

patrick.lersequie@imono.c - strasbourg.fr

### Table des matières

- 1 Résistances Equivalentes** 3
  - 1.1 Résistances en Série 3
  - 1.2 Résistances en Parallèle 3
  - 1.3 Association de plusieurs résistances 3
- 2 Schémas Diviseur de Tension et Diviseur de Courant** 4
  - 2.1 Résistances en Série 4
  - 2.2 Résistances en Parallèle 4
- 3 Analyse de réseaux linéaires** 5
  - 3.1 Résolution par le théorème de Thevenin 5
  - 3.2 Résolution par quatre méthodes 6
- 4 Circuits linéaires en régime sinusoïdal** 7
  - 4.1 Mesure d'inductance 7
  - 4.2 Modélisation de Norton 7
- 5 Fonctions de transfert et filtres** 8
  - 5.1 Filtre RC passe-haut 8
  - 5.2 Filtre du 2<sup>me</sup> ordre chargé 9
- 6 Diodes** 10
- 7 Amplificateur opérationnel en régime continu** 10
  - 7.1 Montage inverseur 10
  - 7.2 Montage additionneur - convertisseur numérique-analogique 11
  - 7.3 Montage non inverseur 12
  - 7.4 Amplificateur opérationnel parfait 12
  - 7.5 Amplificateur différentiel 13

### Table des figures

- 1 Association de deux résistances en série. 3
- 2 Association de deux résistances en parallèle. 3
- 3 Association de trois résistances en parallèle. 4
- 4 Association de quatre résistances. 4

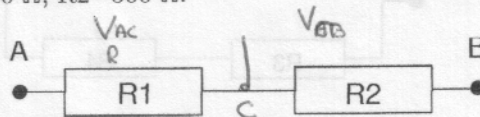
5	Association de cinq résistances. . . . .	4
6	Application schéma diviseur de tension. . . . .	5
7	Application schéma diviseur de courant. . . . .	5
8	Application du théorème de Thevenin (montage 1). . . . .	6
9	Application du théorème de Thevenin (montage 2). . . . .	6
10	Résolution par quatre méthodes (montage 3). . . . .	7
11	Circuit RLC en parallèle. . . . .	8
12	Modélisation de Norton. . . . .	8
13	Filtre passe-haut. . . . .	8
14	Filtre passe-haut et résistance d'entrée. . . . .	8
15	Filtre du 2 <sup>me</sup> ordre chargé. . . . .	9
16	Montage avec diode. . . . .	10
17	Montage inverseur. . . . .	11
18	Montage additionneur-convertisseur. . . . .	11
19	Montage non inverseur. . . . .	12
20	Montage non inverseur avec résistance de charge. . . . .	12
21	Amplificateur parfait et puissance dissipée. . . . .	13
22	Amplificateur différentiel. . . . .	13

# 1 Résistances Equivalentes

## 1.1 Résistances en Série

Quelle est la valeur de la résistance entre les points A et B de la figure 1 ? Montrer que plusieurs résistances en série donnent une résistance équivalente toujours plus grande que, ou égale à, la plus grande des résistances.

Application Numérique :  $R_1=200 \Omega$ ,  $R_2=300 \Omega$ .



$$\begin{aligned} V_{AB} &= V_{AC} + V_{CB} \\ &= R_1 i + R_2 i \\ &= (R_1 + R_2) i \end{aligned}$$

FIG. 1 - Association de deux résistances en série.

## 1.2 Résistances en Parallèle

Quelle est la valeur de la résistance entre les points A et B de la figure 2 ? Montrer que plusieurs résistances en parallèle donnent une résistance équivalente toujours plus petite que, ou égale à, la plus petite des résistances.

Quelle est la résistance équivalente à deux résistances identiques en parallèle ? Que devient la résistance équivalente si  $R_3 < R_4$  ?

Applications Numériques : i)  $R_3=100 \Omega$ ,  $R_4=500 \Omega$  ; ii)  $R_3=500 \Omega$ ,  $R_4=500 \Omega$  ; iii)  $R_3=100 \Omega$ ,  $R_4=10 \Omega$ .

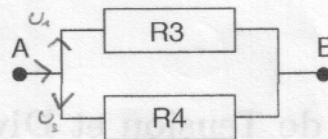


FIG. 2 - Association de deux résistances en parallèle.

## 1.3 Association de plusieurs résistances

Quelle est la valeur de la résistance entre les points A et B pour les figures 3, 4, et 5 ?

