




Tale Spé	Chap 14	CODE <i>Quizinière</i> :	COMPORTEMENT CAPACITIF D'UN CONDENSATEUR
Activité expérimentale 14-B		Mesure de l'épaisseur d'une feuille de papier	
CAPACITES EXIGIBLES AU BACCALAUREAT			
	Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, d'un multimètre ou d'une carte d'acquisition, l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.		
	- Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.		
	Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs.		

Les condensateurs peuvent être utilisés pour de nombreuses applications. On se propose ici de mesurer l'épaisseur d'une feuille de papier en mesurant la capacité d'un condensateur artisanal. Le nombre de mesures étant important, on va automatiser la mesure de la capacité à l'aide d'un microcontrôleur Arduino et d'un programme informatique.

### Comment automatiser la mesure de la capacité d'un condensateur ? Comment cette mesure permet-elle d'accéder à l'épaisseur d'une feuille de papier ?

Le travail sera réalisé par groupe de 3 élèves. Chaque élève aura un rôle à tenir dans son groupe : informaticien, expérimentateur et rédacteur. Constituez votre groupe et répartissez-vous les rôles grâce aux cartes distribuées par le professeur.



L'informaticien sera responsable de l'étude et de la modification du programme pour faire fonctionner le microcontrôleur Arduino.



L'expérimentateur devra fabriquer méticuleusement le condensateur et réaliser le circuit électrique avec le plus grand soin.



Le rédacteur sera chargé de la formulation des réponses et de la rédaction du compte rendu de l'activité. Cependant, il est conseillé aux autres membres du groupe de prendre aussi des notes.

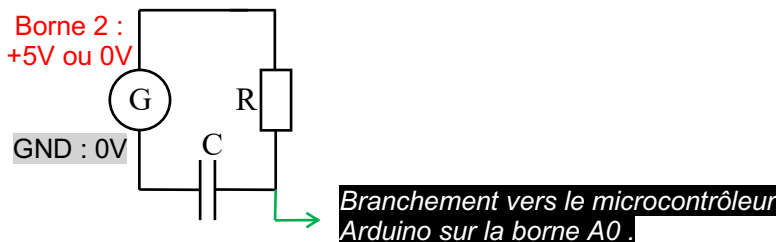
## A. Mesure de la capacité d'un condensateur industriel

### Document 1 : Circuit électrique à réaliser



Réaliser le circuit ci-contre avec le microcontrôleur Arduino. Attention de bien repérer les différentes bornes.

Il correspond au circuit de charge/décharge d'un condensateur et est équivalent à celui schématisé ci-dessous, le générateur pouvant délivrer soit une tension de 5V, soit une tension de 0V.



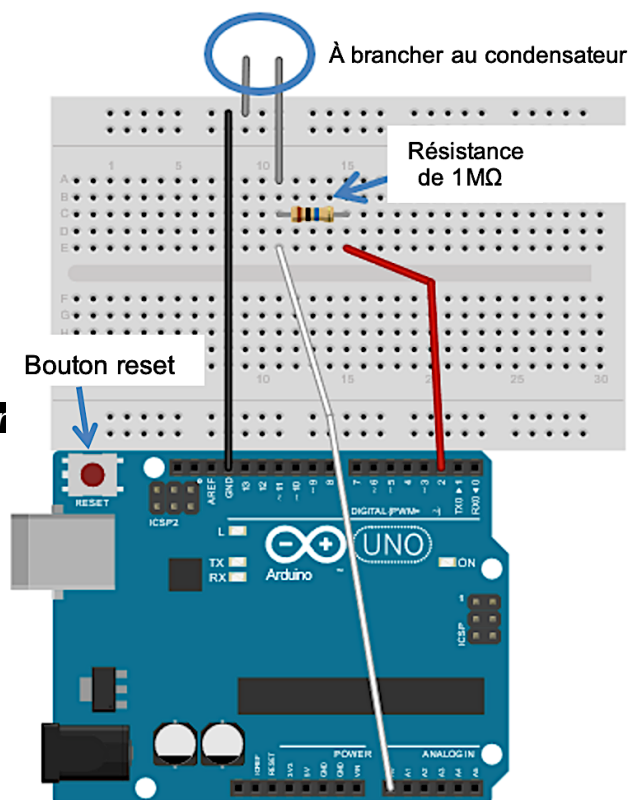
La **borne 2 (fil rouge)** peut être portée à +5V pour charger le condensateur, ou à 0V pour le décharger.

La **borne A0 (fil blanc)** permet de mesurer la tension aux bornes du condensateur.

La **borne GND (fil noir)** correspond à la masse (0V).

Le condensateur utilisé ici sera un condensateur industriel de capacité 10 nF.

