**Le dipôle RC**

**I) Rappels sur l’orientation d’un circuit.**

**1) Orientation d’un circuit et d’un dipôle.**

On va d’abord orienter le circuit à l’aide d’une orientation arbitraire définie par le sens du courant.

A

B

dipôle

i

Le dipôle est ici orienté de A vers B.

Un courant électrique est un déplacement de porteurs de charge.

**Les électrons dans un métal et les ions d’un un électrolyte.**

La mesure du débit de charges, exprimée en ampère, donne l’intensité du courant  i  qui est une grandeur algébrique : Si le courant circule dans le sens de la flèche alors i est positif, sinon, il est négatif.

La tension uAB entre les bornes A et B d’un dipôle est égale à la différence de potentiel VA – VB entre ses deux points. La tension uAB est exprimée en volt, elle est représentée par une flèche orientée de B vers A.

A

B

dipôle

i

uAB

**×**

**×**

**Convention récepteur :** en convention récepteur, la flèche précisant l’orientation du dipôle est en sens contraire par rapport à la flèche utilisée pour représenter la tension uAB.

**2) Courant et tension**

En courant continu, l’intensité du courant est constante. Elle est notée avec une lettre Majuscule I. Elle correspond à un débit de charges électriques.

La quantité d’électricité ΔQ qui traverse une portion de circuit pendant la durée Δt  est donnée par la relation :

|  |  |
| --- | --- |
|  | ΔQ en Coulomb  Δt en seconde  I en Ampère |

ΔQ = I. Δt donc on peut écrire **I = ΔΔ**

Une tension continue entre deux points A et B d’un circuit est notée : UAB.

Pour les courants et les tensions variables les grandeurs sont notées avec des lettres minuscules : i  et uAB

**4) Le conducteur ohmique : Loi d’Ohm.**

R

I

UAB

A

B

On a vu en 1ère la loi d’Ohm

**UAB = R.I**

**×**

**×**

En courant variable, On peut aussi écrire **uAB = R.i** à condition que i et uAB soient correctement orientés.

**II) Les condensateurs.**

**1) Description :**

Un condensateur est formé de deux conducteurs métalliques appelés armatures, séparés par un isolant.

C

A

B

armature

isolant

**×**

**×**

**2) Propriétés d’un condensateur :**

On a montré en TP que :

la tension aux bornes d’un condensateur dépend de la charge accumulée sur chaque armatures.

C

A

B

UAB

qA

qB

**×**

**×**

qA et qB désignent les charges portées les armatures A et B

On a toujours qA = - qB

On a montré que **UAB =**

**III) Charge d’un condensateur à courant constant**

**1) Montage :**

K

Montage déjà utilisé en TP

Le générateur est un générateur de courant constant. (Notez la représentation)

Avant qu’on ne ferme le circuit le condensateur est déchargé : qA = qB = 0 C

à t = 0s, on ferme le circuit et on enclenche le chronomètre. On note l’intensité I du courant qui circule.

C

I

A

B

UAB

**×**

**×**

R

**2) Observations.**

Le générateur utilisé délivre un courant d’intensité I.

Pendant la charge l’armature A se charge positivement, qA > 0 et donc ; puisque qA = - qB; l’armature B se charge négativement, qB < 0.

Puisque UAB = on alors UAB positive croissante.

**3) UAB = f(t) si I =Cte**

On avait trouvé

0

1

2

3

4

5

**t(s)**

0

2

4

6

8

10

**UAB (V)**

La tension UAB est proportionnelle à t

On peut donc écrire UAB =k.t,

On a I = ΔΔ = = donc qA = I.t

Comme UAB = , on peut écrire UAB =

le pente de la droite mesure donc le rapport

Calculer la pente de cette droite : p = ...

Calculer amors la capacité C du condensateur sachant que le courant délivré est I = 0,2 mA

En conséquence :

La charge qA de l’armature A du condensateur est proportionnelle à la tension uAB: **qA = C.uAB**

C est appelée capacité du condensateur. Elle s’exprime en farad (F).

