

Électricité

Circuits R.L.C.

Electricity

R.L.C. circuits

Ref :
281 265

Français – p 1

English – p 9

Version : 9003

Charge d'un condensateur à tension constante

Charging a capacitor at constant voltage

1 Description



Le boîtier est constitué d'un générateur de tension, de 4 résistances et 4 condensateurs de valeurs différentes et d'un circuit de charge/décharge, commandé par un inverseur. Les douilles de sécurité, aux bornes du condensateur, permettent d'étudier la charge et la décharge à tension constante.

Un signal de synchro permet de déclencher le système d'enregistrement (oscilloscope ou ExAO) pour pouvoir visualiser le début de la charge du condensateur.

Le condensateur peut être déchargé instantanément à l'aide du bouton situé sur la face arrière du boîtier.

Le dispositif est livré avec un cavalier de sécurité. A compléter par un adaptateur secteur 12 V, Réf. 281 243.

2 Caractéristiques techniques

- Tension :** réglable de 3 à 10 V continu
- Résistances :** 100 Ω , 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω (valeurs à +/- 1 %)
- Capacités :** 22 μF , 100 μF , 220 μF , 1000 μF (valeurs à +/- 20%)
- Sortie synchro :** signal en avance de 0,1 s sur l'échelon de tension
- Sorties :** douilles de sécurité ø 4mm
- Alimentation :** adaptateur secteur 12 V
- Dimensions :** 160 x 120 x 90 mm
- Masse :** 305 g
- Garantie :** 2 ans

3 Manipulations

3.1 Schéma de principe

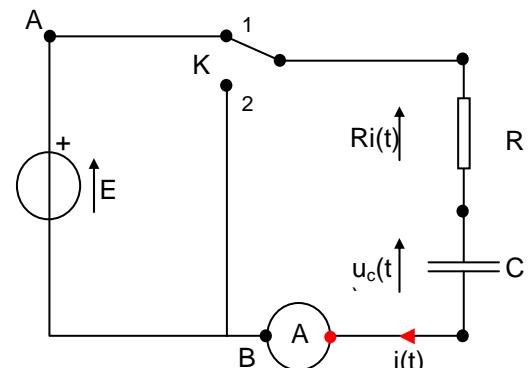
Le schéma est représenté sur la figure ci-contre.

En position (1), le générateur E délivre une tension constante qui charge le condensateur C à travers une résistance R pendant une durée Δt .

A l'issue de la charge, le condensateur est déchargé à travers la résistance R par une mise en court-circuit, inverseur K en position (2).

L'ampèremètre A mesure l'intensité i du courant de charge.

Remarque : Si on ne souhaite pas mesurer l'intensité, l'ampèremètre est remplacé par un cavalier de court-circuit.



3.2 Réglage préliminaire de la tension

Le générateur de tension est réglé sur une valeur comprise entre 3 et 10 V (par exemple $E = 9 \text{ V}$) à l'aide d'un voltmètre branché entre les points A et B. L'inverseur K est en position 2 pour éviter la charge du condensateur.

Remarque : Il est possible de capter l'intensité i en remplaçant l'ampèremètre A par l'adaptateur ampèremètre ESSAO et d'afficher la courbe correspondante sur l'écran de l'ordinateur pendant la saisie de la tension U_c (voir la capture d'écran de la page suivante).

3.3 Relevé manuel des tensions

L'appareil est conçu pour permettre une charge (et une décharge) du condensateur assez longue pour que les élèves puissent observer l'évolution de la tension U_c . Ils pourront également observer la variation et le signe de l'intensité $i(t)$ selon que le condensateur est en charge ou en décharge.

Il convient alors de choisir le condensateur de capacité la plus grande ($1000 \mu\text{F}$) et la résistance de $10 \text{ k}\Omega$ (ou $C = 100 \mu\text{F}$ et $R = 100 \text{ k}\Omega$).

Dans ces conditions, la constante de temps $\tau = RC = 104 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ s}$. Comme on considère que le condensateur est chargé (à 98%) au bout de la durée $\Delta t = 5\tau$, la charge se fait en 50 s environ (soit de l'ordre de la minute).

Pendant cette durée, les élèves peuvent aisément constater que la tension U_c , nulle au départ, croît rapidement puis de plus en plus lentement jusqu'à atteindre la valeur de la tension E : la charge est alors terminée. Parallèlement, on peut voir l'intensité décroître rapidement depuis une valeur maximale pour tendre asymptotiquement vers zéro lorsque la charge est terminée.

Au cours de la décharge du condensateur (inverseur K en 2), la tension U_c décroît rapidement depuis la valeur E et tend vers zéro. Dans le même temps, l'intensité devient *négative* et décroît, depuis la même valeur maximale qu'au cours de la charge, puis tend asymptotiquement vers zéro lorsque la décharge est terminée.