Une fois le circuit réalisé brancher le câble USB du microcontrôleur Arduino à l'ordinateur.



## Document 2 : Logiciel Arduino et programme utilisé



Copier le dossier : « Programme » dans votre dossier personnel. Ouvrir le programme nommé « programme\_mesure » à l'aide du logiciel Arduino (ce PC → Windows (C :) → Programme(x86) → Arduino).

**Étudier attentivement le programme ci-dessous :**

1	// broches	}	<b>Définition des bornes d'alimentation et de mesure. La borne A0 qui mesure la tension aux bornes du condensateur en donne une valeur numérique sur 10 bits. Elle peut prendre <math>2^{10} = 1024</math> valeurs différentes comprises entre 0 (qui correspond à 0 V) et 1023 (qui correspond à 5 V).</b>
2	const int(Alim) = 2;		
3	const int(mesure) = A0;		
4	// grandeurs		
5	unsigned long debutCharge;	}	<b>Définition des variables qui seront utilisées par le programme</b>
6	unsigned long t;		
7	unsigned long t10 = 0;		
8	float C ;		
9	float R = ;		
10	int i;	}	<b>La fonction setup() {...} ne s'exécute qu'une seule fois</b>
11	void setup(){		
12	// initialisation moniteur série	}	<b>préparation de l'écriture des résultats dans le moniteur série</b>
13	Serial.begin(9600);		
14	Serial.println(" mesure... ");		
15	for(i=0 ; i<10 ; i++){		
16	// décharge préalable de C (mise à 0V pendant 1s)		<b>Démarrage d'une boucle « for » qui va réaliser 10 fois les instructions comprises entre les lignes 16 et 25. La mesure est rendue plus précise par cette automatisation et cette moyenne de 10 mesures successives.</b>
17	pinMode(Alim, OUTPUT);		
18	digitalWrite(Alim, LOW);		
19	delay(1000); //attente de 1s		
20	// charge de C		
21	digitalWrite(Alim, HIGH);		
22	debutCharge=millis();		
23	while(analogRead(mesure) < 1023){		
24	//La valeur 1023 correspond à la valeur numérisée de E = 5,0V. Le condensateur se charge jusqu'à cette valeur.		
25	}		
26	t = millis() - debutCharge;	}	<b>La fonction millis() est une fonction "chronomètre" : elle prend la valeur de la durée écoulée depuis le lancement du programme (ou depuis l'appui sur reset) en millisecondes.</b>
27	t10=t10 + t ;		
28	}	}	<b>Calcul de la moyenne des 10 mesures. « float » indique qu'il s'agit d'un nombre décimal (à virgule). Cette durée est notée t.</b>
29	float (t) = float(t10)/10;		
30	//affichage :	}	<b>Indique ce qui s'affiche dans le moniteur série. Ici il s'agit de la durée de charge t du condensateur en ms.</b>
31	Serial.print("duree de charge : ");		
32	Serial.print(t);		
33	Serial.println(" ms ");		
34	}		
35	void loop(){		
36	}		

### Répondre au QCM sur

<b>S'approprier</b>	- Analyser et comprendre un programme.	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
---------------------	--	----------	----------	----------	----------

#### Téléverser le programme dans la carte :

- Une fois le microcontrôleur connecté à l'ordinateur, vérifier qu'il est bien détecté par le logiciel (en bas à droite). Dans le cas contraire prévenir le professeur.
- Cliquer sur Outils/Port/ sélectionner le port qui apparaît (ex : COM6).
- Téléverser le programme de l'ordinateur vers le microcontrôleur :
- Ouvrir le moniteur série qui affiche les messages envoyés par l'Arduino : Outils/Moniteur série
- Après quelques secondes, le moniteur série affiche la valeur de la durée moyenne de charge t du condensateur.
- Pour faire une autre acquisition, il suffit de relancer le programme en appuyant sur le bouton reset (voir document 1).



**A.1.** Dans le programme, indiquer la valeur de la résistance en ohm à la ligne 9.



**A.2.** Modifier le programme pour qu'il mesure le temps caractéristique  $\tau$ . On rappelle qu'à  $t = \tau$ , le condensateur est chargé à 63% de sa valeur maximale. Écrire dans le compte-rendu la ligne qui a été modifiée avec ses modifications.

**En cas de difficulté, vous pouvez venir au bureau pour scanner l'aide n°1**



**A.3.** Modifier le programme pour qu'il calcule la capacité C du condensateur en nF (ligne 30 ci-dessous à compléter) et qu'il affiche sa valeur dans le moniteur série (lignes 35,36 et 37 ).

Rappel : le temps caractéristique est égal à  $\tau = R \times C$ , avec R la résistance en série avec le condensateur de capacité C.

