الفصل السادس: الكهرباء المتحركة
Electrocinétique

1. مقدمة:

تهتم الكهرباء المتحركة بدراسة الشحنات الكهربائية في حالة الحركة في أوساط مادية أي في النواقل المرتبطة مع بعضها و هذا يؤدي إلى إدخال مفهوم الدارات و الشبكات الكهربائية التي سنتطرق إلى تعريفها لاحقا.

2. التيار الكهربائي: *courant électrique*

1.2 مفهوم التيار الكهربائي:

التيار الكهربائي هو سريان (انتقال) منتظم لمجموعة من الشحن الكهربائية (أيونات، الكترونات....).قد يحدث هذا الانتقال في الفراغ (حزمة الكترونات في أنبوب مهبطي..) أو في المادة الناقلة (الالكترونات في المعادن أو الشوارد المحاليل المائية...).

- حتى يسري تيار الكهربائي عبر ناقل يجب أن يوجد فرق في الكمون بين طرفيه.
- يصطلح أن اتجاه سريان التيار هو جهة سريان الشحن الموجبة (عكس حركة الشحن السالبة) أي في اتجاه شعاع الحقل الكهربائي و هذا يعني في الجهة المتناقصة للكمونات.

2.2 شدة التيار الكهربائي: *Intensité du courant électrique*

هي كمية الشحن الكهربائية التي تعبر الناقل خلال وحدة الزمن:

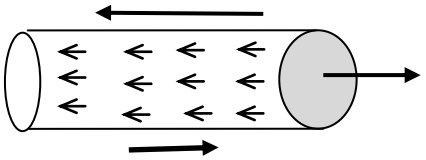
$$I = \frac{dq}{dt}$$

وحدتها في النظام الدولي الأمبير: A و هو شدة تيار كهربائي الموافق لمرور 1 كولومب عبر مقطع من الناقل خلال ثانية واحدة.

3.2 كثافة التيار: *Densité du courant*

هي كمية الشحن الكهربائية التي تعبر مقطع S من الناقل خلال وحدة الزمن

نعتبر ناقلا مقطعه dS ليكن n عدد الشحنات q المتحركة و المحصورة داخل واحدة الحجم و تتحرك $\vec{v}$ بسرعة ثابتة.



تتقدم الشحنات خلال المدة dt الوجيزة بمسافة $d\vec{l} = \vec{v}.dt$

خلال نفس المدة ، الشحنة المحصورة داخل حجم عنصري من الناقل هي إذن: $dQ = n.q.dV$

و بما أن: $dV = d\vec{l}.d\vec{S}$

فإن: $dQ = n.q.\vec{v}.dt.d\vec{S}$

فكثافة التيار الكهربائي هي المقدار ألشعاعي $\vec{J}$ المساوي للشحنة المارة خلال واحدة الزمن عبر واحدة السطح: $\boxed{\vec{J} = n.q.\vec{v}}$ ومن ثمة فإن: $dQ = \vec{J}.dt.dS$

في حالة بلورة متكون من شوارد ساكنة و الكترونات حرة متحركة فإن:

$$\boxed{\vec{J} = -n.e.\vec{v}}$$

نلاحظ أن شعاع كثافة التيار يعاكس اتجاهه الحركة الحقيقية للالكترونات، أي أن اتجاه التيار هو اتجاه الشعاع $\vec{J}$.

إذا كان $\vec{S}$ يمثل شعاع السطح للمقطع العرضي للناقل، و المنطبق على الشعاع فإن شدة التيار الكهربائي هي المقدار السلمي:

$$I = \frac{dQ}{dt} = \int_S \vec{J}.d\vec{S}$$

$$\vec{I} = \vec{J}.\vec{S} \qquad \Rightarrow \qquad \boxed{I = n.q.v.S}$$

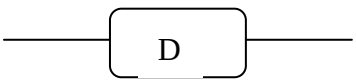
نعبر عن وحدة كثافة التيار الكهربائي بـ: الأمبير/المتر المربع (A/m^2)

3. <u>الشبكات و الدارات</u>: *Réseaux et circuits*

كل التطبيقات في الكهرباء تستغل السهولة التي يتم بها تحويل الطاقة الكهربائية من منبع كهربائي إلى جهاز مهما كان(مكواة، مصباح، جهاز التليفون...) هذا التحويل يتم بواسطة **دارة كهربائية** تصل المنبع(المنابع الكهربائية متعددة: الأعمدة، البطاريات، الخلايا الشمسية، المولدات...) بالجهاز، و تسمح بانتقال الالكترونات. تتكون الدارة الكهربائية من مجموعة عناصر لها قطبان على الأقل يسود بينها فرق في الكمون،تسمى **ثنائيات القطب** موصلة بينها بأسلاك ناقلة تشكل بنية مغلقة.

3-1 <u>ثنائيات القطب</u>: *Dipôles*

هو جزء من الدارة الكهربائية محصورة بنقطتين يدخل التيار من احدهما ويخرج من الثانية.



A و B طرفي ثنائي القطب D الذي يعبره تيار كهربائي ***I*** من ***A*** إلى ***B***. بين اللحظة ***t*** و ***t+dt*** شحنة (***dq=I.dt***) تدخل عبر المقطع ***AB*** من ***A*** و نفس الشحنة تخرج من ***B***.

