

Formules R_l résistance de la ligne en ohms [Ω] ρ résistivité en ohms millimètres carrés
par mètre [$\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$] l longueur de la ligne en mètres [m] A section du conducteur en millimètres carrés [mm^2] ΔU chute de tension dans la ligne en volts [V] I intensité du courant en ampères [A] U_1 tension au départ de la ligne en volts [V] U_2 tension aux bornes du récepteur en volts [V] $\Delta U_{\%}$ chute de tension dans la ligne en %
de la tension de départ

$$R_l = \frac{2 \cdot \rho \cdot l}{A}$$

$$\Delta U = R_l \cdot I$$

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

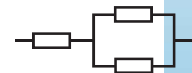
$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_1}$$

Remarques

La mesure de la chute de tension ΔU n'est pratiquement pas possible.

Par contre, en mesurant U_1 et U_2 on peut trouver ΔU .

Dans les installations électriques à basse tension, il faudra toujours s'assurer qu'en cas de court-circuit en bout de ligne, le courant de court-circuit fasse déclencher le coupe-surintensité dans les 5 secondes (appareils fixés à demeure) ou 0,4 seconde pour les appareils transportables. En règle générale, la chute de tension ne dépasse pas 4% de la tension au départ de la ligne.



Exemple 1

Un radiateur marqué 230 V et 5,5 A est raccordé à l'extrémité d'une ligne en cuivre de 1,5 mm² et longue de 30 m.

Déterminer :

- la tension aux bornes du radiateur, si la tension en début de ligne est de 230 V ;
- la chute de tension en % de la tension nominale.

a) Résistance du radiateur :

$$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{230}{5,5} = 41,8 \, \Omega$$

Résistance de la ligne :

$$R_l = \frac{2 \cdot \rho \cdot l}{A} = \frac{2 \cdot 0,0175 \cdot 30}{1,5} = 0,7 \, \Omega$$

Résistance du circuit : $R = R_l + R_1 = 0,7 + 41,8 = 42,5 \, \Omega$

Intensité du courant dans la ligne :

$$I = \frac{U_1}{R} = \frac{230}{42,5} = 5,41 \, \text{A}$$

Chute de tension en ligne : $\Delta U = R_l \cdot I = 0,7 \cdot 5,41 = 3,79 \, \text{V}$

Tension aux bornes du radiateur :

$$U_2 = U_1 - \Delta U = 230 - 3,79 = \mathbf{226 \, \text{V}}$$

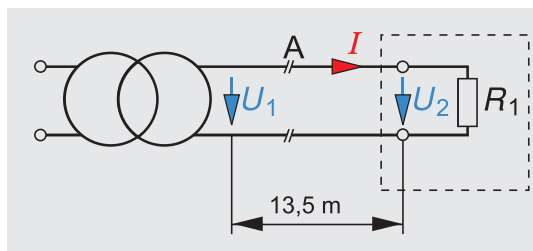
b) Chute de tension en % de U_1 :

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_1} = \frac{3,79 \cdot 100}{230} = \mathbf{1,65 \, \%}$$

Exemple 2

Dans un local mouillé, on doit raccorder sous une très basse tension de sécurité de 36 V, un corps de chauffe de $1,62 \, \Omega$ de résistance.

Calculer la section nécessaire d'une ligne en cuivre longue de 13,5 m, si la chute de tension ne doit pas dépasser 3% de 36 V. Calculer également la tension de départ.



Chute de tension admissible :

$$3\% \text{ de } 36 \text{ V} \Rightarrow \Delta U_{\%} = \frac{3 \cdot 36}{100} = 1,08 \text{ V}$$

Intensité du courant dans le circuit :

$$I = \frac{U_2}{R_1} = \frac{36}{1,62} = 22,2 \text{ A}$$

Résistance de la ligne :

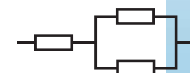
$$R_l = \frac{\Delta U}{I} = \frac{1,08}{22,2} = 0,0486 \, \Omega$$

Section du conducteur :

$$A = \frac{2 \cdot \rho \cdot l}{R_l} = \frac{2 \cdot 0,0175 \cdot 13,5}{0,0486} = 9,72 \text{ mm}^2$$