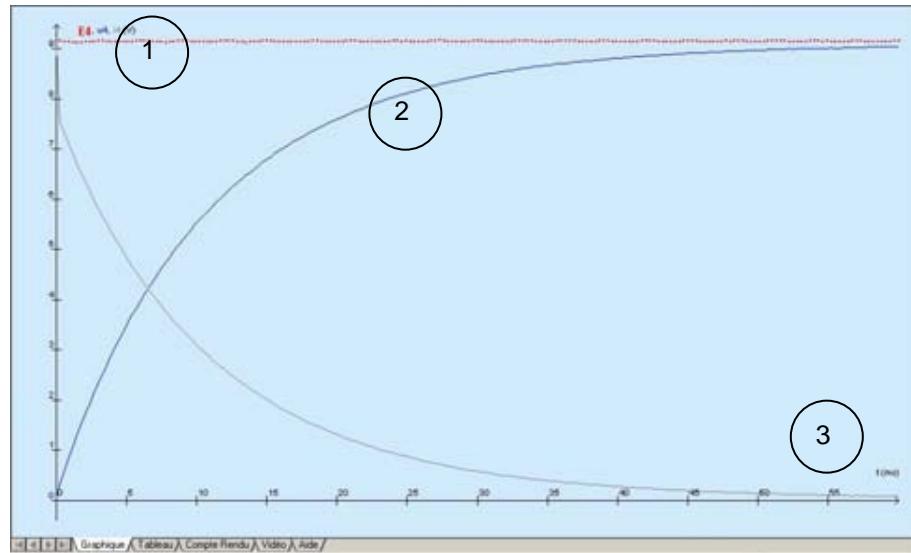
3.4 Saisie informatisée de la tension U_c

La durée de charge n'a plus ici l'importance qu'elle avait dans une expérience manuelle.

Le choix du condensateur et de l'intensité de charge est donc laissé à l'élève qui pourra faire de multiples comparaisons selon le choix du condensateur, de la résistance et de la tension E .

La sortie synchro permet de déclencher le système d'acquisition 0,1 s avant le début de la charge ou la décharge du condensateur. On visualise ainsi systématiquement le début du phénomène même si celui-ci est de très courte durée.

Pour utiliser cette fonction, il convient de connecter les bornes de la sortie synchro situées à l'arrière du boîtier sur les deux douilles synchro de la console ESAO®. Pour une étude avec Générис, il faut ensuite se placer sur le mode « déclenchement d'acquisition par synchro externe ».



Sur la capture d'écran précédente, on a saisi simultanément la tension du générateur $E = 9,15 \text{ V}$ (courbe 1), la tension U_c aux bornes d'un condensateur de $100 \mu\text{F}$ (courbe 2, avec une résistance de $R = 100 \Omega$) et l'intensité i (courbe 3).

Les courbes obtenues confirment les observations du paragraphe précédent.

3.5 Influence des paramètres R et C

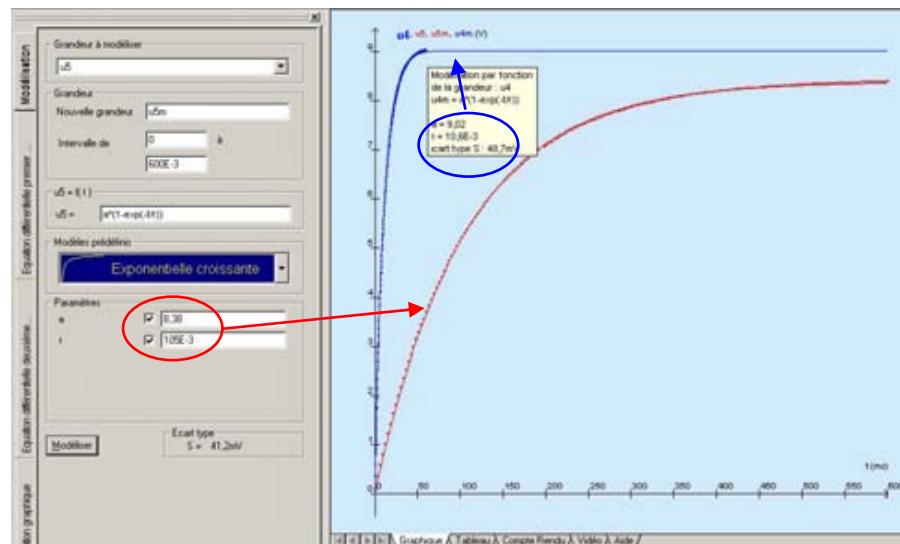
Influence de la résistance

Sur le même écran de Généris 5, on rassemble les deux courbes $U_c(t)$, correspondant aux deux couples ($C = 100 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$) : *courbe u4(t)* et ($C = 100 \mu\text{F}$, $R = 1000 \Omega$) : *courbe u5(t)*.