Applications Numériques :

- Figure 3 :  $R_1=100 \Omega$ ,  $R_2=200 \Omega$ ,  $R_3=500 \Omega$  ;
- Figure 4 :  $R_1=100 \Omega$ ,  $R_2=300 \Omega$ ,  $R_3=100 \Omega$ ,  $R_4=500 \Omega$  ;
- Figure 5 :  $R_1=6 \Omega$ ,  $R_2=10 \Omega$ ,  $R_3=10 \Omega$ ,  $R_4=3 \Omega$ ,  $R_5=6 \Omega$ .

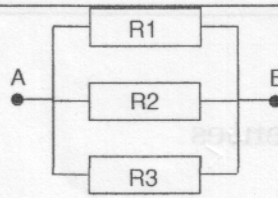


FIG. 3 - Association de trois résistances en parallèle.

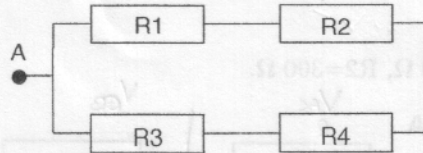


FIG. 4 - Association de quatre résistances.

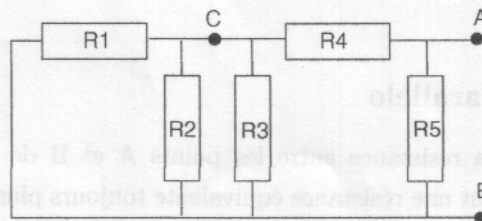


FIG. 5 - Association de cinq résistances.

## 2 Schémas Diviseur de Tension et Diviseur de Courant

### 2.1 Résistances en Série

Quelle est la résistance équivalente  $R_{AE}$  de la figure 6 ? Quelle est la tension  $V_{AE}$  ? En déduire le courant  $I$  puis déterminer les tensions  $V_{AB}$ ,  $V_{BC}$ ,  $V_{CD}$  et  $V_{DE}$ .

Application Numérique :  $V=10\text{ V}$ ,  $R_1=100\ \Omega$ ,  $R_2=100\ \Omega$ ,  $R_3=300\ \Omega$ ,  $R_4=500\ \Omega$ .

### 2.2 Résistances en Parallèle

Déterminer les courants  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  et  $I$  de la figure 7.

Application Numérique :  $V=10\text{ V}$ ,  $R_1=100\ \Omega$ ,  $R_2=100\ \Omega$ ,  $R_3=330\ \Omega$ ,  $R_4=500\ \Omega$ .

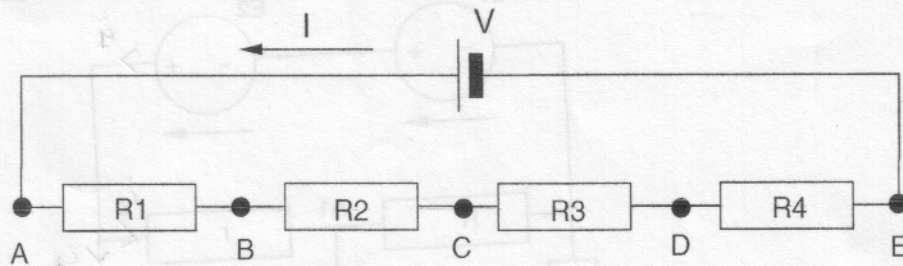


FIG. 6 – Application schéma diviseur de tension.

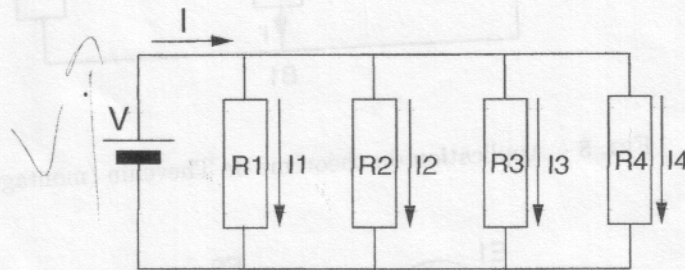


FIG. 7 – Application schéma diviseur de courant.

### 3 Analyse de réseaux linéaires

#### 3.1 Résolution par le théorème de Thevenin

On dispose de deux générateurs de tension de f.é.m  $E_1$  et  $E_2$ , de résistances internes négligeables, de deux résistances  $r$  et de trois résistances  $R$ . Avec ces éléments, on réalise successivement les deux montages correspondant aux figures 8 et 9.