**En cas de difficulté, vous pouvez venir au bureau pour scanner l'aide n°2**

29	<code>float (t) = float(t10)/10;</code>
30	.....
31	<code>//affichage :</code>
32	<code>Serial.print("duree de charge : ");</code>
33	<code>Serial.print(t);</code>
34	<code>Serial.println(" ms ");</code>
35	.....
36	.....
37	.....
38	<code>}</code>
39	<code>void loop(){</code>
40	<code>}</code>

**A.4.** Lancer le programme et noter la valeur affichée. Comparer la capacité  $C_{\text{indus}}$  du condensateur industriel mesurée à l'aide du microcontrôleur avec celle affichée sur le composant.

Poster une capture d'image du moniteur série avec la valeur de $C_{\text{indus}}$ sur <i>Quizinière</i>					
Capacité exigible	- Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur	D	C	B	A
Valider	- Comparer une mesure à une valeur de référence	D	C	B	A

## **B. Mesure de l'épaisseur d'une feuille de papier**



**B.1.** Proposer une méthode puis la mettre en œuvre pour estimer l'épaisseur d'une feuille de papier à l'aide d'une ramette de 500 feuilles et d'une règle. Noter le résultat de votre mesure.

Ecrire la méthode proposée sur <i>Quizinière</i>					
Réaliser	- Proposer et mettre en œuvre les étapes d'une démarche.	D	C	B	A

## **Document 3 : Fabrication du condensateur artisanal**




Pour réaliser le condensateur « artisanal », placer 2 feuilles d'aluminium superposées dans une pochette plastique - attention les feuilles sont très fragiles - à manipuler avec soin !

Entre les 2 feuilles d'aluminium, intercaler une feuille de papier au format A4. S'assurer que les feuilles d'aluminium ne sont pas en contact électrique.

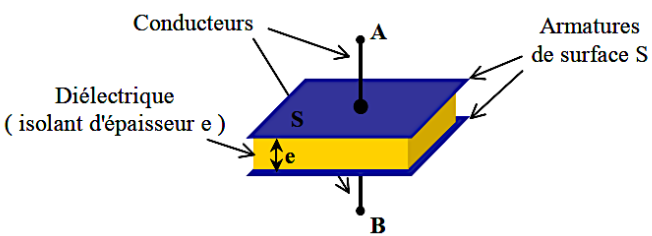
Sur chaque feuille d'aluminium, réaliser un contact électrique avec un fil soudé à un trombone (inutile de fixer le trombone à la feuille, il suffit juste de le mettre en contact).

Sur l'ensemble, placer plusieurs livres pour bien plaquer les différents éléments les uns sur les autres. Ainsi, on obtient un condensateur d'une capacité de l'ordre de quelques nanofarads.

**B.2.** Dans le montage, remplacer le condensateur industriel par sa version artisanale. Réaliser la mesure de la capacité  $C_{art}$  du condensateur artisanal.

Poster une capture d'image du moniteur série avec la valeur de $C_{art}$ sur 					
Capacité exigible	- Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur	D	C	B	A

**B.3.** Comparer les mesures de  $C_{indus}$  et  $C_{art}$ . Commenter.

Document 4 : Capacité d'un condensateur plan.	
<p>Un condensateur plan a une capacité qui vérifie la relation : <math>C = \frac{\varepsilon \times S}{e}</math></p> <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S la surface d'une armature du condensateur (en m<sup>2</sup>)</li> <li>• e l'épaisseur de l'isolant papier (en m)</li> <li>• <math>\varepsilon</math> la permittivité du papier : <math>\varepsilon = \varepsilon_0 \times \varepsilon_R</math> où <math>\varepsilon_0</math> représente la permittivité du vide qui vaut <math>\frac{1}{36 \times \pi \times 10^9}</math> et <math>\varepsilon_R</math> est la permittivité relative du papier 2,3.</li> </ul>	
	

**B.4.** Calculer la valeur de l'épaisseur de la feuille de papier e. Comparer avec la mesure réalisée à la question **B.1**.

<b>Réaliser</b>	- Effectuer des procédures courantes (calculs)	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
<b>Valider</b>	- Comparer deux valeurs entre elles - Comparer une mesure à une valeur de référence	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>

**B.5.** À l'aide du dispositif, mener une démarche expérimentale pour montrer l'influence de l'épaisseur de l'isolant papier sur la capacité du condensateur.

**En cas de difficulté, vous pouvez venir au bureau pour scanner l'aide n°3**

**B.6.** Trouver une application pour un tel dispositif en expliquant son principe.

<b>Capacité exigible</b>	- Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
<b>Communiquer</b>	- Expliquer le fonctionnement de quelques capteurs capacitifs.	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
<b>Communiquer</b>	- Rédiger de manière argumentée et soignée en utilisant un vocabulaire adapté.	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>