La charge qA de l’armature A s’exprime en coulomb (C).

La tension uAB s’exprime en volt (V).

**V) Charge d’un condensateur par un échelon de tension.**

**1) Dipôle (R, C) soumis à un échelon de tension.**

Un échelon de tension E est le passage instantané d'une tension E =0 à une tension de valeur constante E.

E

t

0

**2a) Montage :**

K1

•

K2

•

E

Dans ce montage

E = 5V, R =1000Ω et C= 20μF

Les tensions enregistrées sont

UDB et UAB

•

D

E1

R

UDB

A

E0

UAB

B

**3a) Courbes obtenues :**

0

0,01

0,02

0,03

0,04

0,05

0,06

0,07

0,08

0,09

0,1

0,11

0,12

**t(s)**

0

1

2

3

4

5

6

U(V)

Courbe uAB = f(t) : la tension uAB augmente au cours du temps.

Il existe un régime transitoire qui correspond à la charge du condensateur et un régime permanent lorsque le condensateur est chargé.

Lorsque le condensateur est chargé, la tension uAB ≈ 5 V. C’est la tension délivrée par le générateur de tension.

**2b) variante**

Refaire le schéma de façon à acquérir simultanément la tension aux bornes du conducteur ohmique et la tension aux bornes du générateur.

**3b) courbes obtenues**

0

0,01

0,02

0,03

0,04

0,05

0,06

0,07

0,08

0,09

0,1

0,11

0,12

**t(s)**

0

1

2

3

4

5

6

**3c) Justification qualitative de uR = f(t)**

D’après la loi d’additivité des tensions on a uDB = uDA + uAB.

uDB est constante puisque égale à E, donc puisque le condensateur se charge, sa tension uAB augmente et donc la tension uDA = uR diminue et comme uR et i sont proportionnels alors c’est que i est maximum au début de la charge et nulle à la finn de la charge.

**4) Facteurs intervenant sur la durée de la charge.**

La charge du condensateur n'est pas instantanée. Il existe un régime transitoire (charge du condensateur) et un régime permanent (condensateur chargé).

Le condensateur d’un dipôle (R, C) soumis à un échelon de tension ne se charge pas instantanément :

la charge d’un condensateur est un phénomène transitoire.

La durée de charge du condensateur d'un dipôle (R, C) dépend de la résistance du conducteur ohmique et de la capacité du condensateur.

La durée de charge du condensateur augmente avec la valeur du produit R.C.

|  |  |
| --- | --- |
|  | τ en seconde  R en ohm  C en Fard |

On appelle constante de temps du circuit (R, C), la valeur **τ= R.C**.

Le produit R.C est  bien homogène à un temps.

Méthode graphique pour obtenir **τ**

1ère méthode tangente à t=0 ; 2ème méthode 63% ucmax

**5) Équation différentielle :**

Pour trouver l'équation différentielle, il faut orienter le circuit, écrire la loi d'Ohm aux bornes de chaque dipôle et utiliser l'additivité des tensions.

**a) Expression de équation différentielle**

On a donc (1) uDB = uDA + uAB qu’on peut écrire aussi sous la forme ug = uR + uC

Soit (2) E = Ri + voir propriétés de bases du conducteur ohmique et du condensateur.

MAIS on a vu que **I = ΔΔ** propriété reliant la charge qui circule et l’intensité. Cette propriété n’est valable qu’en courant constant, si le courant est variable on préfère écrire **i = « i est la dérivée de qA par rapport au temps »** Pourquoi qA et non qB? prolongez la flèche de i dans le sens de i et vous pointez sur A !

(2) peut donc s’écrire (3) Dans cette dernière expression tout est constant sauf qA. Cette expression utilise qA et sa dérivée première c’est donc une équation différentielle pour qA.

**b) Solution de l’équation différentielle**

On propose comme solution pour cette équation différentielle qA = A.(B +exp())

Il ne reste qu’à trouver les expressions de A, B et D.

