

12/20

HONNORATY

DANDRE

GG

TP 6: Permittivité diélectrique des matériaux

• Expérience 1: 6,25/17

Pour Q :

$Q = C \cdot U$ avec $C = 0,22 \mu F$. et U la tension moyenne mesurée.

Pour C_c :

On a: $Q = C_c \cdot U \Rightarrow C_c = \frac{Q}{U_c}$ et Q est déterminé précédemment

(c'est le même pour les 2 capacités)

Pour E :

On a: $U = Ed \Rightarrow E = \frac{U_c}{d}$

* On cherche une relation entre Q , U_c , d , A et ϵ_r .

On sait: $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}$

$$U = Ed$$

$$\oint_A \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{int} = Q$$

Or la surface est constante et \vec{D} ne dépend pas de A

$$\text{Donc } Q = \oint_A \epsilon_0 \epsilon_r E dA = \oint_A \epsilon_0 \epsilon_r \frac{U_c}{d} dA$$

$$Q = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{U_c}{d} S dA = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{U_c A}{d} \checkmark \quad 2/2$$

On cherche une relation linéaire entre Q et d^{-1} , du type : $Q = f(d^{-1}) = a d^{-1}$ avec $a \in \mathbb{R}$

$$Q \text{ a alors : } f(d^{-1}) = \underbrace{\epsilon_0 \epsilon_r U_c A}_{a} d^{-1}$$

On a donc bien une relation linéaire de la forme $f(d^{-1}) = a d^{-1}$.

De plus le graphique sur excel respecte bien une relation linéaire.

* À la question précédente on a trouvée la relation suivante :

$$Q = \underbrace{\epsilon_0 \epsilon_r U_c A}_{a} \frac{1}{d} \quad \checkmark$$

* Comparaison entre valeur théorique et courbe trouvée :

$$f(d^{-1})_{\text{exp}} = 1.10^{-10} d^{-1} + 5 \cdot 10^{-8}$$

$$\text{On a donc : } a = 1.10^{-10} \text{ c.m}$$

$$\text{Alors } \epsilon_0 \epsilon_r U_c A = 1.10^{-10} \text{ c.m}$$

$$\Rightarrow \epsilon_0 = \frac{1.10^{-10}}{\epsilon_r U_c A} \quad \checkmark$$

$$A = \pi n^2 = \pi \times \left(\frac{258 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2 = 0,0523 \text{ m}^2$$

$$\epsilon_0 \approx \frac{7 \cdot 10^{-10}}{1 \times 10^3 \times 0,0523} \approx 1,91 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

Comparaison entre $\epsilon_{0\text{th}}$ et $\epsilon_{0\text{exp}}$:

$$\epsilon_{0\text{th}} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \quad \epsilon_{0\text{exp}} = 1,91 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\Delta \epsilon_0 = \left| \frac{\epsilon_{0\text{exp}} - \epsilon_{0\text{th}}}{\epsilon_{0\text{th}}} \right| = \left| \frac{1,91 \cdot 10^{-12} - 8,85 \cdot 10^{-12}}{8,85 \cdot 10^{-12}} \right|$$

$$\approx 0,78 = 78\%$$

On a donc une erreur relative de 78 %

Les erreurs peuvent venir du à :

- la mesure de la distance
- les lectures de tension sur l'alimentation et celle sur C.
- les décharges partiel dans l'aire.

→ l'environnement

• Expérience 2 :

(2,5/6)

$$\text{On a: } C_C = V_C \cdot C_C \Rightarrow C_C = \frac{Q}{V_C}$$

C_C correspond à la pente de la courbe.

L'équation du p.t est: $y = 7 \cdot 10^{-11} x + 3 \cdot 10^{-11}$

$$\text{Donc: } C_C = 7 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

✓ X

$$\text{On a: } Q = \epsilon_0 \epsilon_r A U_C - \frac{1}{d}$$

$$\text{Or: } Q = U_C \cdot C_C$$

$$\text{Donc: } C_C \cdot U_C = \epsilon_0 \epsilon_r A \frac{U_C}{d}$$

$$\text{D'où: } C_C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad \checkmark$$

$$\text{A.N.: } \epsilon_r = 1 ; \quad \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$1,5/1,5 \quad C_C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \times 0,0523}{3 \times 10^{-3}} = 1,543 \times 10^{-10} \text{ F} \quad \checkmark$$

$$\Delta C_C = \frac{|C_{C_{\text{exp}}} - C_{C_{\text{th}}}|}{C_{C_{\text{th}}}} = \frac{|7 \times 10^{-11} - 1,543 \times 10^{-10}|}{1,543 \times 10^{-10}} = 0,55$$

On a donc une erreur relative de 55%.