Dans l'atelier *Modélisation* de Généris 5, on applique aux deux courbes le *Modèle prédefini « Exponentielle croissante »* qui propose l'équation :

$$U_c(t) = a(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Le coefficient a est égal à une tension et le coefficient τ a la dimension d'un temps.



Les valeurs calculées par Génériss 5 sont reportées dans le tableau ci-dessous :

Couple (C, R)	E (en V)	a (en V)	τ (en ms)
courbe $u_4(t)$: (100 μ F - 100 Ω)	9,14	9,02	10,6
courbe $u_5(t)$: (100 μ F - 1000 Ω)	8,51	8,38	105

Le coefficient a est sensiblement égal à la tension E délivrée par le générateur.

La valeur du coefficient τ dépend de la valeur de la résistance R : il varie proportionnellement avec elle.

Influence de la capacité du condensateur

On rassemble à nouveau, sur le même écran, les deux courbes $u_C(t)$ correspondant aux deux couples ($C=100 \mu F$, $R=100 \Omega$) : *courbe $u_4(t)$* et ($C=1000 \mu F$, $R=100 \Omega$) : *courbe $u_6(t)$* .

Après modélisation, on obtient les valeurs du tableau suivant :

Couple (C, R)	E (en V)	a (en V)	τ (en ms)
courbe $u_4(t)$: ($100 \mu\text{F}$ - 100Ω)	9,14	9,02	10,6
courbe $u_6(t)$: ($1000 \mu\text{F}$ - 100Ω)	8,51	8,38	101

On constate que :

$$a \approx E$$

τ varie proportionnellement à la valeur de C

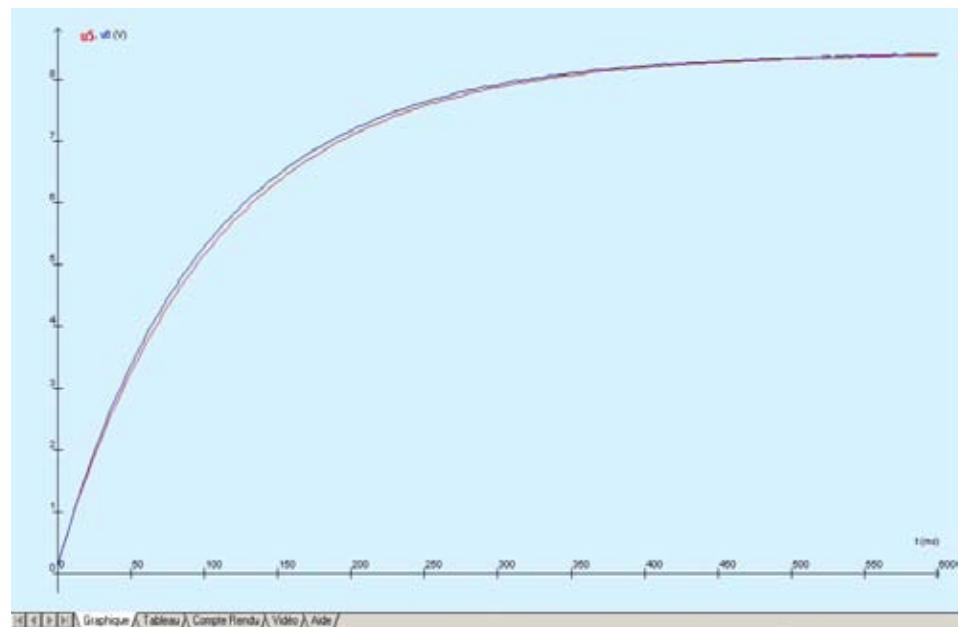
Etude du coefficient b

Le coefficient τ est proportionnel à R et à C. On constate qu'il est égal au produit RC, c'est la *constante de temps* $\tau = RC$.

Numériquement, on trouve :

- $\tau = 10 \text{ ms}$ [courbe $u_4(t)$],
- $\tau = 100 \text{ ms}$ [courbe $u_5(t)$],
- $\tau = 100 \text{ ms}$ [courbe $u_6(t)$].

Si on rassemble sur le même écran les deux courbes $U_c(t)$ correspondant aux deux couples ($C = 100 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$) : *courbe u5(t)* et ($C = 1000 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$) : *courbe u6(t)*, on constate que ces deux courbes sont superposables, aux erreurs d'expérience près.