Section commerciale : **10 mm²**

Tension au départ : $U_1 = U_2 + \Delta U = 36 + 1,08 = 37,1 \text{ V}$

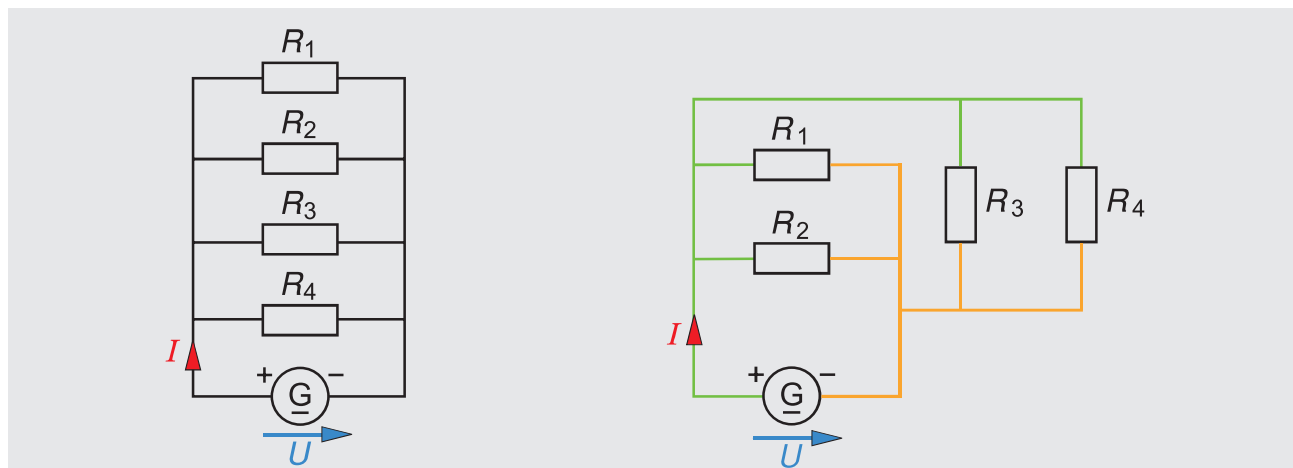


3.3.5 Couplage parallèle

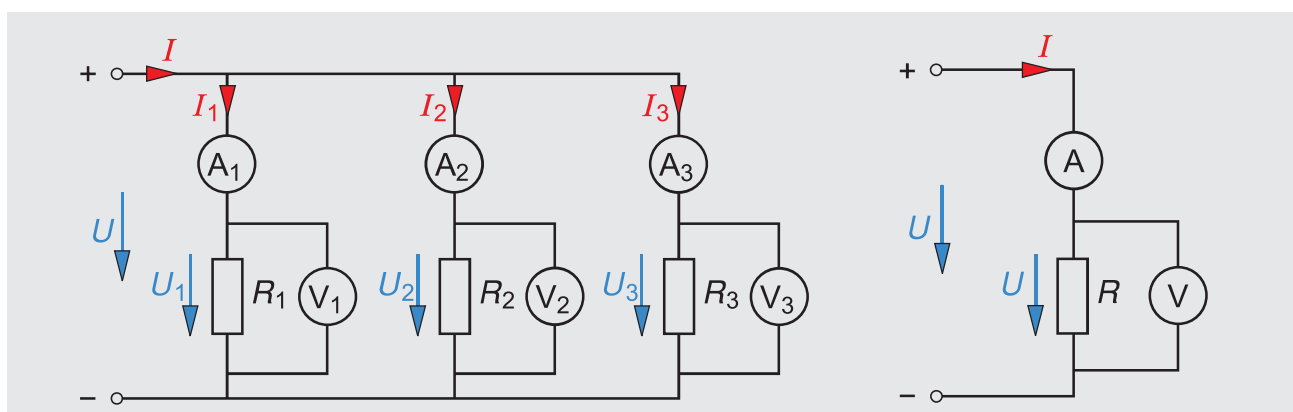
Des résistances sont montées en parallèle lorsqu'elles sont toutes alimentées sous la même tension.

