

## ثنائي القطب RC Le dipôle RC

### نشاط وثائقي : المكثف

في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موسشنيروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنينة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنينة لايد وهو جهاز يمكن من تجميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الالكترونية (المكثف) ، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الاجهزة الالكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الإيطالي فولطا.

تتكون قنينة لايد من قنينة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيان A و B . تسمى الورقتان A و B لبوسى المكثف ، والزجاج الوسط العازل . عند ربط لبوسى المكثف بعمود كهربائي تنتقل الالكترونات لتتجمع على اللبوس B ، فيحمل هذا الاخير كمية من الكهرباء السالبة  $q_B$  ، في حين يغادر نفس العدد من الالكترونات اللبوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة كميته  $q_A$  . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين اللبوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فينعدم التيار الكهربائي ، نقول أن في هذه الحالة إن المكثف قد شحن.

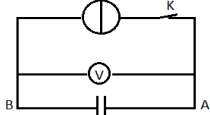
❖ استثمار:

1. أرسم التباينة الموافقة لهذه التجربة ، ما مكونات المكثف ؟ وما الدور الذي يلعبه في دارة كهربائية؟
2. ما اشارتي  $q_A$  و  $q_B$  شحنتي اللبوسين A و B للمكثف؟
3. علما أن الشحنة الكهربائية تتحفظ، ما العلاقة التي تربط بين الشحنتين  $q_B$  و  $q_A$  عند كل لحظة؟
4. ما شحنة المكثف وما حدثها؟

### نشاط تجريبي 1 : العلاقة بين الشحنة و شدة التيار الكهربائي - العلاقة بين الشحنة و التوتر

ننجز التركيب الكهربائي جانبه، حيث يعطي المولد المومثل للتيار، تيارا كهربائيا شدته  $I_0$  ثابتة وقابلة للضبط ، بعدما نفرغ المكثف بوصل مربطيه بوصل أومي مناسب لمدة ثانية واحدة على الأقل. نغلق قاطع تيار الذي يشغل الميقت في نفس الوقت، ثم نقيس التوتر  $U_{AB}(t)$  بين مربطى المكثف كل خمس ثوان، ثم ندون النتائج.

مولد مومثل للتيار  
 $I = cte = 80 \cdot 10^{-6} A$



t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{AB}(V)$	0	0.85	1.7	2.55	3.40	4.25	5.11	5.95	6.81	7.66	8.51
$q_A (\mu C)$											

1. تمثل شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بسبب الشحنات الكهربائية أي كمية الكهرباء المنتقلة في وحدة الزمن ويعبر عنه بالعلاقة التالية :  $\frac{dq_A}{dt} = i$  . بين أنه في اللحظة t يكتب المكثف الشحنة  $q_A = I_0 \cdot t$
2. أتمم مالا الجدول ثم مثل المنحنى لتغيرات  $q_A$  بدلالة  $U_{AB}$
3. معامل التناسب بين  $q_A$  و  $U_{AB}$  ، مقدار فيزيائي يسمى سعة المكثف ، ويرمز له بالحرف C ، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الفاراد (F) ، أحسب C
4. استنتج العلاقة بين  $I_0$  و  $U_{AB}$

### نشاط 2 : التركيب على التوالي :

- تركب مكثفين سعتهما  $C_1$  و  $C_2$  على التوالي ونطبق بين مربطيهما توتر  $U_{AB}$
1. مثل الشكل ثم بين أن  $q_1 = q_2 = q$  حيث q شحنة الكف المكافئ
  2. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات )
  3. ما الفائدة من هذا التركيب

### نشاط 3 : التركيب على التوازي :

- تركب مكثفين سعتهما  $C_1$  و  $C_2$  على التوازي ونطبق بين مربطيهما توتر  $U_{AB}$
1. مثل الشكل ثم بين أن  $q_1 \neq q_2$
  2. بتطبيق قانون العقد بين أن  $q_1 + q_2 = q$  ، حيث q شحنة الكف المكافئ
  3. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات ) ، استنتج ما الفائدة من هذا التركيب

### نشاط وثائقي : المكثف

في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موسشنيروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنينة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنينة لايد وهو جهاز يمكن من تجميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الالكترونية (المكثف) ، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الاجهزة الالكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الإيطالي فولطا.

تتكون قنينة لايد من قنينة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيان A و B . تسمى الورقتان A و B لبوسى المكثف ، والزجاج الوسط العازل . عند ربط لبوسى المكثف بعمود كهربائي تنتقل الالكترونات لتتجمع على اللبوس B ، فيحمل هذا الاخير كمية من الكهرباء السالبة  $q_B$  ، في حين يغادر نفس العدد من الالكترونات اللبوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة كميته  $q_A$  . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين اللبوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فينعدم التيار الكهربائي ، نقول أن في هذه الحالة إن المكثف قد شحن.