- الشحنة الداخلة توفر طاقة كامنة: $V_A.dq$
- الشحنة الخارجة تأخذ طاقة كامنة: $V_B.dq$

المحصلة الطاقوية الموفرة للمقطع ***AB*** هي : $dW = (V_A - V_B).I.dt$

إذا كان:

- $V_A > V_B$ فإن: $dW > 0$ نقول أن ثنائي القطب عبارة عن مستقبل (***Récepteur***) يحوّل الطاقة الكهربائية الموفرّة إلى طاقة ميكانيكية، حرارية، شعاعية...
- $V_A < V_B$ فإن: $dW < 0$ ثنائي القطب عبارة عن مولد يوفر لبقية الدارة الكهربائية التي طاقة كهربائية التي ينتجها من تحويل طاقة ميكانيكية، حرارية، اشعاعية...

و منه نميز نوعين من ثنائيات القطب:

3 ‡ ‡ ثنائيات القطب الخاملة:***Dipôles passifs***

وهي تلك المستهلكة للطاقة.

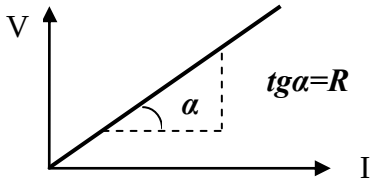
إن السهولة التي تتدفق بها الشحنات بين قطبين تتعلق بالطريقة التي يربط بها القطبين. إذا وصّلناهما بسلك توصيل، فإن الشحنات لا تواجه أي صعوبات تذكر للانتقال، أما إذا وصلناهما بعازل، فإن كل انتقال للشحنات يصبح صعبا جدا، إن لم يكن مستحيلا. هذه الخاصية التي تميز المادة، بالسماح أو بمنع الشحنات الكهربائية من المرور، تسمى بـ**مقاومة** المادة و تمثل المعارضة التي تتلقها للالكترونات عند عبورها الناقل نتيجة اصطدامه ا مع بعضها البعض و مع ذرات و أيونات الوسط. تكون مقاومة المعادن ضعيفة، فإن مقاومة العوازل كبيرة جدا ولا متناهية.

بالنسبة لناقل أومي، تحت درجة حرارة ثابتة، فإن النسبة بين فرق الكمون بين طرفيه، وشدة التيار الكهربائي الذي يجتازه، ثابتة و تساوي مقاومة الناقل:

$$R = \frac{V}{I} = Cte$$

و هو ما يعرف **بقانون أوم**

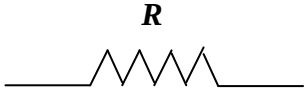
تتميز خاصية فرق الكمون– تيار للمقاومة بأنها خطية و متناظرة تمر من المبدأ و ميل المنحى يعطي قيمة المقاومة.

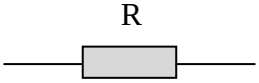


من أجل سلك ناقل ذو مقطع ***S*** و طول ***l*** فالمقاومة ***R*** تعطى: $R = \rho \frac{l}{S}$

ρ : المقاومية وحدتها : m.Ω

نمثل الناقل الأومي (المقاومة) بأحد الرسمين:

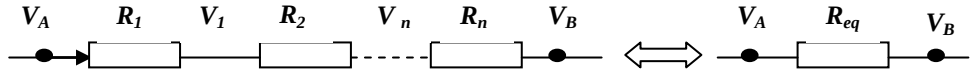




- **ربط المقاومات:**

- **الربط على التسلسل: *groupement en série***

كل المقاومات يعبرها نفس التيار I . التوتر $U_{AB} = U$ يساوي مجموع التوترات بين طرفي كل مقاومة.



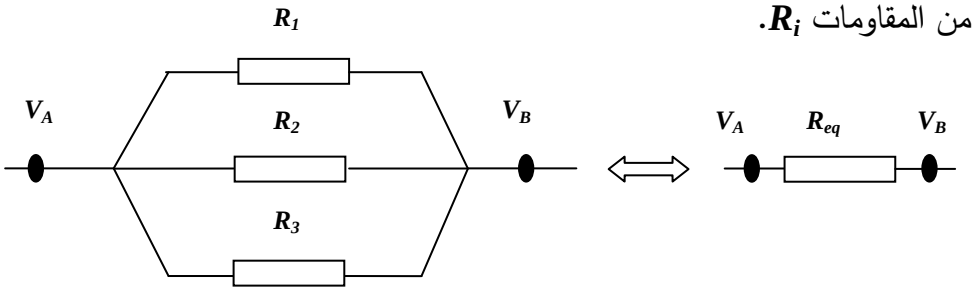
$$V = V_1 + V_2 + ...V_n = R_{eq}.I$$
$$V = R_1.I + R_2.I + ...R_n.I = R_{eq}.I$$

ومنه المقاومة المكافئة لمجموع مقاومات مربوطة على تسلسل:

$$\boxed{R_{eq} = \sum_{i=1}^{n} R_i}$$

- **الربط على التفرع: *groupement en parallèle***

يتميز الربط هنا بكون كل ثنائيات القطب أطرفها مشتركة مثنى مثنى، فالتوتر هو نفسه بين طرفي أي من المقاومات R_i.