Utiliser le théorème de Thevenin pour déterminer littéralement puis numériquement :

- a) 1. le courant  $i'$  circulant dans  $R$  entre  $A_1$  et  $B_1$  pour le montage de la figure 8 ;
- b) 2. le courant  $i''$  circulant dans  $R$  entre  $A_2$  et  $B_2$  pour le montage de la figure 9.

Application Numérique :  $E_1=6\text{ V}$ ,  $E_2=4\text{ V}$ ,  $R=8\ \Omega$ ,  $r=4\ \Omega$ .

On fixe les résistances  $r$  et on fait varier  $R$ . Pour quelles valeurs de  $R$  :

- le courant  $i'$  est-il maximum ?
- la tension  $V_2$  entre  $A_2$  et  $B_2$  est-elle maximale ?

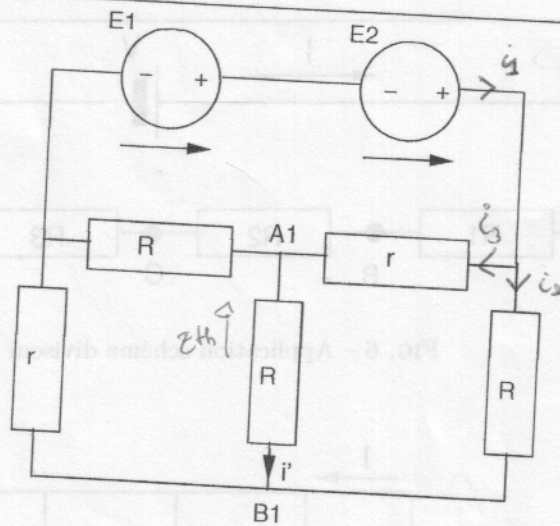


FIG. 8 - Application du théorème de Thevenin (montage 1).

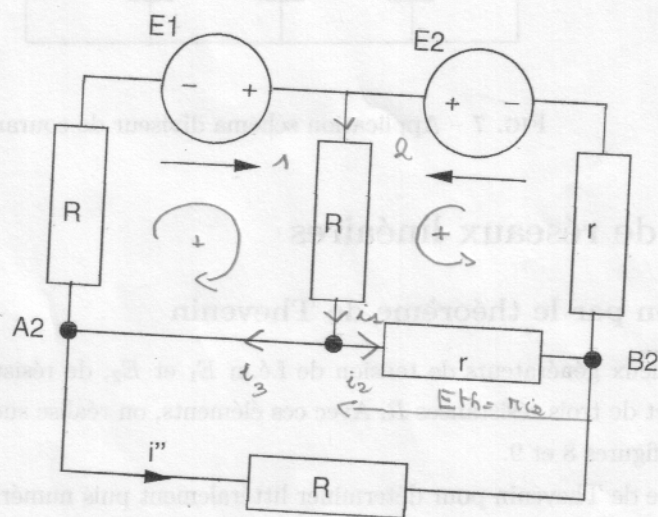


FIG. 9 - Application du théorème de Thevenin (montage 2).

### 3.2 Résolution par quatre méthodes

On considère le réseau en régime permanent représenté par la figure 10 (montage 3) avec  $E_1=8\text{ V}$ ,  $E_2=4\text{ V}$ ,  $r_1=r_2=1\ \Omega$ ,  $R_1=R_2=5\ \Omega$  et  $R=2\ \Omega$ .

Déterminer littéralement puis numériquement l'intensité  $I$  du courant circulant dans la résistance  $R$ , par

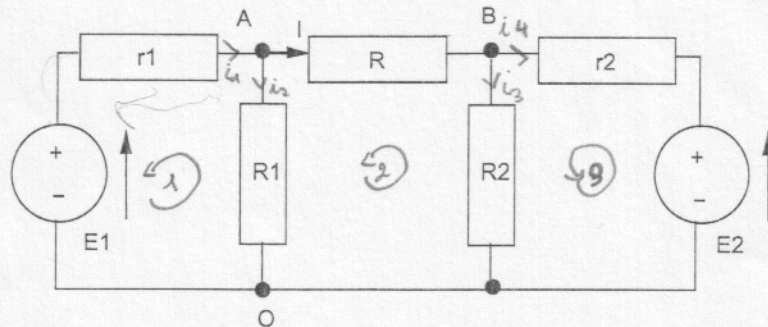


FIG. 10 – Résolution par quatre méthodes (montage 3).

les quatre méthodes d'analyse suivantes : *i*) Equations de Kirchhoff; *ii*) Théorème de superposition; *iii*) Théorème de Thevenin; *iv*) Théorème de Norton.