3.6 L'étude des courbes $i(t)$

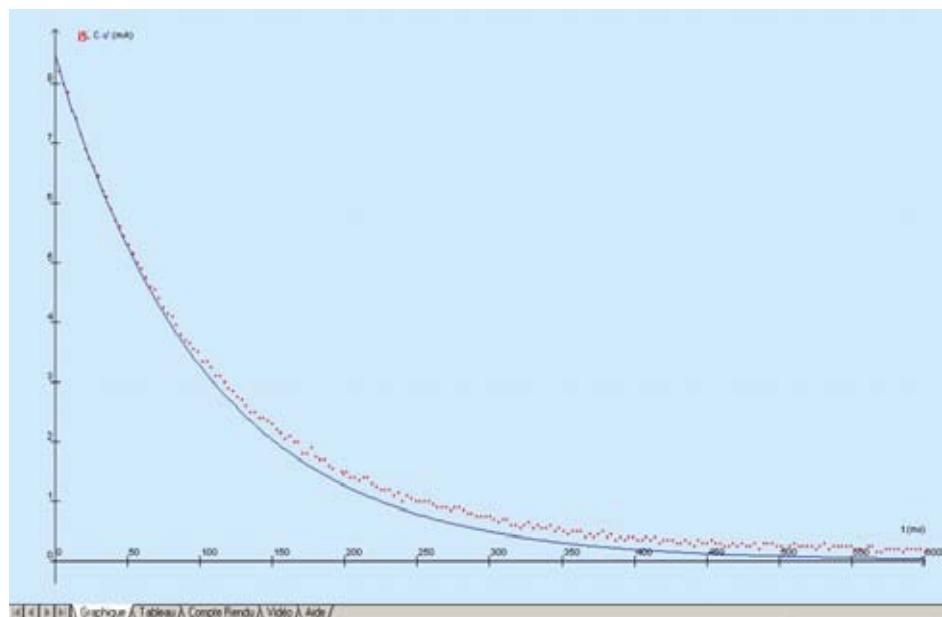
On montre (par la loi des tensions) que d'une manière générale :

$$i(t) = \frac{E - U_C(t)}{R}$$

Avec les valeurs connues de E et R , il est possible de vérifier cette relation pour une des courbes d'intensité : on construit, dans l'atelier *Calculs* de Génériss 5, la courbe $i(t)$ qu'on compare avec la courbe i_5 acquise.

De même, à partir de l'acquisition de la tension U_C , on peut montrer que la courbe de l'intensité acquise i_5 se superpose à la fonction :

$$i(t) = C \frac{dU_C}{dt}$$



Ci-dessus sont représentées les deux courbes obtenues pour le couple $C = 100 \mu\text{F}$, $R = 1000 \Omega$. La dérivée U'_C est calculée à partir du modèle de U_C .

4 Service après vente

La garantie est de 2 ans, le matériel doit être retourné dans nos ateliers.

Pour toutes réparations, réglages ou pièces détachées, veuillez contacter :

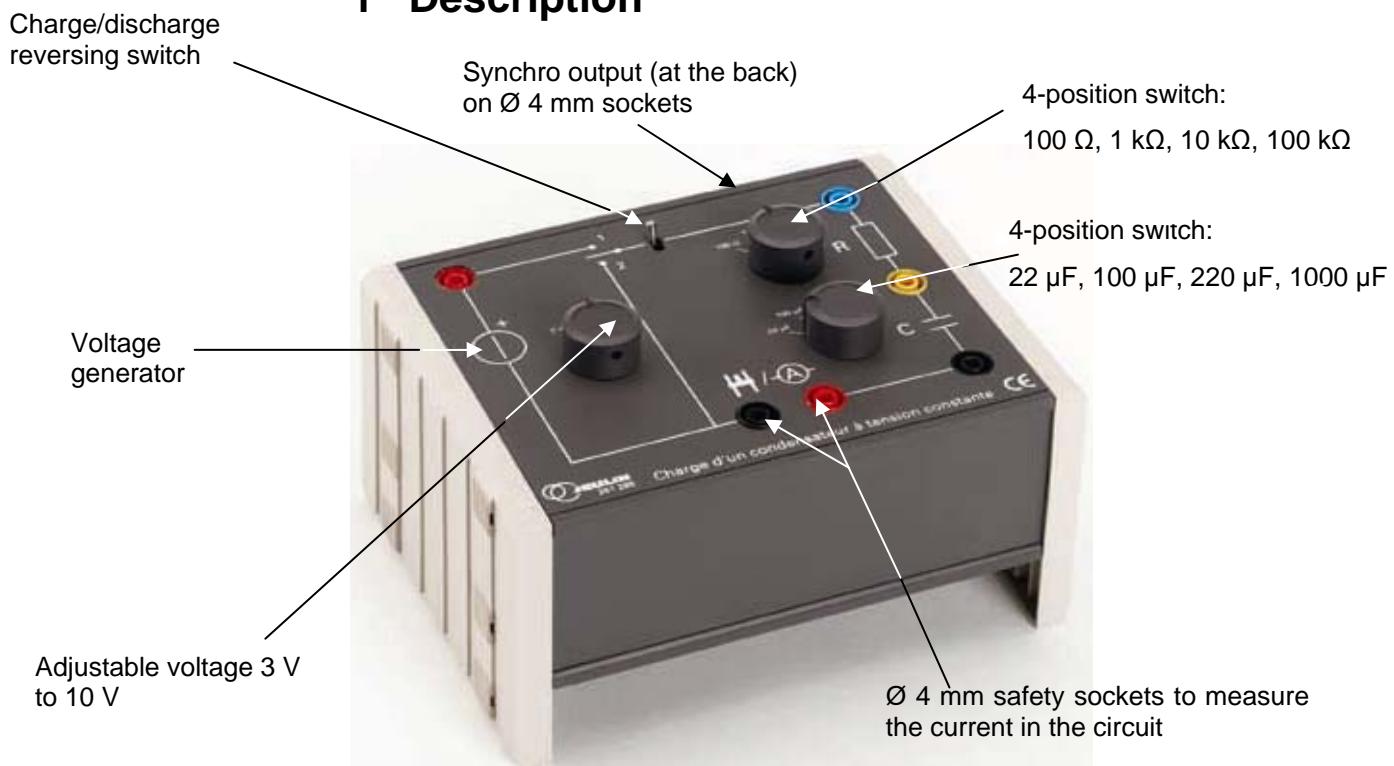
JEULIN - SUPPORT TECHNIQUE
Rue Jacques Monod
BP 1900
27 019 EVREUX CEDEX FRANCE
0 825 563 563 *
* 0,15 € TTC/ min à partir d'un poste fixe