التيار الكهربائي يتفرع على المقاومات حيث:

$$I = I_1 + I_2 + ...I_n$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + ... + \frac{V}{R_n} \quad \Rightarrow \quad \frac{V}{R_{eq}} = \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}\right].V$$

و منه المقاومة المكافئة لمقاومات مربوطة على التفرع (أو التوازي):

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}$$

$$\boxed{\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}}$$

- **ثنائيات القطب النشيطة: *dipôles actifs***

تولد (تنتج) تيارا كهربائيا و منه تسميتها بالمولدات. يجب على المولد بذل عمل كهربائي على الشحنات لتمريرها من خلاله من القطب المنخفض إلى القطب ذي الكمون العالي. فعمل المولد يشبه عمل مضخة تضخ الماء من مستوى منخفض إلى مستوى أعلى. لفهم ظاهرة التيار الكهربائي يمكن مقارنتها مع التيار المائي.

يجري الماء من منطقة مرتفعة نحو منطقة منخفضة بفضل الجاذبية، لكن إذا أردنا سحب الماء إلى ارتفاع أعلى فلابد من توفير طاقة أي وجوب استعمال مضخة.

فللحصول على تيار كهربائي متواصل في دارة كهربائية لابد من تغطية الدارة بطاقة أي نحتج إلى مولد (بطارية، مولد كهربائي، خلية شمسية...).و يمكن تميز نوعين من المولدات:

- **مولد الجهد** ***générateur de tension***: هو ثنائي قطب يتميز بتوتر تابت بين طرفيه مهما كانت شدة التيار الذي يجتازه. سوف نهتم فيما يأتي بمولدات التوتر المستمر فقط. تتميز هذه المولدات بـ:
- القوة المحركة الكهربائية: ε و تمثل العمل المبذول على واحدة الشحنة لنقلها عبر دارة مغلقة.

$$\boxed{\varepsilon = \frac{dW}{dq}}$$

- المقاومة الداخلية: r و هي المقاومة التي يلقها التيار عند مروره داخل المولد. فالقوة المحركة للمولد ليست كلها متاحة للدارة الخارجية بل جزء منها يستنزف في المقاومة الداخلية و هو ما يسمى هبوط الجهد الداخلي: $\boxed{V = rI}$ و منه :

$$\varepsilon = (V_A - V_B) + r.I$$

$$\boxed{(V_A - V_B) = \varepsilon - r.I}$$

$(V_A - V_B)$: فرق الجهد (الكمون) المتاح للدارة الخارجية

- الإستطاعة:

$$\boxed{\varepsilon I = rI^2 + (V_A - V_B).I}$$

εI : استطاعة يوفرّها المولد

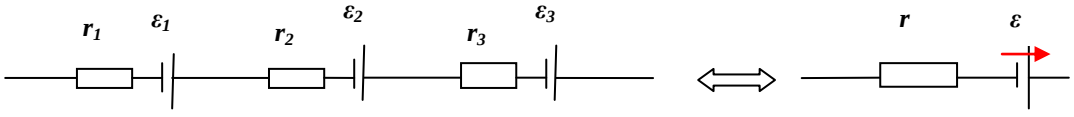
rI^2 : استطاعة مصروفة داخل المولد

$V_A - V_B$: استطاعة مصروفة خارج المولد

- **مردود المولد:**

$$\boxed{\Re = \frac{(V_A - V_B).I}{\varepsilon.I} = \frac{V_A - V_B}{\varepsilon}}$$

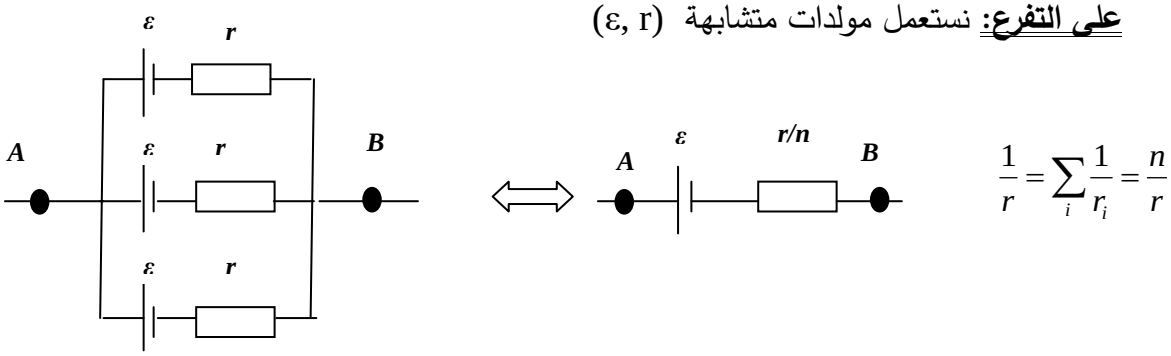
- **ربط المولدات:**
  - **على التسلسل:**