• Calcul de ϵ_0 :

$$\text{On a: } C_C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \Rightarrow \epsilon_0 = \frac{C_C \cdot d}{\epsilon_r \cdot A} \quad \checkmark$$

$$\text{A.N.: } \epsilon_0 = \frac{7 \times 10^{-11} \times 3 \times 10^{-3}}{1 \times 0,0523} = 4,015 \times 10^{-12} \text{ F/m.}$$

$$1/1,5 \quad \Delta \epsilon_0 = \left| \frac{4,015 \times 10^{-12} - 8,85 \times 10^{-12}}{8,85 \times 10^{-12}} \right| = 0,54 \Rightarrow 54\%$$

On a une erreur relative de 54%.

Les sources d'erreurs sont les même que précédemment.

DANDRE

Expérience 3:

3,25/17

HONNORATY

64

C_{air} , $C_{plastique}$, $C_{air+plastique}$ correspondent aux coefficients directeurs de chaque courbe (les pentes)

Pour C_{air} : équation du fit: $y = 4 \cdot 10^{-11} x + 1 \cdot 10^{-11}$

$$\text{Donc } C_{air} = 4 \cdot 10^{-11} F$$

Pour $C_{plastique}$: équation du fit: $y = 3 \cdot 10^{-11} x + 3 \cdot 10^{-11}$

$$\text{Donc } C_{plastique} = 3 \cdot 10^{-11} F$$

Pour $C_{air+plastique}$: équation du fit: $y = 3 \cdot 10^{-11} x + 4 \cdot 10^{-11}$

$$\text{Donc } C_{air+plastique} = 3 \cdot 10^{-11} F$$

Pour un demi-condensateur:

$$C_{air} = \underbrace{\epsilon_0}_{=1} \underbrace{\epsilon_{air}}_{\frac{A}{2d}} = \epsilon_0 \frac{A}{2d}$$

$$C_{plastique} = \underbrace{\epsilon_0}_{\epsilon_r} \underbrace{\epsilon_{plastique}}_{\frac{A}{2d}}$$

$$\text{Donc: } C_{plastique} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{2d} \Rightarrow \epsilon_r = \frac{C_{plastique}}{\epsilon_0 \frac{A}{2d}} = \frac{C_{plastique}}{C_{air}}$$

$$\text{Donc: } \epsilon_r = \frac{C_{plastique}}{C_{air}} \quad \checkmark$$

$$\text{A.N.: } \epsilon_r = \frac{3 \cdot 10^{-11}}{4 \cdot 10^{-11}} = 0,75 \quad \checkmark \quad (\text{problème: on devrait trouver } \epsilon_r > 1) \\ 1,5 / 1,5$$

L'avantage d'utiliser le plastique permet d'augmenter la capacité sans rapprocher les plaques, ce qui permet de pouvoir augmenter la tension maximale tolérée par le condensateur.

→ la charge stockée par le condensateur

On avait, pour un dom. condensateur:

Dans le cas de $C_{air+plastique}$:

$$C_{air} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{2d} = \frac{1}{2} C_{air}$$

$$C_{plastique} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{2d} = \frac{1}{2} C_{plastique}$$

$$\left. \begin{aligned} C_{air+plastique} &= \frac{1}{2}(C_{air} + C_{plastique}) \\ &= C_1 + C_2 \end{aligned} \right\}$$

A.N : $C_{air} = 8 \cdot 10^{-11} \text{ F}$

$$C_{plastique} = 1,5 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

$$\text{avec } C_1 = \epsilon_0 \epsilon_{air} \times \frac{A}{2d}$$

$$C_2 = \epsilon_0 \epsilon_{plastique} \times \frac{A}{2d}$$

1,5/1,5

Donc : $C_{air+plastique} = 3,5 \times 10^{-11} \text{ F}$

Comparaison : $\Delta C_{air+plastique} = \frac{|3,5 \times 10^{-11} - 3 \times 10^{-11}|}{3 \times 10^{-11}} = 0,17$

On trouve 17% d'erreur relative.

On trouve bien que la loi $C_{pur} = C_1 + C_2$ est vérifiée ✓

Les sources d'erreurs de $C_{air+plastique}$ sont le placement de la plaque, la mesure du diamètre et l'utilisation de mesures.