## 4 Circuits linéaires en régime sinusoïdal

### 4.1 Mesure d'inductance

Pour mesurer l'inductance  $L$  d'une bobine de résistance négligeable, on réalise le circuit RLC parallèle de la figure 11 alimenté par un générateur de tension de f.é.m  $e = E\sqrt{2}\cos\omega t$  avec  $E = 10$  V. On donne  $R=500\ \Omega$  et on fixe la pulsation à la valeur  $\omega=1000$  rd/s.

En faisant varier la capacité  $C$ , on constate que le courant  $i$  débité par le générateur a même valeur efficace pour deux valeurs de la capacité :  $C_1=3.2\ \mu\text{F}$  et  $C_2=6.8\ \mu\text{F}$ . En déduire :

1. l'inductance  $L$  de la bobine;
2. la valeur de  $C_0$  de la capacité qui correspond à un courant  $i$  minimum;
3. les intensités efficaces correspondant aux capacités  $C_0$ ,  $C_1$  et  $C_2$ .

### 4.2 Modélisation de Norton

On considère le montage donné par la figure 12 réalisé avec les éléments précédents.

1. Représenter le circuit de Norton équivalent au dipôle AB contenant le générateur. En déduire l'intensité efficace et le déphasage du courant  $I_R$  dans la résistance  $R$ ;
2. Pour quelle pulsation  $\omega_0$  le courant  $I_R$  est-il indépendant de  $R$ ? Que remarque-t'on dans ce cas?

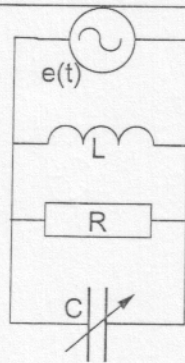


FIG. 11 - Circuit RLC en parallèle.

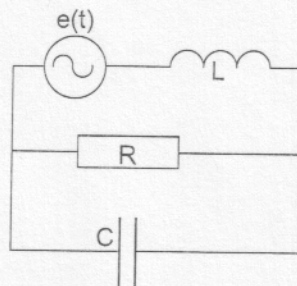


FIG. 12 - Modélisation de Norton.

## 5 Fonctions de transfert et filtres

### 5.1 Filtre RC passe-haut

On considère le système électrique RC représenté sur la figure 13. La tension d'entrée  $V_e(t)$  est sinusoïdale, de pulsation variable  $\omega$ .

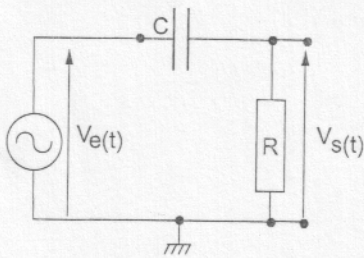


FIG. 13 - Filtre passe-haut.

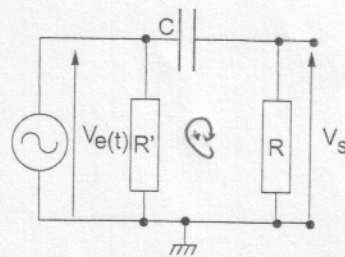


FIG. 14 - Filtre passe-haut et résistance d'entrée.



**Fonction de transfert** Déterminer la fonction de transfert  $H(j\omega) = V_s/V_e$  où  $V_s$  est la tension de sortie aux bornes de la résistance  $R$ . On posera  $\omega_0 = 1/RC$ .

#### Représentation graphique de la fonction de transfert

1. Représenter les diagrammes d'amplitude  $G(\omega)$  et de phase  $\phi(\omega)$  de la fonction de transfert  $H(j\omega)$ ;
2. Tracer le diagramme  $G_{(dB)} = f(\log_{10} x)$  avec  $x = \omega/\omega_0$  où le gain  $G$  est exprimé en décibels.

#### Fréquence de coupure

1. Déterminer la fréquence de coupure de ce filtre. Application numérique :  $R=5 \Omega$  et  $C=40 \mu F$ .
2. On fixe la capacité à la valeur  $C=40 \mu F$  et on fait varier  $R$ . Pour quelle valeur de  $R$  la tension de sortie est-elle affaiblie de 10-dB par rapport à la tension d'entrée de fréquence  $f=500 \text{ Hz}$  ?