$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{\varepsilon = \sum_i \varepsilon_i}$$

$$r = r_1 + r_2 + r_3 \quad \Leftrightarrow \boxed{r = \sum_i r_i}$$

- **<u>على التفرع:</u>** نستعمل مولدات متشابهة (ε, r)



$$\frac{1}{r}=\sum_i \frac{1}{r_i}=\frac{n}{r}$$

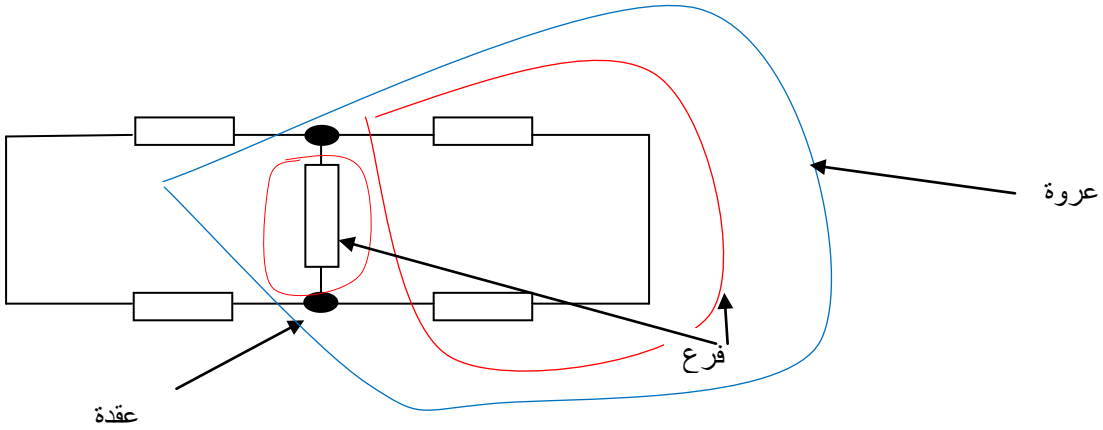
➢ **<u>مولدات التيار :</u>** ***Générateurs de courant***

نعرف المولد الذي يمتلك مقاومة داخلية عالية جدا مقارنة مع الدارة الخارجية بمولد التيار، حيث أن التيار يبقى تابت تقريبا في الدارة الخارجية رغم تغير قيمة المقاومة.

4- **<u>القوانين المسيرة للدارات الكهربائية:</u>**

تتكون **الدارة** من مجموعة ثنائيات قطب موصلة فيما بينها بأسلاك ناقلة، فتشكل بنية مغلقة. تتخلص عناصر الدارة في:

- **العقدة:** ***nœud*** هي تقاطع ثلاث أسلاك أو أكثر.
- **الفرع:** ***branche*** هو جزء من الدارة محصورة بين عقدتين.
- **العروة:** ***maille*** هي مجموعة فروع على التسلسل تشكل حلقة مغلقة.



فرق الكمون (قانون أوم المعمم) بين نقطتين A و B من دارة يكتب:

$$V_A - V_B = I\sum R - \sum \varepsilon$$

➢ $\varepsilon > 0$ ← مولد

➢ $\varepsilon < 0$ ← مستقبل

➢ $V_A - V_B > 0$ ← التيار يمر من $\boldsymbol{A} \leftarrow \boldsymbol{B}$

بمعرفة التوزيع الهندسي للدارة الكهربائية: وضعية المقاومات القوة المحركة الكهربائية... فإن مشكل حل الدارة الكهربائية هو حساب:

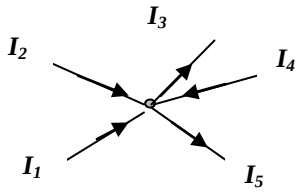
- شدة التيار في كل فرع
- الكمون عند كل عقدة

4-1 قوانين كيرشوف *Lois de Kirchhoff*

❖ القانون الأول: قانون العقد:

" المجموع الجبري للتيارات عبر عقدة معدوم: مجموع التيارات الداخلة =مجموع التيارات الخارجة"

$$\sum_{i=1}^{n} I_i = 0$$



$$I_1 + I_2 + I_4 - I_3 - I_5 = 0$$

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5$$

❖ القانون الثاني: قانون العروات:

"المجموع الجبري للكمونات عبر عروة معدوم"

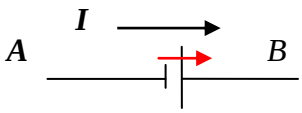
$$\sum_{i=1}^{n} U_i = 0$$

إذا احتوت **عروة** مجموعة من المولدات $\sum \varepsilon$ و مجموعة مستقبلات $\sum e$ و مقاومات $\sum R$ ، فإن **تغير الكمون عبر العروة معدوم.**

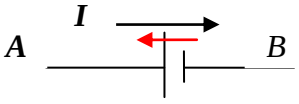
$$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i = \sum_{i=1}^{n'} e_i + \sum_{i=1}^{n''} R_i I$$

نعتبر جزء ***AB*** من الدارة يعبره تيار ***I*** من ***A*** ← ***B***، إذا احتوى ***AB***:

- مولد:

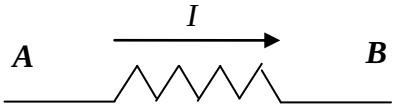


$V_A - V_B = -\varepsilon$



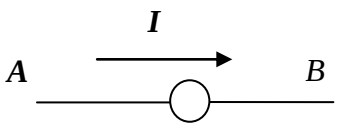
$V_A - V_B = \varepsilon$

- مقاومة:



