

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales**

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **six** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Le premier ordinateur équipé d'un écran tactile a été conçu en 1972 par la société IBM. Il était équipé d'un dispositif de reconnaissance du toucher grâce à des diodes électroluminescentes infrarouges disposées autour de l'écran. D'autres technologies ont été développées en parallèle (résistive, capacitive, ultrasonore...), mais le principe de base est toujours le même : parvenir à détecter la présence du doigt de l'utilisateur et déterminer sa position sur l'écran.

Aujourd'hui, les écrans tactiles sont très présents, notamment dans les smartphones et les tablettes qui utilisent principalement la technologie capacitive, très efficace sur le plan de la sensibilité au toucher.

Le but de cette épreuve est de mettre en œuvre un circuit électrique modélisant le fonctionnement simplifié d'un écran tactile capacitif et de paramétrer le programme informatique associé.

ÉCRAN TACTILE CAPACITIF (Version A)

Session
2025

CORRECTION © <https://www.vecteurbac.fr/>

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Principe de fonctionnement d'un écran tactile capacitif

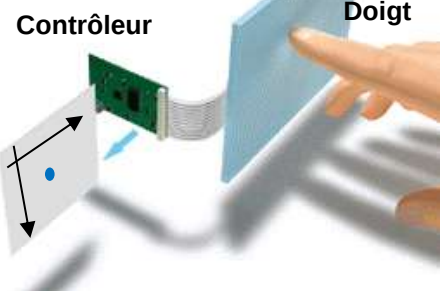
Un écran tactile capacitif est constitué principalement de deux éléments : une vitre en verre recouverte d'une couche conductrice uniformément chargée sur laquelle se pose le doigt et un contrôleur de traitement.

On modélise la surface d'un écran tactile par un ensemble de surfaces élémentaires chargées, repérées par leurs coordonnées spatiales (A ; 0), (A ; 1), (B ; 0), etc.

	0	1	2	...
A				
B				
C				
...				

Une surface élémentaire

Vitre recouverte d'une couche conductrice



Position du doigt sur l'écran

Lors du contact d'un doigt (conducteur) sur la vitre, la surface se décharge localement, induisant une diminution de tension qui permet au contrôleur de déterminer la position du contact. Nous considérons, pour simplifier, que le contact du doigt sur la vitre modifie la charge d'une seule surface élémentaire.

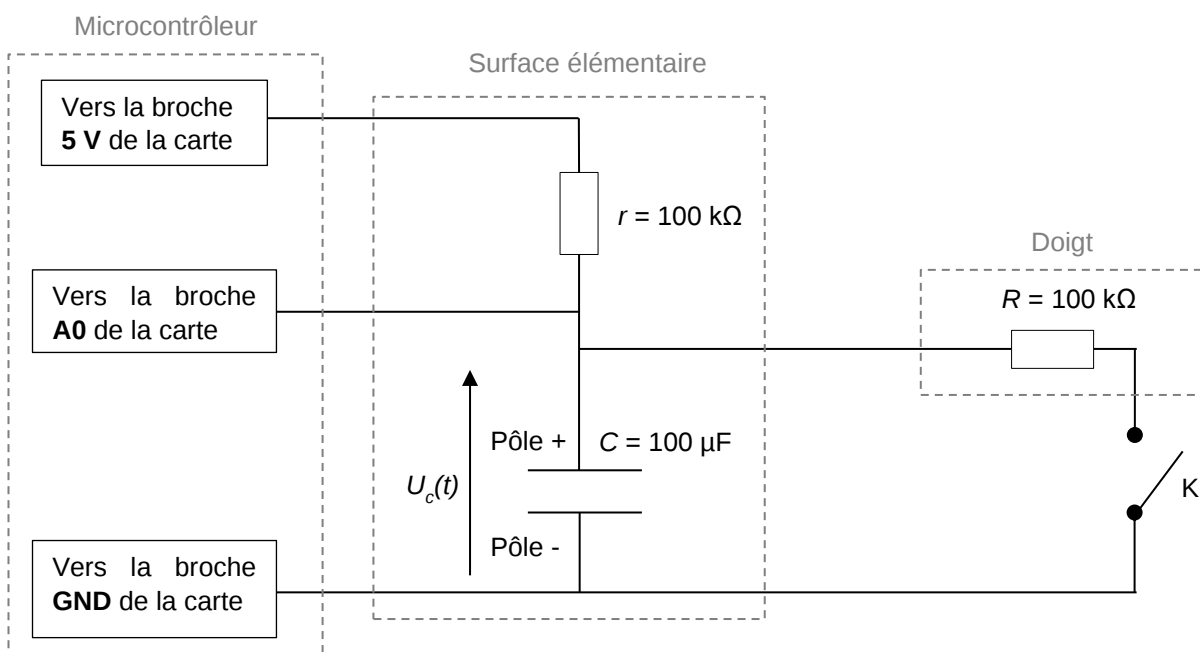
Par la suite, la position du doigt sera schématiquement représentée par une croix dans un tableau par le programme informatique, par exemple aux coordonnées (A ; 0) comme indiqué ci-contre.