1ère étape : dériver l’expression de qA par rapport à t : =

2ème étape : reporter l’expression trouvée dans (3) :

3ème étape : trier ! : on peut écrire l’expressions sous la forme exp()(………) + (……….) =0

4ème étape : pour que la somme soit nulle il faut que chaque terme entre parenthèse soit nulle.

On obtient donc deux expressions ; chacune pouvant être éventuellement factorisée.

5éme étape : on a encore une hésitation on connaît l’expression de A.B On a vu que l’intensité mais ni A, ni B.

Utilisons les conditions initiales : à t=0s le condensateur est déchargé donc qA(t=0) = 0 soit

finalement, on trouve **qA = CE.(1-exp(τ))**

A partir de cette expression on peut déduire uAB = CE.(1-exp(τ)) et i = τ.exp(τ)

**6) Expression de la constante de temps τ**

D’après la 1ère méthode proposée plus haut : τ est l’abscisse de l’intersection de la tangente à uc pour t=0s avec le maximum de uc.

Cherchons l’expression de la pente de la tangente à t=0s : c’est la valeur de la dérivée de uC pour t=0s

donc p = τ et comme p = ΔΔ = = τ finalement on trouve bien τ = R.C

vérifions la 2ème méthode Quelle est la valeur de uc(t=τ) par rapport à uCmax ?

uc(t=τ) = CE.(1-exp(ττ)) = CE(1-e-1) et donc τ = = 1-e-1 =

**VI) Décharge d’un condensateur.**

**1)   Montage et 2) Courbe obtenue**

C’est le même que celui présenté en V) sauf que l’interrupteur est basculé sur 2

0

0,01

0,02

0,03

0,04

0,05

0,06

0,07

0,08

0,09

0,1

**t(s)**

0

1

2

3

4

5

6

E

K1

K2

R

A

B

D

E0

E1

UAB

UDB

u(t)

**3) Justification qualitative de uR = f(t)**

D’après la loi d’additivité des tensions on a 0 = uDA + uAB donc uDA = - uAB

La tension aux bornes du condensateur est toujours l’opposée de la tension aux bornes de R.

Comme le condensateur se décharge sa tension diminue.

La tension aux bornes de R diminue et donc l’intensité qui circule tend vers zéro.

**4) Équation différentielle :**

Pour trouver l'équation différentielle, il faut orienter le circuit, écrire la loi d'Ohm aux bornes de chaque dipôle et utiliser l'additivité des tensions.

**a) Expression de équation différentielle**

On a toujours uDB = uDA + uAB qu’on peut écrire aussi sous la forme 0= uR + uC

Soit 0 = Ri - voir propriétés de bases du conducteur ohmique et du condensateur.

On peut donc écrire Dans cette dernière expression tout est constant sauf qA. Cette expression utilise qA et sa dérivée première c’est donc une équation différentielle pour qA.

**b) Solution de l’équation différentielle**

On propose comme solution pour cette équation différentielle qA = A.exp() ( 3’ )

Il ne reste qu’à trouver les expressions de A et D.

1ère étape : dériver l’expression de qA par rapport à t : =

2ème étape : reporter l’expression trouvée dans (3’) :

3ème étape : trier ! : on peut écrire l’expressions sous la forme exp()(………)=0

4ème étape : pour que l’expression soit nulle (et puisque c’est un produit) il faut qu’un des termes soit nulle.

Ce ne peut être que

On trouve donc D =

5éme étape : on a encore une hésitation on ne connaît pas A.

Utilisons les conditions initiales : à t=0s le condensateur est chargé donc qA(t=0) = qA(0) soit

finalement, on trouve **qA = CE.exp(τ)**

A partir de cette expression on peut déduire uAB = CE.exp(τ) et i = -τ.exp(τ)

**VII) Energie emmagasinée dans un condensateur.**

« On montre que »

|  |  |
| --- | --- |
|  | EC en Joule  U en Volt  C en Fard  q en Coulomb |

**EC = . C .UC2 = .**