L'emplacement des unes par rapport aux autres n'est pas déterminant.

Exemples de couplage parallèle



Ces deux schémas sont équivalents. Dans chaque cas les résistances sont alimentées sous la même tension. Elles sont raccordées en parallèle.



Les 3 voltmètres indiquent la même valeur de tension. Cette tension est commune, donc partout la même.

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

La résistance équivalente est celle qui, sous la tension U , est parcourue par le courant I .

$$R = \frac{U}{I}$$

Loi de Kirchhoff (Loi des nœuds)

Chacune des résistances est parcourue par une partie du courant total I .

La somme des courants qui arrivent en un point commun est égale à la somme des courants qui en repartent.

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

Selon la loi d'Ohm :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3} \quad I = \frac{U}{R}$$

En remplaçant et en simplifiant, on trouve :

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R}$$

La somme des inverses des résistances partielles d'un circuit parallèle est égale à l'inverse de la résistance équivalente.

Formule

U tension en volts [V]

I intensité du courant en ampères [A]

R résistance en ohms [Ω]

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

Pour deux résistances seulement, la formule se simplifie :

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Plusieurs résistances d'égale valeur montées en parallèle

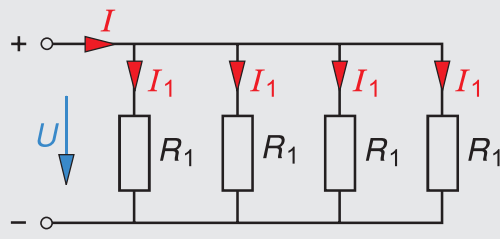
Lorsque les résistances sont toutes identiques, les formules se simplifient.

Formules

R résistance en ohms [Ω]

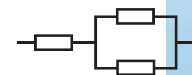
n nombre de résistances partielles

I intensité du courant en ampères [A]



$$R = \frac{R_1}{n}$$

$$I = I_1 \cdot n$$



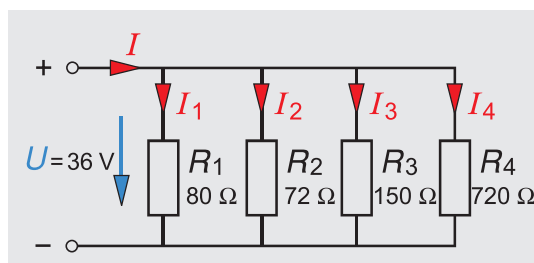
Remarque

La résistance équivalente de deux ou plusieurs résistances montées en parallèle est toujours plus petite que la plus petite des résistances partielles.

Exemple 1

Calculer pour le circuit donné :

- la résistance équivalente ;
- les intensités des courants partiels ;
- l'intensité du courant total.



- Résistance équivalente :

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{80} + \frac{1}{72} + \frac{1}{150} + \frac{1}{720}} = 29 \, \Omega$$

- Intensité des courants partiels :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{36}{80} = 0,45 \, \text{A} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{36}{72} = 0,5 \, \text{A}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{36}{150} = 0,24 \, \text{A} \quad I_4 = \frac{U}{R_4} = \frac{36}{720} = 0,05 \, \text{A}$$

- intensité du courant total :

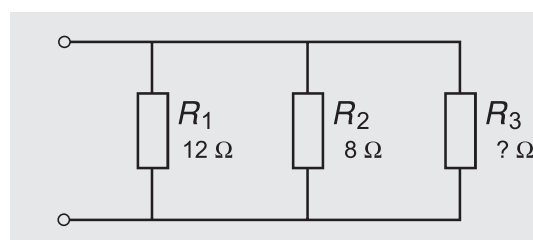
$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0,45 + 0,5 + 0,24 + 0,05 = 1,24 \, \text{A}$$

Exemple 2

On désire obtenir une résistance équivalente de 4 Ω. Quelle résistance R_3 faut-il choisir ?

Résistance partielle R_3 :

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{12} - \frac{1}{8}} = 24 \, \Omega$$



Exemple 3

On dispose de 4 résistances identiques de 120 Ω chacune. Calculer la résistance équivalente de 2 puis 3 et 4 résistances en parallèle.