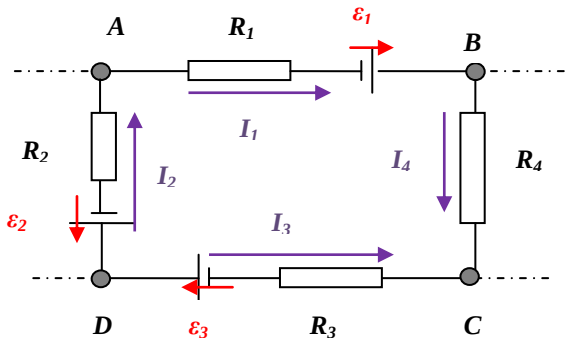
$V_A - V_B = RI$

- مستقبل:



$V_A - V_B = e$

مثال1: طبق قانون كيرشوف الثاني على جزء الدارة التالية:



a. باستعمال الشكل: $\sum U_i = 0$

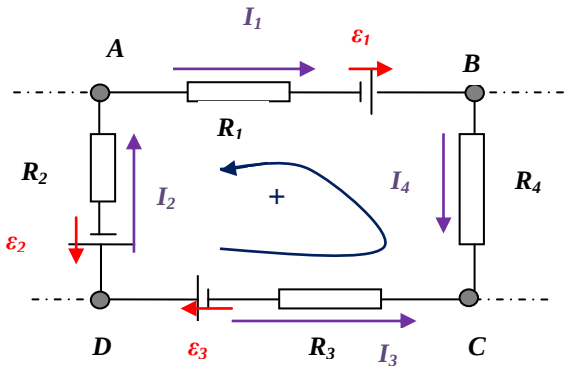
نختار اتجاه عشوائي للتيار عبر كل فرع

$$\begin{aligned} V_A - V_A &= (V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D) + (V_D - V_A) = 0 \\ &= (V_A - V_B) - (V_C - V_B) - (V_D - V_C) + (V_D - V_A) = 0 \\ &= (R_1 I_1 - \varepsilon_1) - (R_4 I_4) - (R_3 I_3 + \varepsilon_3) + (R_2 I_2 + \varepsilon_2) = 0 \\ (R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 - R_4 I_4 - \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3) &= 0 \end{aligned}$$

$$\boxed{\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 - R_4 I_4}$$

b. باستعمال عبارة : $\sum_i \varepsilon_i = \sum_j e_j + \sum_k R_k I_k$

نختار اتجاه عشوائي للتيار عبر كل فرع ثم نختار اتجاه للدوران عبر العروة: إذا كان الاتجاه المختار يوافق اتجاه التيار عبر الفرع نأخذه موجبا و سالبا في الحالة العكسية.



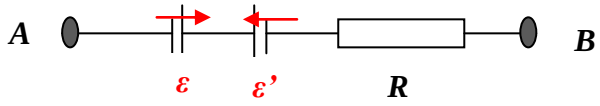
$$\sum_i \varepsilon_i = \sum_j e_j + \sum_k R_k I_k$$

$$-\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 = -R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_4 I_4$$

$$\boxed{\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 - R_4 I_4}$$

مثال 2:

نفرض أن التيار الحقيقي I يمر من $A \leftarrow B$ و أن الفرع AB يحتوي مقاومات و مولدات عكوسة:



a. إذا اختارنا الجهة العشوائية للتيار I_a من $A \leftarrow B$ فإن :

$$V_A - V_B = -\varepsilon + \varepsilon' + RI_a \quad \Rightarrow \quad \boxed{I_a = \frac{(V_A - V_B) + \varepsilon - \varepsilon'}{R}}$$

b. إذا اختارنا الجهة العشوائية للتيار I_b من $B \leftarrow A$ فإن :

$$V_B - V_A = RI_b - \varepsilon' + \varepsilon = -(V_A - V_B) \quad \Rightarrow \quad \boxed{I_b = \frac{-(V_A - V_B) + \varepsilon' - \varepsilon}{R}}$$

نلاحظ أن:

$$I_b = \frac{-(V_A - V_B) + \varepsilon' - \varepsilon}{R} = -\frac{(V_A - V_B) + \varepsilon - \varepsilon'}{R} = -I_a = -I$$

$$\boxed{I = I_a = -I_b}$$

الخلاصة:

التياران العشوائيان المختاران لهما نفس القيمة لكن مختلفين في الاتجاه:

- إذا كان $I > 0$ فالاتجاه المختار صحيح و قيمة التيار هي نفسها .
- إذا كان $I < 0$ قيمة التيار هي نفسها نعكس فقط الاتجاه.