Electricité
Charge d'un condensateur à tension constante
Ref :
281 265



NOTES

1 Description



The box consists of a voltage source, 4 resistances and 4 capacitors of different values and a charging/discharging circuit controlled by a reversing switch. The safety sockets at the terminals of the capacitor help study the charging and discharging at constant voltage.

A synchro signal triggers the recording system (oscilloscope or ExAO) to visualise the start of the charging of a capacitor.

The capacitor can be instantaneously discharged using the button located on the rear face of the box.

The device is delivered with a safety jumper. To be completed with a 12 V mains adaptor, **Part no. 281 243**.

2 Technical characteristics

- **Voltage:** adjustable from 3 to 10 V DC
- **Resistances:** 100 Ω , 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω (values at +/- 1 %)
- **Capacitances:** 22 μF , 100 μF , 220 μF , 1000 μF (values at +/- 20 %)
- **Synchro output:** signal leading by 0.1 s on the voltage step
- **Outputs:** ø 4mm safety sockets
- **Power supply:** 12 V mains adaptor
- **Dimensions:** 160 x 120 x 90 mm
- **Mass:** 305 g
- **Guarantee:** 2 years

3 Experiments

3.1 Schematic diagram

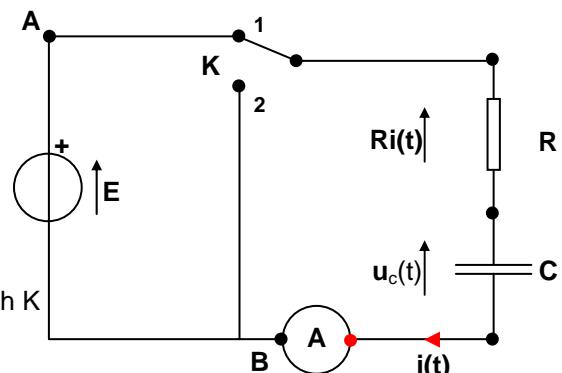
The diagram is represented in the figure hereof.

In position (1), the generator E provides a constant voltage that charges the capacitor C through a resistance R for a duration Δt .

At the end of charging, the capacitor is discharged through resistance R by short-circuiting, with the reversing switch K in position (2).

The ammeter A measures the intensity i of the charging current.

Note: If the measurement of the intensity is not desired then the ammeter is replaced by a short circuit jumper.



3.2 Preliminary adjustment of the voltage

The voltage source is set to a value between 3 and 10 V (for example $E = 9 \text{ V}$) using a voltmeter connected between points A and B. The reversing switch K is in position 2 to avoid charging the capacitor.

Note: It is possible to detect the current i by replacing the ammeter A by an ESDO ammeter adaptor and display the corresponding curve on a computer screen during the entry of voltage U_c (see the screen grab on the following page).

3.3 Manual reading of voltages

The device is designed to charge (and discharge) a capacitor long enough so that the students can observe the variations in the voltage U_c . They can also observe the variation and sign of the current $i(t)$ depending on whether the capacitor is charging or discharging.

Thus it is advisable to select a capacitor with the highest capacitance ($1000 \mu F$) and a resistance of $10 k\Omega$ (or $C = 100 \mu F$ and $R = 100 k\Omega$).