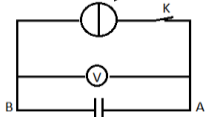
❖ استثمار:

1. أرسم التباينة الموافقة لهذه التجربة ، ما مكونات المكثف ؟ وما الدور الذي يلعبه في دارة كهربائية؟
2. ما اشارتي  $q_A$  و  $q_B$  شحنتي اللبوسين A و B للمكثف؟
3. علما أن الشحنة الكهربائية تتحفظ، ما العلاقة التي تربط بين الشحنتين  $q_B$  و  $q_A$  عند كل لحظة؟
4. ما شحنة المكثف وما حدثها؟

### نشاط تجريبي 1 : العلاقة بين الشحنة و شدة التيار الكهربائي - العلاقة بين الشحنة و التوتر

ننجز التركيب الكهربائي جانبه، حيث يعطي المولد المومثل للتيار، تيارا كهربائيا شدته  $I_0$  ثابتة وقابلة للضبط ، بعدما نفرغ المكثف بوصل مربطيه بوصل أومي مناسب لمدة ثانية واحدة على الأقل. نغلق قاطع تيار الذي يشغل الميقت في نفس الوقت، ثم نقيس التوتر  $U_{AB}(t)$  بين مربطى المكثف كل خمس ثوان، ثم ندون النتائج.

مولد مومثل للتيار  
 $I = cte = 80 \cdot 10^{-6} A$



t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{AB}(V)$	0	0.85	1.7	2.55	3.40	4.25	5.11	5.95	6.81	7.66	8.51
$q_A (\mu C)$											

1. تمثل شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بسبب الشحنات الكهربائية أي كمية الكهرباء المنتقلة في وحدة الزمن ويعبر عنه بالعلاقة التالية :  $\frac{dq_A}{dt} = i$  . بين أنه في اللحظة t يكتب المكثف الشحنة  $q_A = I_0 \cdot t$
2. أتمم مالا الجدول ثم مثل المنحنى لتغيرات  $q_A$  بدلالة  $U_{AB}$
3. معامل التناسب بين  $q_A$  و  $U_{AB}$  ، مقدار فيزيائي يسمى سعة المكثف ، ويرمز له بالحرف C ، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الفاراد (F) ، أحسب C
4. استنتج العلاقة بين  $I_0$  و  $U_{AB}$

### نشاط 2 : التركيب على التوالي :

- تركب مكثفين سعتهما  $C_1$  و  $C_2$  على التوالي ونطبق بين مربطيهما توتر  $U_{AB}$
1. مثل الشكل ثم بين أن  $q_1 = q_2 = q$  حيث q شحنة الكف المكافئ
  2. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات )
  3. ما الفائدة من هذا التركيب

### نشاط 3 : التركيب على التوازي :

- تركب مكثفين سعتهما  $C_1$  و  $C_2$  على التوازي ونطبق بين مربطيهما توتر  $U_{AB}$
1. مثل الشكل ثم بين أن  $q_1 \neq q_2$
  2. بتطبيق قانون العقد بين أن  $q_1 + q_2 = q$  ، حيث q شحنة الكف المكافئ
  3. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات ) ، استنتج ما الفائدة من هذا التركيب

◀ الدراسة التجريبية : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

بعد تفريغ المكثف ننجز التركيب الكهربائي جانبه. حيث يمكن هذا التركيب من معاينة التوتر بين مبرطي المكثف  $U_C$  بدلالة الزمن على كاشف التذبذب ، يتألف هذا التركيب من مولد مستمر مثبت على القيمة  $E = 12V$  ، مكثف سعته  $C = 500\mu F$  و موصل أومي مقاومته  $R = 600\Omega$  ، قاطع التيار وكاشف التذبذب لمعاينة التوتر بين مبرطي المكثف  $U_C$

❖ شحن المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

نؤرجح قاطع التيار  $K$  الى الموضع 1 في لحظة  $t=0$  عند إغلاق قاطع التيار  $k$  ينتقل التوتر بين مبرطي المكثف  $U_C$  لحظيا من الصفر الى قيمة حدية فنشاهد على شاشة كاشف التذبذب المنحنى التالي:  
• استثمار:

$$U(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

حيث  $K$  و  $\tau$  ثابتان تحددان بواسطة البرنم (regressi) ، فنجد أن  $U_C(t)$  و  $U(t)$  متقاربتين وبالتالي التوتر بين مبرطي المكثف أثناء الشحن تكتب على الشكل التالي :