4 2 بعض الطرق لحل الدارات الكهربائية:

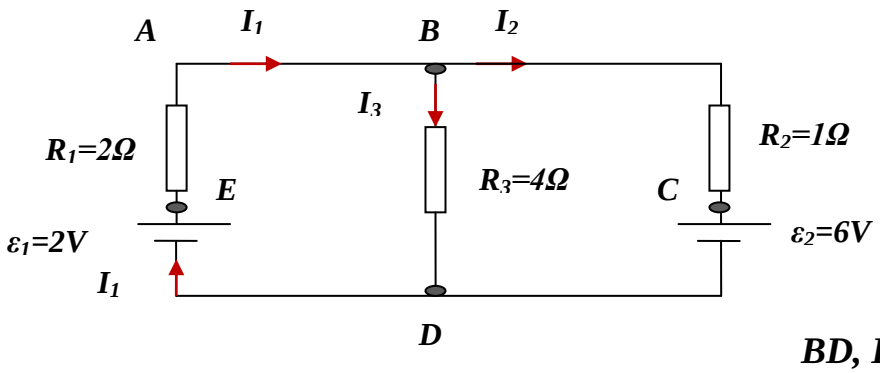
4 2 1 التحليل بالفروع:

نستعمل هذه الطريقة لحساب التيارات المارة عبر كل فرع. الخطوات التي يجب إتباعها:

1- تعين بطريقة عشوائية جهة التيارات عبر كل فرع
2- تطبيق قانونا كيرشوف على العقد و العروات
3- حل جملة المعادلات

Exo2 TD6

احسب التيارات المارة في كل فرع للدارة التالية:



الحل:

لدينا ثلاث فروع : ***BD, BCD, DEAB***

و عقدتين: ***B, D***

العروة ABDEA

$$V_A - V_A = (V_A - V_B) + (V_B - V_D) + (V_D - V_E) + (V_E - V_A) = 0$$
$$= \quad 0 \quad + \quad R_3 I_3 \quad - \varepsilon_1 + \quad R_1 I_1 \quad = 0$$
$$\boxed{R_1 I_1 + R_3 I_3 = \varepsilon_1 \quad \rightarrow \quad (1)}$$

العروة BCDB:

$$V_B - V_B = (V_B - V_C) + (V_C - V_D) + (V_D - V_B) = 0$$
$$= \quad R_2 I_2 \quad + \varepsilon_2 \quad - R_3 I_3 = 0$$
$$\boxed{R_2 I_2 - R_3 I_3 = -\varepsilon_2 \quad \rightarrow (2)}$$

العقدة ***B***

$$\boxed{I_1 = I_2 + I_3 \quad \rightarrow (3)}$$

جملة المعادلات:

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = \varepsilon \\ R_2 I_2 - R_3 I_3 = -\varepsilon_2 \\ I_1 = I_2 + I_3 \end{cases}$$

بالتعويض بالقيم العددية:

$$\begin{cases} 2_1 I_1 + 0 I_2 + 4 I_3 = 2 \\ 0 I_1 + 1 I_2 - 4 I_3 = -6 \\ 1 I_1 - 1 I_2 - 1 I_3 = 0 \end{cases}$$

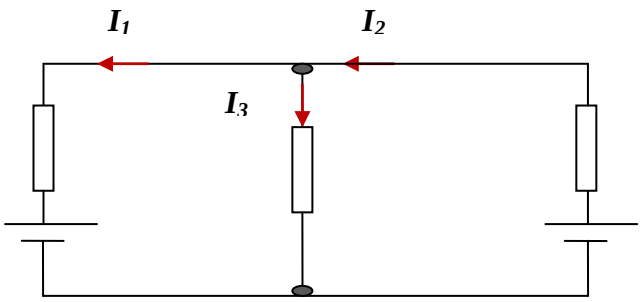
تحسب التيارات بطريقة المحدد بالشكل التالي:

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 0 & 4 \\ -6 & 1 & -4 \\ 0 & -1 & -1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & -4 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}} = \frac{2(-5) + 4(6)}{2(-5) + 4(-1)} = \frac{14}{-14} = -1A$$

$$I_2=\frac{\begin{vmatrix}2&2&4\\0&-6&-4\\1&0&-1\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}2&0&4\\0&1&-4\\1&-1&-1\end{vmatrix}}=\frac{2(6)+2(4)+4(6)}{14}=\frac{28}{-14}=-2A$$

$$I_3=\frac{\begin{vmatrix}2&0&2\\0&1&-6\\1&-1&0\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}2&0&4\\0&1&-4\\1&-1&-1\end{vmatrix}}=\frac{2(-6)+2(-1)}{-14}=\frac{-14}{-14}=1A$$

نلاحظ أن اشارة I_1 , I_2 فالاتجاه المختار لهما خاطئ يستوجب تصحيحهما كما يلي مع الاحتفاظ باتجاه I_3 لأنه موجب.

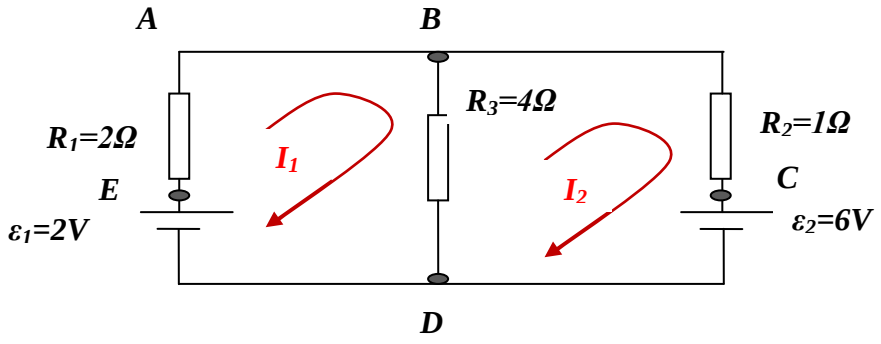


2 2 4 **<u>طريقة التيارات الوهمية</u>**:

- نعين العروات و نختار اتجاهات التيارات بطريقة حرة (عشوائية). العروات يجب أن تكون مستقلة بحيث على الأقل فرع غير مشترك مع بقية العروات
- تطبيق قانونا كيرشوف
- ترتيب المعادلات و حلها.