In these conditions, the time constant $\tau = RC = 104.10^3 = 10$ s. As the charging of the capacitor (at 98%) is done at $\Delta t = 5\tau$, the charging is done in about 50 s (i.e. of the order of a minute).

During this time, the students can easily observe that the voltage U_c , zero at the beginning, increases quickly then more slowly until the value of the voltage E is reached: the charging is then complete. At the same time, we can observe a sharp decrease in the current from a maximum value tending asymptotically towards zero when the charging is complete.

During discharge of the capacitor (reversing switch K in 2), the voltage U_c decreases rapidly from the value E and tends towards zero. During the same period, the current becomes *negative* and decreases from the same maximum value as during charging, then tends asymptotically towards zero when the discharging is complete.

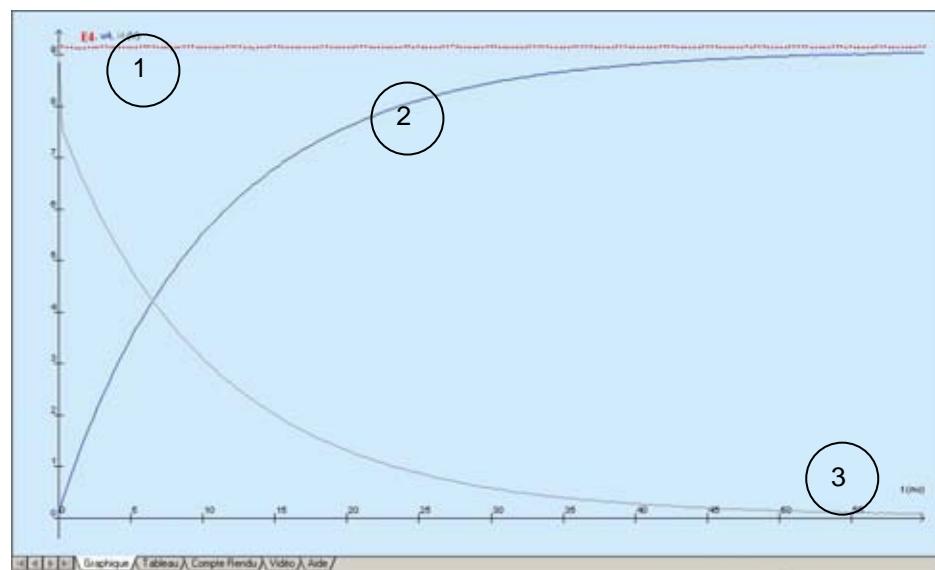
3.4 Computerized input of the voltage U_c

The charging time is not as important as it is for a manual experiment.

The choice of the capacitor and the charging current is therefore left to the student who can make various comparisons depending on the choice of the capacitor, the resistance and voltage E .

The synchro output triggers the acquisition system 0.1 s before the start of the charging or discharging of the capacitor. Thus, the beginning of the phenomenon is systematically viewed even though it lasts for a very short duration.

To use this function, it is advisable to connect the terminals of the synchro output located at the back of the box to the two synchro sockets of the ESAO® console. For a study with Généris, the “external synchro triggering of acquisitions” mode must be selected.



On the previous screen grab, the source voltage $E = 9.15 \text{ V}$ (curve 1), the voltage U_c at the terminals of the $100 \mu\text{F}$ capacitor and the current i (curve 3) were entered simultaneously.

The curves obtained confirm the observations made in the previous paragraph.