Deux résistances en parallèle : $R = \frac{R_1}{n} = \frac{120}{2} = 60 \, \Omega$

Trois résistances en parallèle : $R = \frac{R_1}{n} = \frac{120}{3} = 40 \, \Omega$

Quatre résistances en parallèle : $R = \frac{R_1}{n} = \frac{120}{4} = 30 \, \Omega$

Analyse des potentiels dans un circuit purement parallèle

Dans un circuit purement parallèle, les récepteurs étant tous connectés entre les bornes plus et moins de l'alimentation, les tensions mesurées à leurs bornes sont toutes identiques.

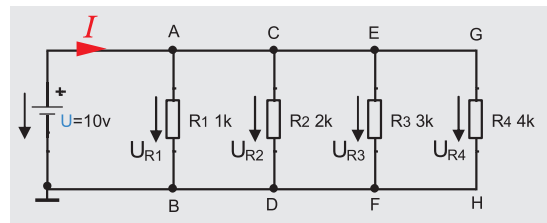
Si on regarde les potentiels sur le circuit ci-dessus :

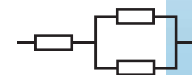
$$U_A = U_C = U_E = U_G = 10 \text{ V}$$

$$U_B = U_D = U_F = U_H = 0 \text{ V}$$

Quant aux tensions :

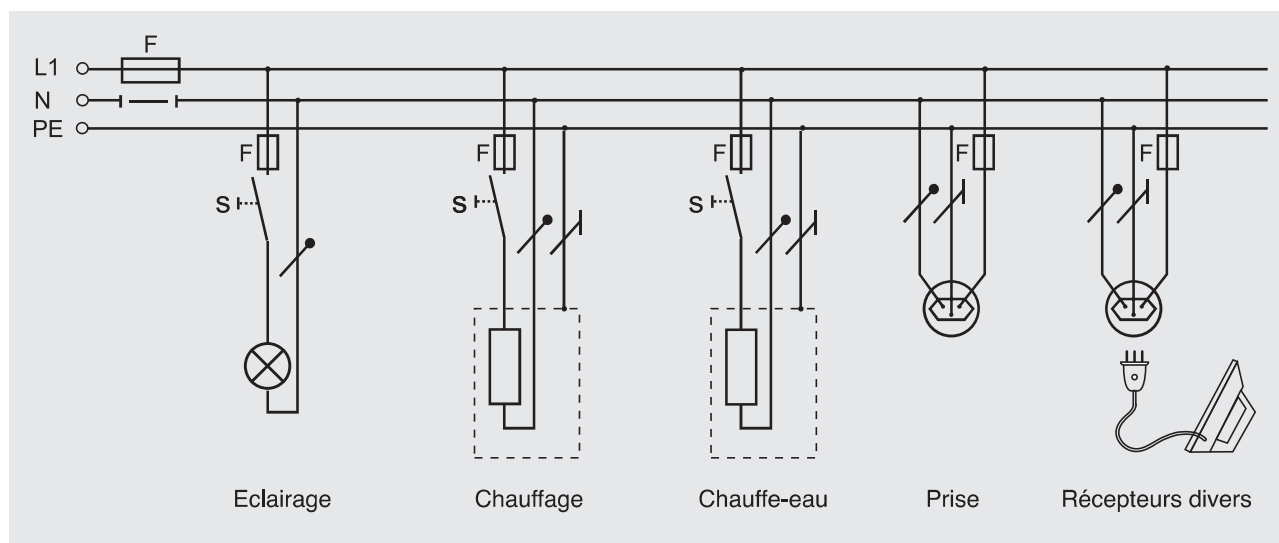
$$U = U_{AB} = U_{R1} = U_{CD} = U_{R2} = U_{EF} = U_{R3} = U_{GH} = U_{R4} = 10 - 0 = 10 \text{ V}$$





3.3.6 Applications

1) Raccordement des récepteurs sur le réseau



Sur le réseau, les récepteurs sont raccordés en parallèle. Ils sont construits pour une tension normalisée de 230 V. Il est possible de les enclencher ou les déclencher indépendamment les uns des autres.