	0	1
A	x	
B		

Schéma du circuit électrique modélisant une surface élémentaire

L'ensemble {surface élémentaire + doigt} peut être modélisé par le circuit électrique simplifié ci-dessous.

Le dispositif comporte une carte microcontrôleur Arduino UNO non représentée : seules les connexions vers les broches de la carte sont schématisées.



Il est impératif de respecter la polarité du condensateur électrolytique lors de son branchement dans le circuit.

- Chaque surface élémentaire est modélisée par un condensateur de capacité C branché en série avec un conducteur ohmique de résistance r ; l'ensemble est alimenté par une tension continue délivrée par la carte microcontrôleur.
- Un doigt (conducteur) est modélisé par un conducteur ohmique de résistance R .
- L'action de poser un doigt sur la vitre est modélisée par la fermeture de l'interrupteur K .

Le dispositif comporte également un programme informatique de commande du microcontrôleur écrit en langage Arduino.

Caractéristiques de fonctionnement de la surface élémentaire modélisée

- On considérera, à travers le programme informatique, qu'un doigt est en contact avec la surface élémentaire lorsque la tension mesurée par le microcontrôleur devient inférieure à une tension de référence notée $U_{réf}$ telle que :

$$U_{réf} = \frac{1}{2} \times (U_{max} + U_{min})$$

avec :

- U_{max} la tension maximale mesurée lorsque l'interrupteur K est ouvert ;
 - U_{min} la tension minimale mesurée lorsque l'interrupteur K est fermé.
- Pour simuler le fonctionnement d'une surface élémentaire lors du contact d'un doigt nous considérons que le circuit électrique doit répondre aux deux critères suivants :
 - La diminution de la tension $U_{max} - U_{min}$ doit être **supérieure à 100 mV**.
 - Le temps, appelé temps de réponse, mis par la tension mesurée par le microcontrôleur pour passer de U_{max} à $U_{réf}$ doit être **inférieur à une seconde**.
- Propriété : dans la situation étudiée, le temps de réponse diminue si la valeur de la résistance r diminue (et inversement).

Extrait du programme affichage de commande du microcontrôleur « Programme affichage.ino » pour une surface élémentaire

n° de ligne	
5	<pre>// ===== MESURE ET AFFICHAGE DE LA TENSION ===== Uc_NUM0 = analogRead(A0); // Lis la valeur numérique de la tension Uc0 = Uc_NUM0 * 5.0 / 1023; // Conversion en Volt (10 bits soit 1024 valeurs sur 5V) Serial.print("Uc0 = "); Serial.print(Uc0); // Affiche la tension Serial.println("V"); // ===== FIN DE LA MESURE ET AFFICHAGE DE LA TENSION =====</pre>
10	<pre>// ===== TEST DE CONTACT DU DOIGT AVEC UNE SURFACE ELEMENTAIRE ===== if (Uc0 < 3) { C0 = 'x'; } else { C0 = ' '; } // === FIN DU TEST DE CONTACT DU DOIGT AVEC UNE SURFACE ELEMENTAIRE ===</pre>

Remarque : ce programme devra être téléversé dans la carte microcontrôleur et modifié au cours de l'épreuve.

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Acquisition de la tension aux bornes du condensateur (20 minutes conseillées)

- Faire le circuit électrique modélisant une « surface élémentaire avec ou sans contact du doigt », et les connexions au microcontrôleur Arduino UNO. **A faire expérimentalement.**
- Le logiciel Arduino IDE affiche le programme « *Programme_acquisition.ino* » qui est déjà téléversé sur la carte microcontrôleur ; il permet de réaliser l'acquisition de la tension $U_C(t)$.
Note : ce programme ne doit pas être modifié.