**Utilisation d'une résistance pure  $R'$**  On branche une résistance pure  $R'$  aux bornes du générateur de tension idéale, comme illustré par la figure 14.

1. Montrer que la fonction de transfert reste inchangée;
2. Calculer l'impédance d'entrée  $Z_e$  complexe de ce filtre dont la sortie est branchée sur le circuit grille d'un tube amplificateur d'impédance infinie. Tracer le graphe du module de  $Z_e$  en fonction de  $\omega$ .

## 5.2 Filtre du 2<sup>me</sup> ordre chargé

Un générateur BF de résistance négligeable qui délivre la tension  $u_1 = U_1 \cos \omega t$ , alimente un réseau constitué de deux capacités  $C$  identiques et d'une résistance  $R$  disposées comme l'indique la figure 15. On donne  $R=30 \text{ k}\Omega$  et  $C=10 \text{ nF}$ . A la sortie de ce réseau, on branche une impédance de charge  $Z_C$ .

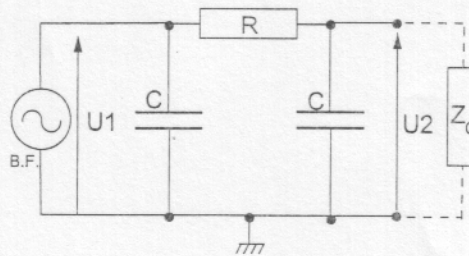


FIG. 15 – Filtre du 2<sup>me</sup> ordre chargé.

Calculer la fréquence de coupure à -3dB du filtre ainsi constitué

1. Si l'impédance de charge  $Z_C$  est infinie;
2. Si l'impédance de charge  $Z_C=R$ .

L'impédance de charge est réglé sur la valeur  $Z_C=R$

1. Déterminer l'impédance d'entrée complexe  $Z_e$  de ce filtre en fonction de  $\omega$ ;
2. Montrer que pour la pulsation de coupure, ce filtre est équivalent à un dipôle série  $(R_1, C_1)$  dont on calculera la résistance  $R_1$  et la capacité  $C_1$ .

On suppose encore  $Z_C=R$ . Le générateur étant réglé sur la fréquence de coupure, calculer en fonction de  $U_1$  et  $R$  :

1. la puissance moyenne  $P_1$  fournie par le générateur B.F. au filtre;
2. la puissance moyenne  $P_2$  recueillie sur l'impédance de charge.

## 6 Diodes

Dans le montage de la figure 16, la tension de seuil de la diode  $D$  est égale à  $0.7\text{ V}$  et sa résistance interne est négligeable. Les valeurs des résistances sont  $R_1=10\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=33\text{ k}\Omega$  et  $R_3=22\text{ k}\Omega$ . La tension  $E=12\text{ V}$ . Calculer les tensions  $U_{CM}$  et  $U_{BM}$ .

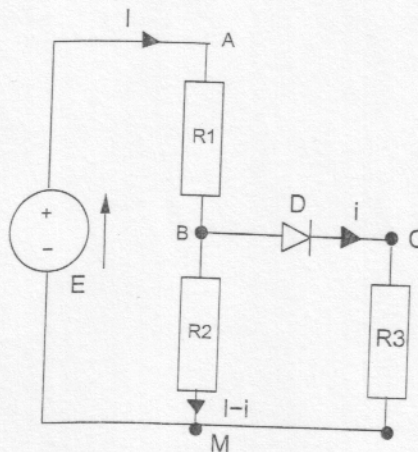


FIG. 16 - Montage avec diode.

## 7 Amplificateur opérationnel en régime continu

### 7.1 Montage inverseur

Dans le montage inverseur représenté sur la figure 17, le signal d'entrée est appliqué à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel à travers  $R_1$  et la borne de sortie est reliée par une résistance de contre-

### 7.3 Montage non inverseur

Dans le montage non inverseur représenté sur la figure 19, le signal d'entrée est appliqué sur l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel. L'entrée inverseuse est connectée à la sortie via  $R_2$  et à la masse via  $R_1$ .

Déterminer le gain  $V_2/V_1$  :

1. dans le cas du montage représenté figure 19 ;
2. dans le cas du montage représenté figure 20 avec  $R_1=2\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=7\text{ k}\Omega$ ,  $R_3=10\text{ k}\Omega$ ,  $R_4=5\text{ k}\Omega$ .