Exo3 TD6

: خذ نفس الدارة السابقة و احسب التيارات بطريقة التيارات الوهمية



العروة $ABCDEA$:

$$\sum U_i = 0 \qquad \Leftrightarrow R_3(I_1 - I_2) - \varepsilon_1 + R_3 I_2 = 0$$

$$\boxed{\varepsilon_1 = (R_1 + R_3) - R_3 I_2 \qquad \rightarrow (1)}$$

العروة $BCDB$:

$$\sum_i \varepsilon_i = \sum_j R_j I_j$$

$$-\varepsilon_2 = R_2 I_2 + R_3 (I_2 - I_1)$$

$$\boxed{-\varepsilon_2 = -R_3 I_1 + (R_2 + R_3) I_2 \qquad \rightarrow (2)}$$

ترتيب المعادلات بعد التعويض العددي ثم الحل

$$\begin{cases} 6I_1 - 4I_2 = 2 \\ -4I_1 + 5I_2 = -6 \end{cases}$$

بحل جملة المعادلتين نجد: $I_1 = -1$ و $I_2 = -2$

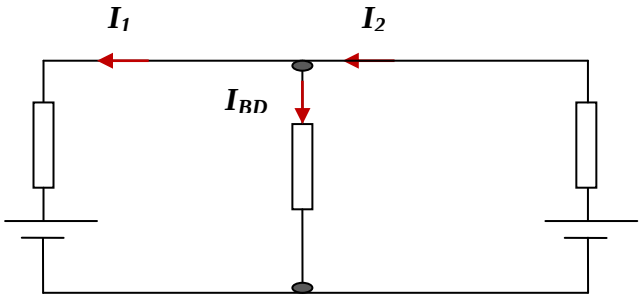
نلاحظ أن $I_1 < 0$ و $I_2 < 0$ فالاتجاهات الحقيقة عكس ما اختارنه

حساب التيار المار في الفرع BD

$$I_{BD} = I_1 - I_2 = -1 - (-2) = 1$$

فالاتجاه من $D \leftarrow B$

التصحيح:

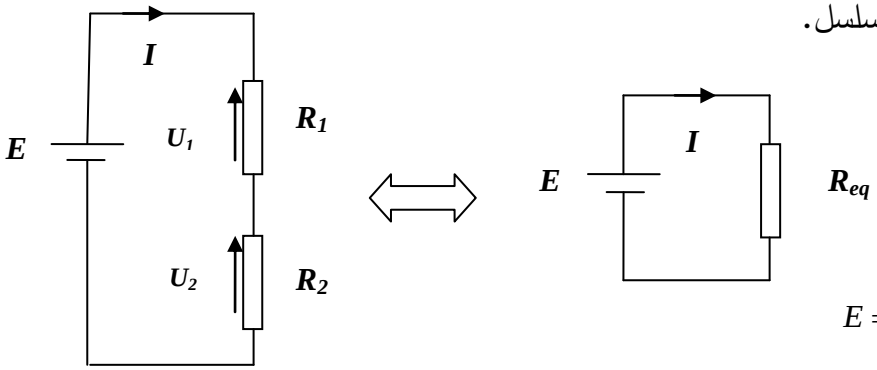


5- طريقة تيفنا: Méthode Thevenin

5-1 قاسم الجهد: Diviseur de tension

شرط تطبيقه مقاومات على التسلسل.

1 ـ حالة مقاومتين:



$$E = R_{eq} I \Rightarrow I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$U_1 = R_1 I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E$$

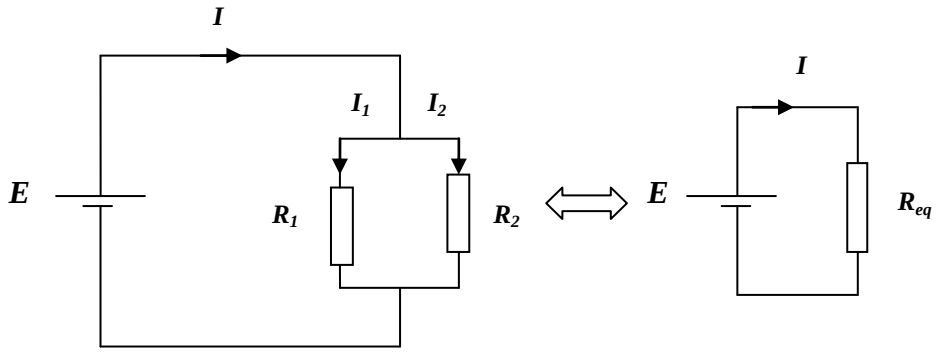
$$U_2 = R_2 I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