1.1. Observer le programme puis répondre aux questions suivantes.

Quelle est la durée de l'acquisition et la période d'échantillonnage ?

Dans le programme (en annexe) téléversé sur la carte microcontrôleur est inscrit :

Ligne 3 : `const int Te = 1000; // Période d'échantillonnage en millisecondes`

Ligne 4 : `const int duree = 90; // Durée de l'acquisition en seconde`

Ainsi, la durée de l'acquisition est de 90 secondes et la période d'échantillonnage 1000 millisecondes.

Sur quelle broche du microcontrôleur est mesurée la tension ?

Dans le programme (en annexe) téléversé sur la carte microcontrôleur est inscrit Ligne 18 : `pinMode(A0, INPUT);`

et Ligne 28 : `Uc_NUM = analogRead(A0); // Lis la valeur numérique de la tension`

Ainsi, la tension est mesurée sur la broche A0 du microcontrôleur

Quelle(s) grandeur(s) seront affichées à l'écran à l'exécution du programme ?

Dans le programme (en annexe) téléversé sur la carte microcontrôleur est inscrit

Ligne 32 : `Serial.print('\t'); // Insère une tabulation`

Ligne 33 : `Serial.println(Uc);`

A l'exécution du programme, les grandeurs affichées à l'écran sont le temps t et la tension U_C

1.2. Faire apparaître le moniteur série sur le logiciel Arduino IDE pour démarrer l'acquisition. **A faire expérimentalement.**

À l'aide des informations mises à disposition, faire une acquisition de la tension $U_C(t)$ de manière à simuler le contact d'un doigt sur la surface élémentaire (phase 1) puis le retrait du doigt (phase 2) en fermant l'interrupteur puis en ouvrant l'interrupteur à la moitié de l'acquisition environ. **A faire expérimentalement.**

Lors du démarrage de l'acquisition l'interrupteur doit être ouvert et un temps suffisant doit être laissé pour que la tension $U_C(t)$ atteigne sa valeur finale lors de chaque étape. **A faire expérimentalement.**

Remarque : recommencer si l'acquisition n'est pas satisfaisante.

1.3. À l'aide du guide fourni, transférer les données t et U_C du moniteur série de l'Arduino IDE vers le tableur-grapheur. **A faire expérimentalement.**

À l'aide du tableau-grapheur, tracer la courbe $U_C = f(t)$. **A faire expérimentalement.**

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour vérifier l'allure de la courbe ou en cas de difficulté	

À l'aide des fonctionnalités du tableur-grapheur, déterminer la valeur des tensions minimale et maximale.

Calculer la tension de référence $U_{réf}$ et déterminer le temps de réponse de la surface élémentaire étudiée. Noter ci-dessous les résultats obtenus.

ÉCRAN TACTILE CAPACITIF (Version A)

Session
2025

CORRECTION © <https://www.vecteurbac.fr/>

Remarque : effectuer les mesures avec le maximum de précision et détailler les calculs.

Les valeurs des tensions minimale et maximale doivent être lues graphiquement sur la tableur-grapheur.

Valeurs théoriques pour le calcul : $U_{\max} = 5,0 \text{ V}$ et $U_{\min} = 2,0 \text{ V}$

$$U_{\text{réf}} = \frac{1}{2} \times (U_{\max} + U_{\min}) = \frac{1}{2} \times (5,0 + 2,0) = 3,5 \text{ V}$$

La valeur du Temps de réponse de la surface élémentaire étudiée doit être lue graphiquement sur la tableur-grapheur. Temps de réponse de la surface élémentaire étudiée (temps théorique) : $t = 3,6 \text{ s}$

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

2. Exploitation des données et détermination de r (20 minutes conseillées)

2.1. À l'aide des informations mises à disposition, indiquer si le dispositif expérimental actuel répond aux deux critères souhaités pour simuler le fonctionnement d'une surface élémentaire lors du contact d'un doigt.

Le circuit électrique doit répondre aux deux critères suivants :

- La diminution de la tension $U_{\max} - U_{\min}$ doit être supérieure à 100 mV : $U_{\max} - U_{\min} = 5,0 - 2,0 = 3,0 \text{ V} > 100 \text{ mV}$.
Ainsi, le dispositif expérimental actuel répond au premier critère.
- Le temps, appelé temps de réponse, mis par la tension mesurée par le microcontrôleur pour passer de $U_{\max}$ à $U_{\text{réf}}$ doit être inférieur à une seconde : Le temps de réponse de la surface élémentaire étudiée (temps théorique) : $t = 3,6 \text{ s}$ est supérieur à une seconde.
Ainsi, le dispositif expérimental actuel ne répond pas au premier critère.