3.5 Influence of the R and C parameters

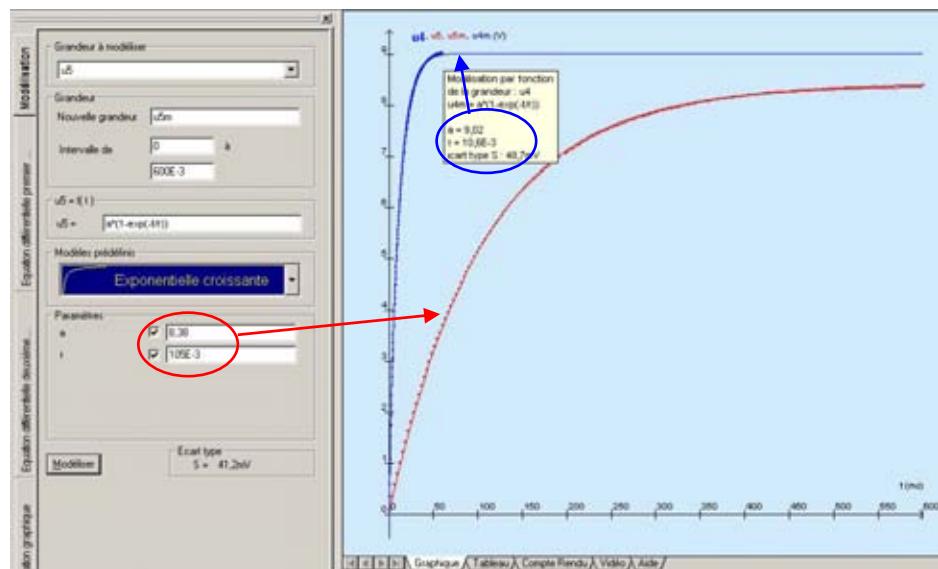
Influence of the resistance

On the same Généris 5 screen, the two curves $U_c(t)$ are combined, corresponding to the two pairs ($C = 100 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$): *curve u4(t)* and ($C = 100 \mu\text{F}$, $R = 1000 \Omega$): *curve u5(t)*.

In the *Modelling* workshop of Généris 5, we apply the “*Exponentially increasing*” predefined model to the two curves that proposes the following equation:

$$U_c(t) = a(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

The coefficient a is equal to a voltage and coefficient τ has the units of time.



The values calculated by Génériss 5 are entered in the table below:

Pair (C, R)	E (in V)	a (in V)	τ (in ms)
curve $u_4(t)$: (100 μ F - 100 Ω)	9.14	9.02	10.6
curve $u_5(t)$: (100 μ F - 1000 Ω)	8.51	8.38	105

The coefficient a is noticeably equal to the voltage E provided by the generator.

The value of the coefficient τ depends on the value of the resistance R : it varies proportionally with R .

Influence of the capacitance of the capacitor

We again combine on the same screen the two curves $u_C(t)$ corresponding to the two pairs ($C=100 \mu\text{F}$, $R=100 \Omega$): *curve $u_4(t)$* and ($C=1000 \mu\text{F}$, $R=100 \Omega$): *curve $u_6(t)$* .

After modelling we obtain the values listed in the following table:

Pair (C, R)	E (in V)	a (in V)	τ (in ms)
curve $u_4(t)$: ($100 \mu\text{F}$ - 100Ω)	9.14	9.02	10.6
curve $u_6(t)$: ($1000 \mu\text{F}$ - 100Ω)	8.51	8.38	101

We observe that: $a \approx E$

τ varies proportionally with the value of C

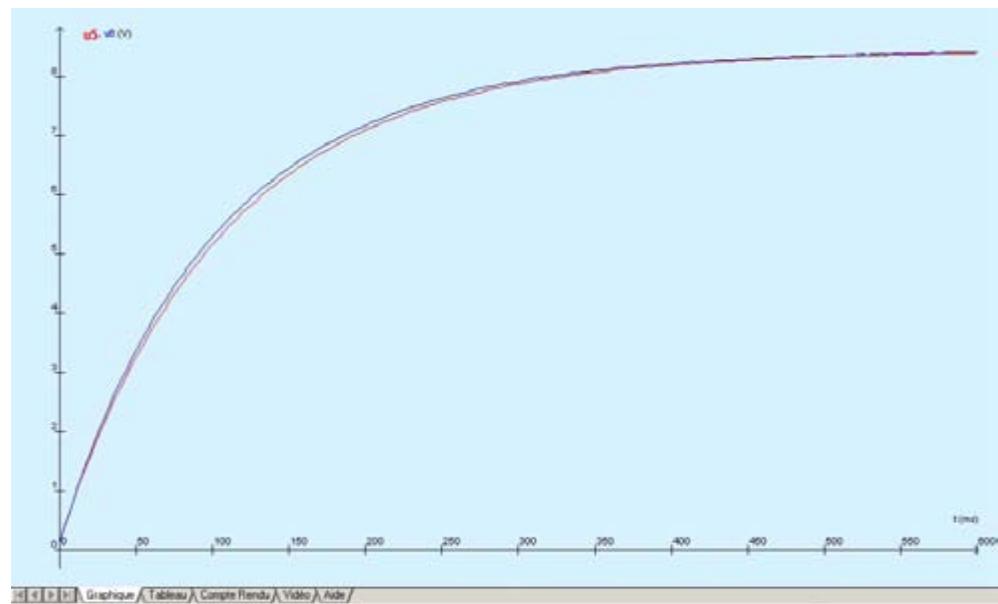
Study of the coefficient b

The coefficient τ is proportional to R and C. We observe that it is equal to the product of RC, it is known as the *time constant* $\tau = RC$.

Numerically we find that:

- $\tau = 10 \text{ ms}$ [curve $u_4(t)$]
- $\tau = 100 \text{ ms}$ [curve $u_5(t)$]
- $\tau = 1000 \text{ ms}$ [curve $u_6(t)$].