في الحالة العامة

$$U_i = R_i I = \frac{R_i}{\sum R_i} E$$

2-5 قاسم التيار: Diviseur de courant

شرط تطبيقه مقاومات على التفرع



$$E = R_{eq} I = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

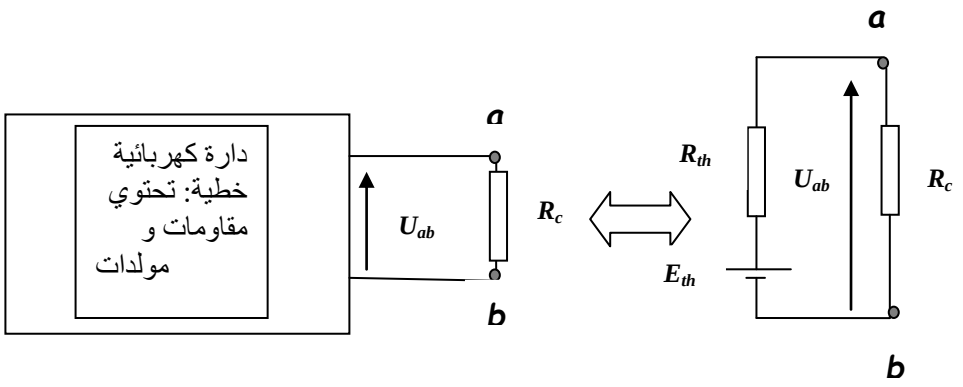
$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

3-5 طريقة تيفنا: Méthode Thevenin

الطريقتين السابقتين تسمح بحساب كل التيارات في الدارة في حين هذا ليس ضروريا دائما.في بعض الأحيان نحتاج معرفة التيار في فرع واحد لهذا الغرض نلجأ إلى طريقة عملية: طريقة تيفنا

كل دارة كهربائية معقدة يمكن تبسيطها حسب تيفنا إلى دارة مكونة مولد توتر E_{th} موصول على التسلسل مع مقاومة R_{th} .

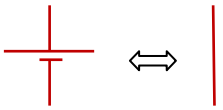
R_c: مقاومة الحمولة.

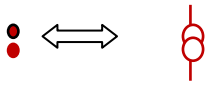


ملاحظة: R_{th} ليست المقاومة الداخلية للمولد r

- **الخطوات المتبعة لحساب R_{th}:**

1- **نزع مقاومة الحمولة** R_c الموجودة بين النقطتين **a** و **b**

2- تعويض مصادر التوتر (الجهد) بدارة قصيرة (سلك) 

3- تعويض مصادر التيار بدارة مفتوحة (قاطعة) 

4- نحسب المقاومة المكافئة للدارة بين **a** و**b** تكون بذلك : $R_{ab} = R_{th}$

- **الخطوات المتبعة لحساب E_{th}:**

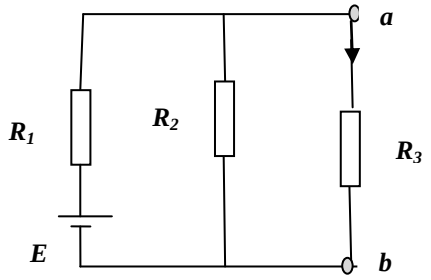
1- نزع مقاومة الحمولة R_c الموجودة بين النقطتين **a** و **b**

2- نحسب توتر الدارة المفتوحة بين **a** و **b** و الذي يكافئ توتر تيفنا.

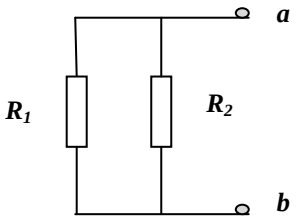
تمرين06 TD6

نعتبر الدارة الكهربائية للشكل التالي، حيث: $E = 8V, R_1 = 4\Omega, R_2 = 12\Omega, R_3 = 9\Omega$

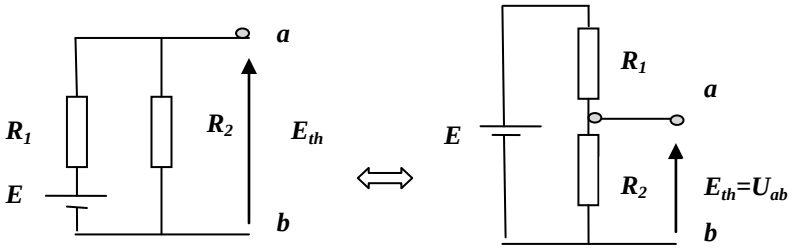
احسب التيار المار عبر المقاومة R_3 بتطبيق تيفنا.



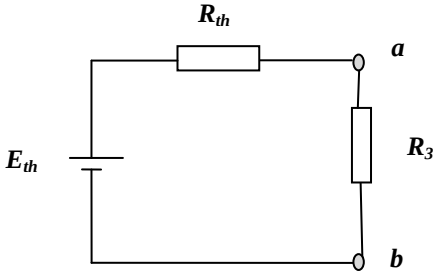
الحل:



$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\Omega$$



$$E_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E = \frac{12}{4 + 12} = 6V$$



$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_3} = \frac{6}{3 + 9} = 0.5A$$