2.2. À l'aide des informations mises à disposition et des différents conducteurs ohmiques, déterminer la valeur de la résistance r du conducteur ohmique le plus adapté au temps de réponse.

Le temps de réponse est proportionnel à $\tau = R \times C$. On cherche à diminuer le temps de réponse, ainsi, on choisira une résistance r du conducteur ohmique plus faible que celle du montage (inférieure à $100 \text{ k}\Omega$)

Remplacer dans le circuit le conducteur ohmique déjà présent par ce conducteur ohmique ; puis faire une nouvelle acquisition et un tracé de $U_C = f(t)$. **A faire expérimentalement.**

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour vérifier l'allure de la courbe ou en cas de difficulté	

2.3. Déterminer la nouvelle valeur de $U_{\text{réf}}$.

Les valeurs des tensions minimale et maximale doivent être lues graphiquement sur la tableur-grapheur. On calcule ensuite $U_{\text{réf}}$:

$$U_{\text{réf}} = \frac{1}{2} \times (U_{\max} + U_{\min})$$

3. Programme de commande du microcontrôleur pour une surface élémentaire (20 minutes conseillées)

Dans cette partie, une seule surface élémentaire est prise en compte par le microcontrôleur : il s'agit de la surface élémentaire aux coordonnées (A ; 0).

Ouvrir le programme « *Programme_affichage.ino* » dans le logiciel Arduino IDE. Observer le programme puis répondre aux questions suivantes :

3.1. Comment se nomme la variable qui enregistre la valeur de la tension mesurée sur la broche 0 et convertie en volt ?

Dans le *Programme_affichage.ino* est inscrit :

Ligne 5 : `int Uc_NUM0; // Valeur numérique de la tension`

Ainsi, la variable qui enregistre la valeur de la tension mesurée sur la broche 0 se nomme **Uc_NUM0**.

3.2. Si un doigt est en contact avec la surface élémentaire aux coordonnées (A ; 0) une croix doit s'afficher dans un tableau aux coordonnées (A ; 0) ; comment se nomme la variable qui enregistre le caractère « croix » ?

Dans le *Programme_affichage.ino* est inscrit :

Ligne 11 : `char C0 = ' ';` // Initialement la surface n'est pas en contact du doigt

La variable qui enregistre le caractère « croix » se nomme **C0**

De plus dans le module « test de contact du doigt avec une surface elementaire » du *Programme_affichage.ino* est inscrit :

```
// ===== TEST DE CONTACT DU DOIGT AVEC UNE SURFACE ELEMENTAIRE =====  
if (Uc0 < 3) { C0 = 'x'; }  
else { C0 = ' ' ; }  
// === FIN DU TEST DE CONTACT DU DOIGT AVEC UNE SURFACE ELEMENTAIRE ===
```

Téléverser le programme « *Programme_affichage.ino* » sur la carte microcontrôleur. **A faire expérimentalement.**

- Faire apparaître le moniteur série sur le logiciel Arduino IDE. **A faire expérimentalement.**
- Simuler le contact d'un doigt sur la surface élémentaire puis répondre aux questions suivantes :

3.3. Une croix s'affiche-t-elle aux coordonnées (A ; 0) du tableau ?

Lors de ma simulation, une croix ne s'affiche pas aux coordonnées (A ; 0) du tableau.

3.4. Identifier la ligne du programme « *Programme_affichage.ino* » (mis à disposition dans « Extrait du programme initial de commande du microcontrôleur ») qu'il conviendra de modifier pour que l'affichage soit correct. Indiquer la valeur à utiliser et détailler le raisonnement.

Pour que l'affichage soit correct, il faut modifier la valeur minimale de la tension pour laquelle une croix apparait :

Ligne 35 : `if (Uc0 < 3) { C0 = 'x'; }`

Il faut faire le test de la valeur de la tension mesurée lorsqu'on pose le doigt et mettre cette valeur dans la ligne 35.

- Procéder à la modification du programme. **A faire expérimentalement.**
- Téléverser le programme modifié dans la carte microcontrôleur. **A faire expérimentalement.**
- Tester la validité de la modification. **A faire expérimentalement.**

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.