If we combine the two curves $U_c(t)$ corresponding to the two pairs ($C = 100 \mu\text{F}$, $R = 1000 \Omega$) on the same screen: *curve $u_5(t)$* and ($C = 1000 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$): *curve $u_6(t)$* , we observe that these two curves can be superimposed, considering experimental errors.



3.6 Study of the $i(t)$ curves

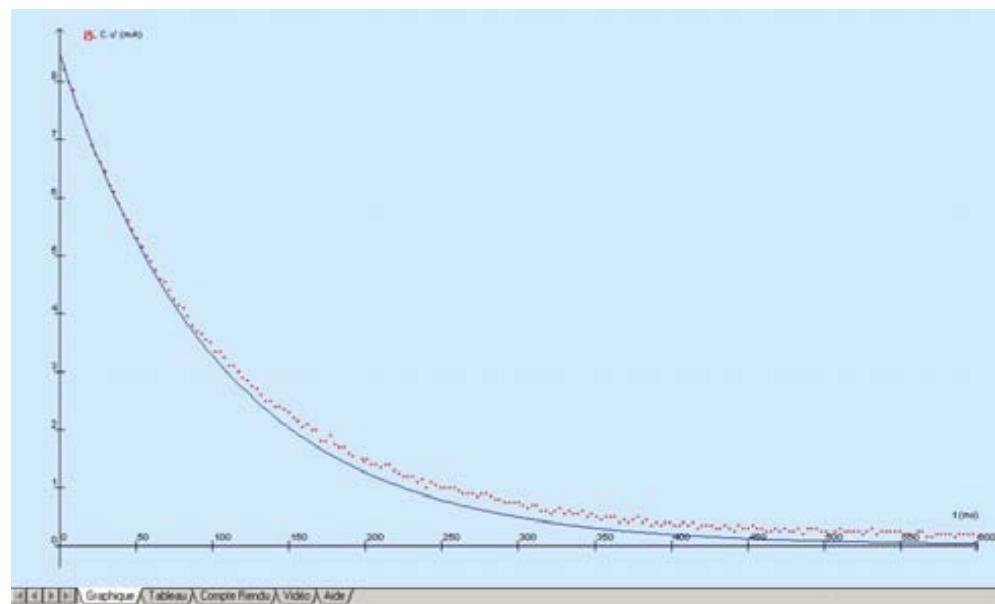
We show (from the law of voltages) that in general:

$$i(t) = \frac{E - U_C(t)}{R}$$

With values of E and R known, it is possible to verify this relation for one of the current curves: we construct, in the *Calculations* workshop of Génériss 5, the curve $i(t)$ that we compare with the acquired curve i_5 .

Similarly, from the acquisition of the voltage U_C , we can show that the current curve i_5 obtained can be superimposed on the function:

$$i(t) = C \frac{dU_C}{dt}$$



The two curves obtained for the $C = 100 \mu\text{F}$, $R = 1000 \Omega$ pairs are represented above. The derivative U'_C is calculated from the U_C model.

4 After-Sales Service

This material is under a two year warranty and should be returned to our stores in the event of any defects.

For any repairs, adjustments or spare parts, please contact:

JEULIN - TECHNICAL SUPPORT
Rue Jacques Monod
BP 1900
27 019 EVREUX CEDEX FRANCE
+33 (0)2 32 29 40 50

Electricity
Charging a capacitor at constant voltage
Ref :
281 265



NOTES

Assistance technique en direct

Une équipe d'experts à votre disposition du Lundi au Vendredi (8h30 à 17h30)

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge immédiatement votre appel pour vous apporter une réponse adaptée à votre domaine d'expérimentation : Sciences de la Vie et de la Terre, Physique, Chimie, Technologie .

Service gratuit *

0825 563 563 choix n° 3. **

* Hors coût d'appel : 0,15 € ttc / min.
à partir d'un poste fixe.

** Numéro valable uniquement pour
la France métropolitaine et la Corse.

Pour les Dom-Tom et les EEE,
utilisez le + 33 (0)2 32 29 40 50

Aide en ligne :
www.jeulin.fr

Rubrique FAQ



Rue Jacques-Monod,
Z.I. n° 1, Netreville,
BP 1900, 27019 Evreux cedex,
France

Tél. : + 33 (0)2 32 29 40 00

Fax : + 33 (0)2 32 29 43 99

Internet : www.jeulin.fr - support@jeulin.fr

Phone : + 33 (0)2 32 29 40 49

Fax : + 33 (0)2 32 29 43 05

Internet : www.jeulin.com - export@jeulin.fr

Direct connection for technical support

A team of experts at your disposal from Monday to Friday (opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request immediately to provide you with the right answers regarding your activity field : Biology, Physics, Chemistry, Technology .

Free service *

+ 33 (0)2 32 29 40 50**

* Call cost not included

** Only for call from foreign countries