$$U_C(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

1. يبرز المنحنى وجود نظامين : نظام انتقالي ونظام دائم ، حدد هاذين النظامين في المنحنى ميرزا تغيرات كل نظام
2. عين  $U_C(t)$  عند اللحظة  $t=0$  ثم  $U_C(\infty)$  قيمة  $U_C(t)$  عندما تؤول  $t$  الى ما لا نهاية تعرف على الثابتة  $K$
3. استنتج تعبير  $U_C(t)$  بدلالة  $E$  و  $\tau$
4. عبر عن  $U_C(t=\tau)$  ثم استنتج تعريف  $\tau$
5. استنتج طريقة مبيانية تمكن من تحديد  $\tau$  ثم أوجد قيمته
6. قارن بين  $\tau$  و  $RC$
7. تسمى  $\tau$  ثابتة الزمن ، باستعمال معادلة الإبعاد (التحليل البعدي أو تجانس الوحدات) ، بين أن  $\tau$  عبارة عن زمن
8. عين التوتر بين مبرطي المكثف عند اللحظة  $t = 5\tau$  ، ماذا تستنتج ؟
9. حدد معادلة المماس  $y(t)$  عند اللحظة  $t=0$
10. استنتج طريقة مبيانية ثانية تمكن من تحديد  $\tau$
11. ما تأثير قيمة كل من  $R$  و  $C$  على شحن المكثف

❖ تفريغ المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

نؤرجح قاطع التيار  $K$  الى الموضع 2 فنلاحظ على الشاشة المنحنى الممثل جانبه  
نقوم بنمذجة المنحنى المحصل عليه بالدالة  $U(t) = k' \exp(-\frac{t}{\tau'})$

1. حدد الثابتة  $k'$
2. ما تمثل  $\tau'$  ثم عين هذه الثابتة بطريقتين مختلفتين
3. عين  $U_C(t=5\tau')$  ، ماذا تستنتج ؟
4. نغير  $\tau'$  الى  $\tau''$  حيث  $\tau'' < \tau'$  فنحصل على المنحنى الممثل بالخط المتقطع ، ماذا تستنتج ؟
5. ما تأثير كل من سعة المكثف  $C$  والمقاومة  $R$  على تفريغ المكثف ؟
6. نعوض مولد التوتر المستمر بمولد التردد المنخفض GBF ، أعط التنبية الموافقة ثم أرسم المنحنى  $U_C(t)$  المحصل عليه تجريبيا محددا عملية الشحن والتفريغ ( مبرزا كذلك النظامين الإنتقالي والدائم في كل عملية )

◀ الدراسة النظرية : ايجاد المعادلة التفاضلية وحلها بالنسبة للتوتر والتيار الكهربائي

❖ شحن المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

• ايجاد المعادلة التفاضلية :

المعادلة التفاضلية : هي معادلة رياضية تجمع مقدار متغير  $X(t)$  ومشتقات لهذا المقدار

1. نضع قاطع التيار على الموضع 1 ، ارسم التنبية التجريبية الموافقة
2. مثل توترات على التنبية بسهم :  $U_R(t)$  تؤثر بين مبرطي الموصل الأومي ،  $U_C(t)$  توتر بين مبرطي المكثف ،  $U(t)$  توتر المولد
3. ما تمثل هذه الظاهرة ؟
4. بتطبيق قانون إضافيات التوترات ، أوجد العلاقة بين  $U(t)$  و  $U_R(t)$  و  $U_C(t)$
5. بتطبيق قانون اوم أوجد العلاقة بين  $i(t)$  و  $U_R(t)$
6. اعط العلاقة بين  $U(t)$  و  $q(t)$  ثم العلاقة بين  $i(t)$  و  $q(t)$
7. استنتج العلاقة بين  $U_C(t)$  و  $i(t)$
8. استنتج المعادلة التفاضلية ل  $U_C(t)$
9. أكتب من جديد المعادلة التفاضلية باعتبار  $\tau = RC$

• حل المعادلة التفاضلية:

ان حل المعادلة التفاضلية هو ايجاد تعبير  $U_C(t)$  بدلالة الزمن

اذا علمت أن حل المعادلة التفاضلية  $E = U_C + \tau \frac{dU_C}{dt}$  يكتب على النحو التالي  $U_C = Ae^{-at} + B$  حيث  $A$  و  $B$  و  $\alpha$  ثوابت نحددها باشتقاق  $U_C$  وبمعرفة الشروط البدئية

1. أوجد الثوابت  $A$  و  $B$  و  $\alpha$  وأكتب تعبير  $U_C(t)$  بدلالة الزمن
2. ارسم  $U_C(t)$  بدلالة الزمن
3. استنتج تعبير شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن و  $E$  و  $\tau$
4. ارسم التيار الكهربائي بدلالة الزمن

❖ تفريغ المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

1. نضع قاطع التيار في الموضع 2 ن ارسم التنبية الموافقة موضحا التوترات  $U_C$  و  $U_R$  عليها
2. بتطبيق قانون اضافيات التوترات والقوانين الأخرى أوجد المعادلة التفاضلية ل  $U_C(t)$
3. نضع  $\tau = RC$  أوجد من جديد المعادلة التفاضلية
4. حل المعادلة التفاضلية ل  $U_C(t)$
5. استنتج حل المعادلة التفاضلية لشدة التيار الكهربائي  $i(t)$