rightarrow R_2 = 138,5\ \Omega$

formule exacte: $\varepsilon_{(100°C)} = 3,8329$ mV

formule approchée: $\varepsilon'_{(100°)} = 3,8500$ mV

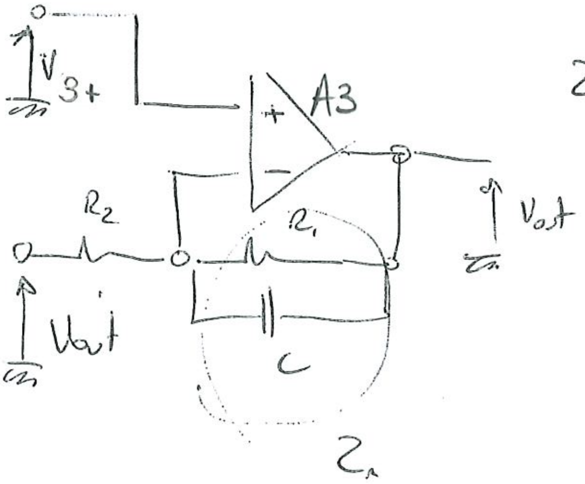
erreur: $\simeq 0,4\ \%$

$$\varepsilon = \frac{I}{2}\left[\cancel{100}\,\Omega + 0,00385\,(°C)^{-1} \cdot 100\,\Omega \cdot T - \cancel{100}\,\Omega\right] =$$

$$= \frac{200\,\mu A}{2}\left[0,385\,\Omega\,(°C)^{-1} \cdot T\right] = 38,5\,\mu V/°C \cdot T$$

$V_{out} = 256 \cdot \varepsilon \simeq 10\,mV/°C \cdot T$

6.



$$Z_1 = R_1 \oplus \frac{1}{j\omega C} =$$

$$= \frac{\frac{R_1}{j\omega C}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R_1}{j R_1 \omega C + 1} =$$

$$= \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C}$$

OBS: $R_1 >> R_2$

$$\frac{\frac{V_{out}'}{R_2} + \frac{V_{out}}{Z_1}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{Z_1}} = V_2$$

$$\frac{V_{out}'}{R_2} + \frac{V_{out}}{Z_1} = V_2\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{Z_1}\right)$$

$$\frac{\frac{Z_1 V_{out}' + R_2 V_{out}}{Z_1 R_2}}{\frac{Z_1 + R_2}{Z_1 R_2}} = V_2$$

$$Z_1 V_{out}' + R_2 V_{out} = V_2(Z_1 + R_2)$$

$$V_{out} = \frac{Z_1 + R_2}{R_2} V_2 - \frac{Z_1}{R_2} V_{out}'$$

et $$V_{out}' = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_1$$

$$V_{out} = \frac{Z_1 + R_2}{R_2} V_2 - \frac{R_1 Z_1 + Z_1 R_2}{R_1 R_2} V_1$$

Rmq. $Z_1 = \dfrac{R_1}{1 + j\omega R_1 C}$ $\qquad R_1 >> R_2$

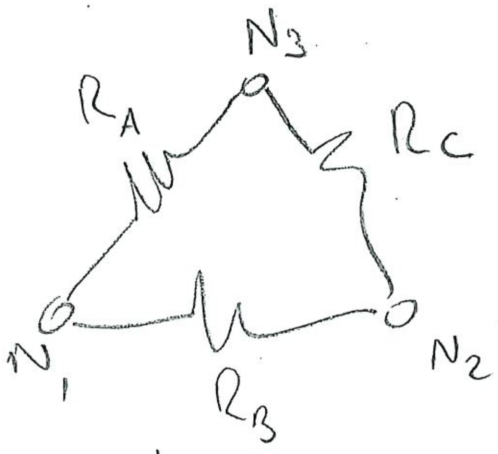
pour des fréquences pas trop élevées... $|Z_1| >> R_2$