Le conducteur de protection PE ne participe pas au circuit. Son rôle est de relier les enveloppes métalliques des récepteurs à la terre.

Ce système de protection est appelé mise au neutre selon le système TN-S.

Exemple

On enclenche simultanément sur le réseau 230 V :

- une lampe de 705 Ω ;
- un radiateur de 44 Ω ;
- un fer à repasser de 66 Ω .

Calculer :

- a) l'intensité du courant dans le radiateur ;
- b) l'intensité du courant dans la ligne.

a) Intensité du courant dans le radiateur :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{230}{44} = 5,23 \text{ A}$$

b) Intensité du courant dans la lampe :

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{230}{705} = 0,326 \text{ A}$$

Intensité du courant dans le fer à repasser :

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{230}{66} = 3,48 \text{ A}$$

Intensité du courant dans la ligne :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 5,23 + 0,326 + 3,48 = 9,04 \text{ A}$$

2) Augmentation de l'étendue de mesure d'un ampèremètre

Un ampèremètre à cadre mobile est constitué par une bobine en fil très fin qui ne peut être parcouru que par des courants très petits, de quelques milliampères.

Si l'on désire augmenter l'étendue de mesure, il faut insérer en parallèle des résistances appelées shunts.

Exemple

L'aiguille de cet ampèremètre dévie complètement lorsque le courant dans la bobine est de 2,5 mA.

La résistance de la bobine mobile est de 100 Ω .

Calculer la valeur des shunts qui permettent les étendues de mesure:

a) 0 - 60 mA; b) 0 - 300 mA; c) 0 - 1,5 A.

a) Calibre 0 - 60 mA

Intensité du courant dans le shunt :

$$I_{s1} = I - I_i = 60 - 2,5 = 57,5 \text{ mA}$$

Tension aux bornes de la bobine :

$$U = R_i \cdot I_i = 100 \cdot 0,0025 = 0,25 \text{ V}$$

$$\text{Résistance shunt: } R_{s1} = \frac{U}{I_{s1}} = \frac{0,25}{0,0575} = \mathbf{4,35 \Omega}$$

b) Calibre 0 - 300 mA

Intensité du courant dans le shunt :

$$I_{s2} = I - I_i = 300 - 2,5 = 297,5 \text{ mA}$$

Tension aux bornes de la bobine :

$$U = R_i \cdot I_i = 100 \cdot 0,0025 = 0,25 \text{ V}$$

$$\text{Résistance shunt: } R_{s2} = \frac{U}{I_{s2}} = \frac{0,25}{0,2975} = \mathbf{0,84 \Omega}$$

c) Calibre 0 - 1500 mA

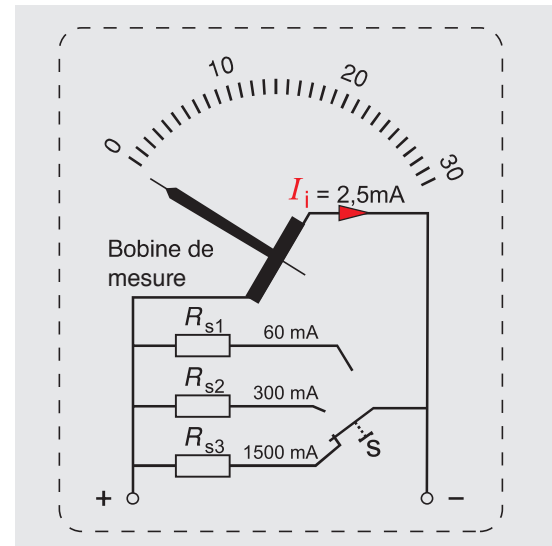
Intensité du courant dans le shunt :

$$I_{s3} = I - I_i = 1500 - 2,5 = 1497,5 \text{ mA}$$

Tension aux bornes de la bobine :

$$U = R_i \cdot I_i = 100 \cdot 0,0025 = 0,25 \text{ V}$$

$$\text{Résistance shunt: } R_{s3} = \frac{U}{I_{s3}} = \frac{0,25}{1,4975} = \mathbf{0,167 \Omega}$$



R_{s1} à $s3$: résistances shunts