

## ثنائي القطب RC Le dipôle RC

### < نشاط وثائقي : المكثف

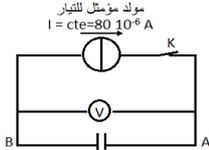
في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موسشنيبروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنبلة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنبلة لايد وهو جهاز يمكن من تجميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الإلكترونية (المكثف) ، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الأجهزة الإلكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الإيطالي فولطا .  
تتكون قنبلة لايد من قنبلة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيّتان A و B . تسمى الورقتان A و B ليوسى المكثف ، والزجاج الوسط العازل . عند ربط ليوسى المكثف بعمود كهربائي تنتقل الإلكترونات لتتجمع على الليوس B ، فيحمل هذا الأخير كمية من الكهرباء السالبة  $q_B$  ، في حين يغادر نفس العدد من الإلكترونات الليوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة كميتها  $q_A$  . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين الليوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فيندعم 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 دائرة كهربائية؟
2. ما إشارتي  $q_A$  و  $q_B$  شحنتي الليوسين A و B للمكثف؟
3. علما أن الشحنة الكهربائية تنحفظ، 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 مربطي المكثف كل خمس ثوان ، ثم ندون النتائج .



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  $i(t)$  بصيبي الشحنتان الكهربائيتين 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 ملاء 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

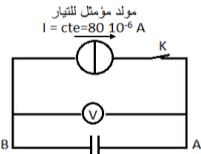
في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موسشنيبروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنبلة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنبلة لايد وهو جهاز يمكن من تجميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الإلكترونية (المكثف) ، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الأجهزة الإلكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الإيطالي فولطا .  
تتكون قنبلة لايد من قنبلة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيّتان A و B . تسمى الورقتان A و B ليوسى المكثف ، والزجاج الوسط العازل . عند ربط ليوسى المكثف بعمود كهربائي تنتقل الإلكترونات لتتجمع على الليوس B ، فيحمل هذا الأخير كمية من الكهرباء السالبة  $q_B$  ، في حين يغادر نفس العدد من الإلكترونات الليوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة كميتها  $q_A$  . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين الليوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فيندعم 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 دائرة كهربائية؟
2. ما إشارتي  $q_A$  و  $q_B$  شحنتي الليوسين A و B للمكثف؟
3. علما أن الشحنة الكهربائية تنحفظ، 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 مربطي المكثف كل خمس ثوان ، ثم ندون النتائج .



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  $i(t)$  بصيبي الشحنتان الكهربائيتين 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 ملاء 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 مرطبي 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  $R = 1K\Omega$  ، قاطع التيار وكاشف التذبذب لمعاينة التوتر بين مرطبي المكثف  $U_C$

شحن المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

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

• استثمار:

1. نقوم بنمذجة المنحنى المحصل عليه على كاشف التذبذب بالدالة  $U(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

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

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

2. يبرز المنحنى وجود نظامين : نظام انتقالي ونظام دائم ، حدد هاتين النظامين في المنحنى ميرزا تغيرات كل نظام

3. عين  $U_C(t)$  عند اللحظة  $t=0$  ثم  $U_C(\infty)$  قيمة  $U_C(t)$  عندما تزول  $t$  الى ما لا نهاية تعرف على الثابتة  $K$

5. استنتج تعبير  $U_C(t)$  بدلالة  $E$  و  $\tau$

6. عبر عن  $U_C(t = \tau)$  ثم استنتج تعريف  $\tau$

7. استنتج طريقة مبيانية تمكن من تحديد  $\tau$  ثم أوجد قيمته

8. قارن بين  $\tau$  و RC

9. تسمى  $\tau$  ثابتة الزمن ، باستعمال معادلة الإبعاد (التحليل البعدي أو تجانس الوحدات) ، بين أن  $\tau$  عبارة عن زمن

10. عين التوتر بين مرطبي المكثف عند اللحظة  $t = 5\tau$  ،  $U_C(t = 5\tau)$  ، ماذا تستنتج ؟

11. حدد معادلة المماس  $y(t)$  عند اللحظة  $t = 0$

12. استنتج طريقة مبيانية ثانية تمكن من تحديد  $\tau$

13. ما تأثير قيمة كل من  $R$  و  $C$  على شحن المكثف

تفريغ المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

نورجج 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  $k'$

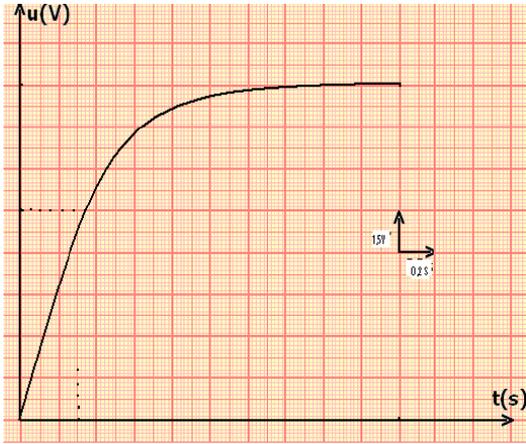
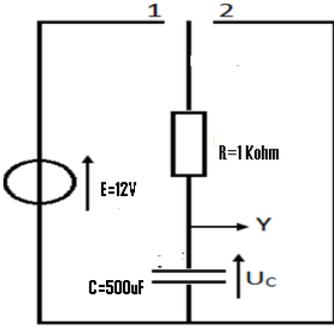
2. ما تمثل  $\tau'$  ثم عين هذه الثابتة بطريقتين مختلفتين

3. عين  $U_C(t = 5\tau')$  ، ماذا تستنتج ؟

4. غير  $\tau'$  الى  $\tau''$  حيث  $\tau'' < \tau'$  فنحصل على المنحنى الممثل بالخط المنقطع ، 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 التبيانية الموافقة ثم أرسم المنحنى  $U_C(t)$  المحصل عليه تجريبيا محددًا عملية الشحن والتفريغ ( ميرزا 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 التبيانية التجريبية الموافقة

2. مثل توترات على التبيانية بسهم :  $U_R(t)$  توتر بين مرطبي الموصل الاومي،  $U_C(t)$  توتر بين مرطبي المكثف ،  $U(t)$  توتر المولد

3. ما تمثل هذه الظاهرة ؟

4. بتطبيق قانون اضافيات التوترات ، أوجد العلاقة بين  $U(t)$  و  $U_R(t)$  و  $U_C(t)$

5. بتطبيق قانون اوم اوجد 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  $i(t)$  و  $U_C(t)$

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 ان 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 التبيانية الموافقة موضعا 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  $i(t)$