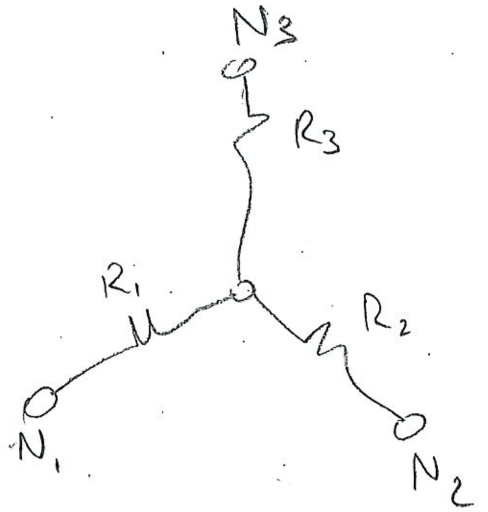
$$V_{out} \simeq \frac{Z_1}{R_2} V_2 - \underbrace{Z_1 \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}}_{\simeq \frac{Z_1}{R_2}} V_1 \simeq \frac{Z_1}{R_2}(V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{R_1}{R_2(1 + j\omega R_1 C)} (V_2 - V_1)$$

pôle dominant à 16 Hz

Théorème de Kennely





$\lambda \to \Delta$

$$R_A = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2}$$

$$R_B = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3}$$

$$R_C = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1}$$

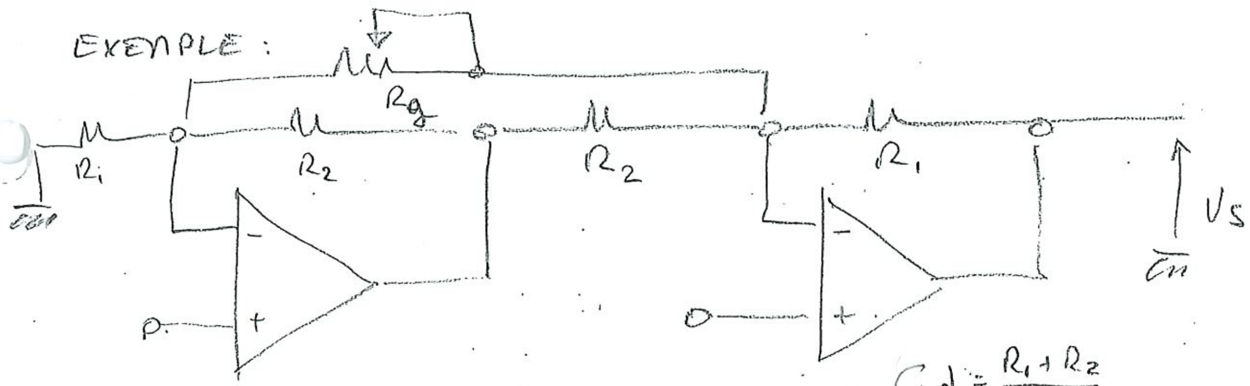
$\Delta \to \lambda$

$$R_1 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

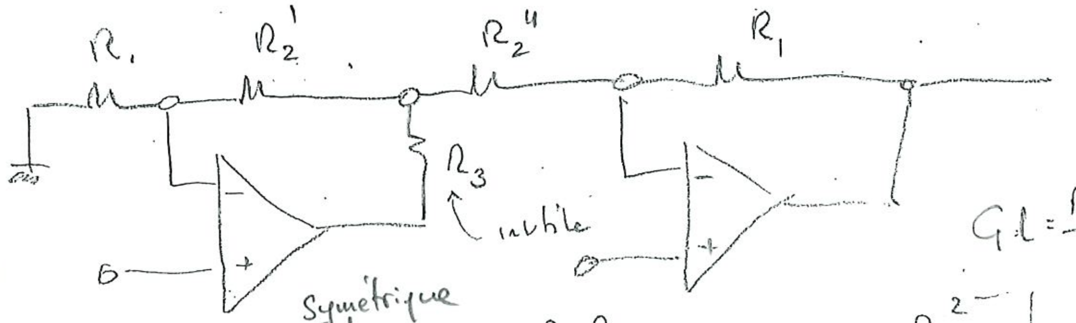
$$R_3 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

EXEMPLE :



$$G_d = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

tr. $\Delta \to \lambda$



$$G_d = \frac{R_1 + R_2'}{R_2'} = \frac{R_1 + \frac{R_2R_g}{2R_2+R_g}}{\frac{R_2R_g}{2R_2+R_g}} = \frac{2R_1R_2 + R_1R_g + R_2R_g}{R_2R_g} =$$

$$R_2' = \frac{R_2 R_g}{2R_2 + R_g} \underset{\text{Symétrique}}{=} R_2'' = \frac{R_2R_g}{2R_2+R_g}$$

$$R_3 = \frac{R_2^2}{2R_2 + R_g}$$

$$G_d = 2\frac{R_1}{R_g} + 1 + \frac{R_1}{R_2}$$ ok!