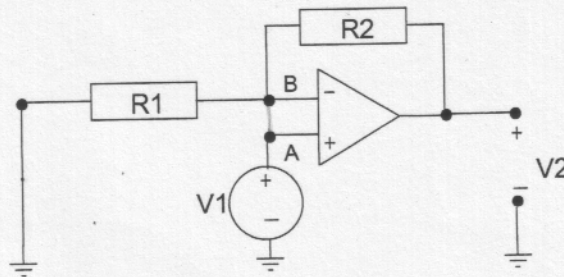


FIG. 19 - Montage non inverseur.

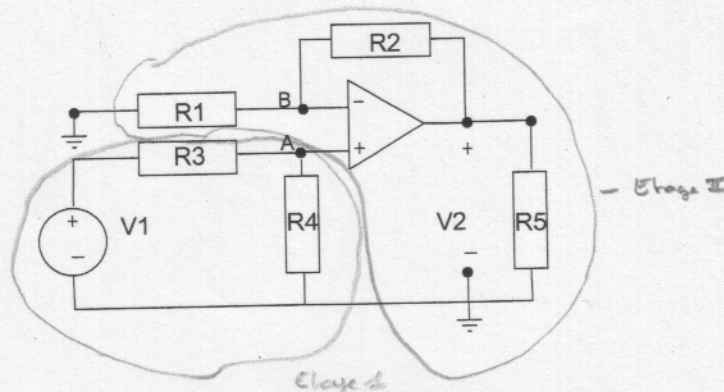


FIG. 20 - Montage non inverseur avec résistance de charge.

### 7.4 Amplificateur opérationnel parfait

Le montage de la figure 21 correspond à un amplificateur opérationnel parfait et non saturé. La tension d'entrée  $v_1$  est égale à 0.5 V. On a  $R_1=5\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=10\text{ k}\Omega$ ,  $R_3=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_4=2\text{ k}\Omega$  et  $R_5=8\text{ k}\Omega$ .

1. Déterminer le gain  $V_2/V_1$ , la résistance d'entrée  $V_1/I_1$  ainsi que les courants  $I_1$  et  $I_2$ .

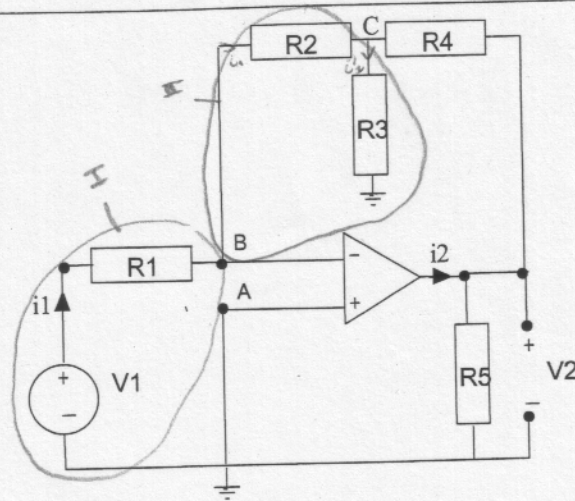


FIG. 21 – Amplificateur parfait et puissance dissipée.

2. Déterminer la puissance  $P_1$  fournie par le générateur ;
3. Déterminer la puissance  $P_2$  dissipée par les résistances.

### 7.5 Amplificateur différentiel

Lorsqu'une source de tension n'est pas reliée à la masse, elle devient une source flottante. Le montage de la figure 22 assure l'amplification d'un tel signal. Dans ce cas, les deux bornes d'entrée de l'amplificateur opérationnel sont au même potentiel.

Exprimer  $V_f$  en fonction de  $V_1$  et de  $V_2$ .

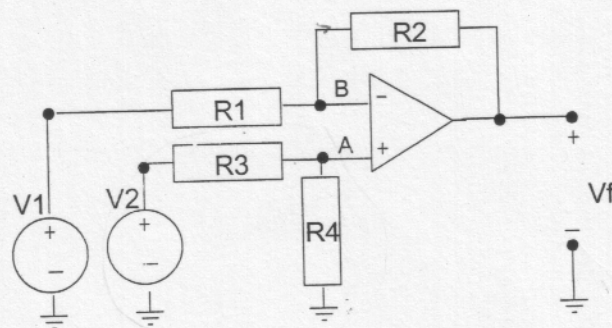


FIG. 22 – Amplificateur différentiel.

$$V_1 = V_2$$

$$V_2 = \frac{R_2 + R_4}{R_1} V_1$$

$$V_2 = \frac{R_2 + R_4}{R_1} V_1$$