→ pas total isolation des deux plaques

Conclusion : On peut conclure que le plastique a une meilleur permittivité du vide. Aussi, plus ϵ_r est élevée, plus la charge du condensateur est grande.

de l'environnement extérieur

DANDRE

Expérience 3:

3,25/17

HONNORATY

6.4

C_{air} , $C_{plastique} > C_{air+plastique}$ correspondent aux coefficients directeur de chaque courbe (les pentes)

Pour C_{air} : équation du fit: $y = 4 \cdot 10^{-11} x + 1 \cdot 10^{-11}$

Donc $C_{air} = 4 \cdot 10^{-11} F$

Pour $C_{plastique}$: équation du fit: $y = 3 \cdot 10^{-11} x + 3 \cdot 10^{-11}$

Donc $C_{plastique} = 3 \cdot 10^{-11} F$

Pour $C_{air+plastique}$: équation du fit: $y = 3 \cdot 10^{-11} x + 4 \cdot 10^{-11}$

Donc $C_{air+plastique} = 3 \cdot 10^{-11} F$

Pour un demi-condensateur:

$$C_{air} = \underbrace{\epsilon_0}_{=1} \underbrace{\epsilon_{air}}_{\frac{A}{2d}} = \epsilon_0 \frac{A}{2d}$$

$$C_{plastique} = \underbrace{\epsilon_0}_{\epsilon_r} \underbrace{\epsilon_{plastique}}_{\frac{A}{2d}}$$

$$\text{Donc: } C_{plastique} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{2d} \Rightarrow \epsilon_r = \frac{C_{plastique}}{\epsilon_0 \frac{A}{2d}} = \frac{C_{plastique}}{C_{air}}$$

$$\text{Donc: } \epsilon_r = \frac{C_{plastique}}{C_{air}} \quad \checkmark$$

$$\text{A.N.: } \epsilon_r = \frac{3 \cdot 10^{-11}}{4 \cdot 10^{-11}} = 0,75 \quad \checkmark \quad (\text{problème: on devrait trouver } \epsilon_r > 1)$$

Expérience 4:

DANDRE
Honnoratry

L4

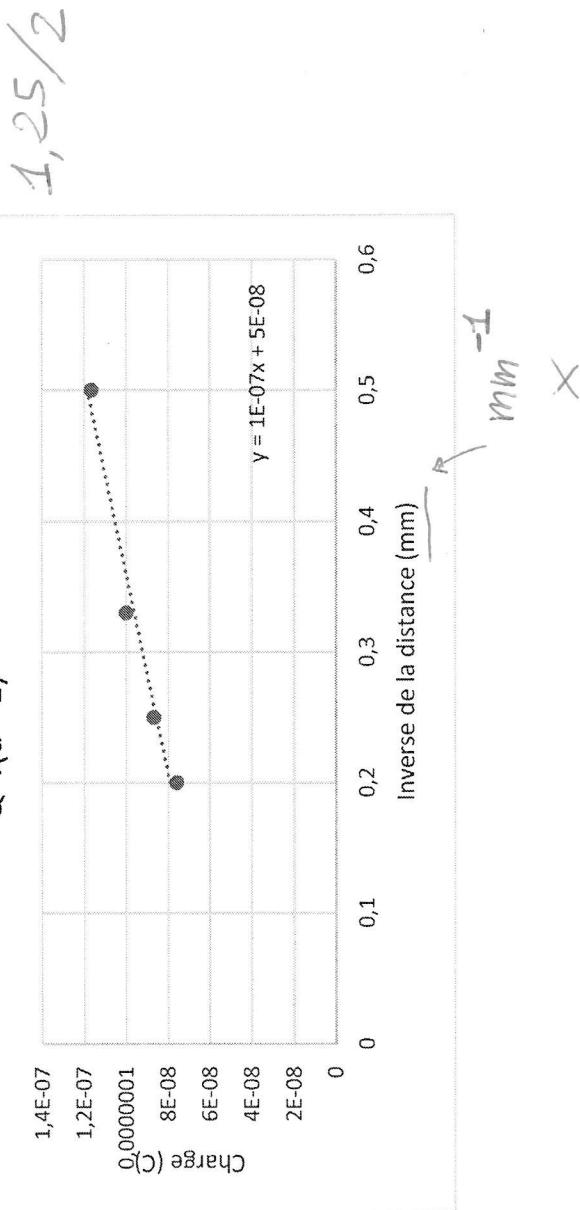
1/1

V

Distance entre armature (mm)	Tension sur la capacité 0,22 µF			Charge condensateur	Capacité condensateur	Champ
	Inverse de la distance d^-1, mm^-1	U,V	Mesure 1	Mesure 2 moyenne		
5	0,2	0,34	0,35	0,345	7,59E-08	7,59E-11
4	0,25	0,4	0,39	0,395	8,69E-08	8,69E-11
3	0,33	0,45	0,46	0,455	1,001E-07	1,001E-10
2	0,5	0,52	0,54	0,53	1,166E-07	1,166E-10

Charge en fonction de l'inverse de la distance :

$$Q=f(d^{-1})$$



Expérience 2

DANDRE
HONNORATY

66

0/1

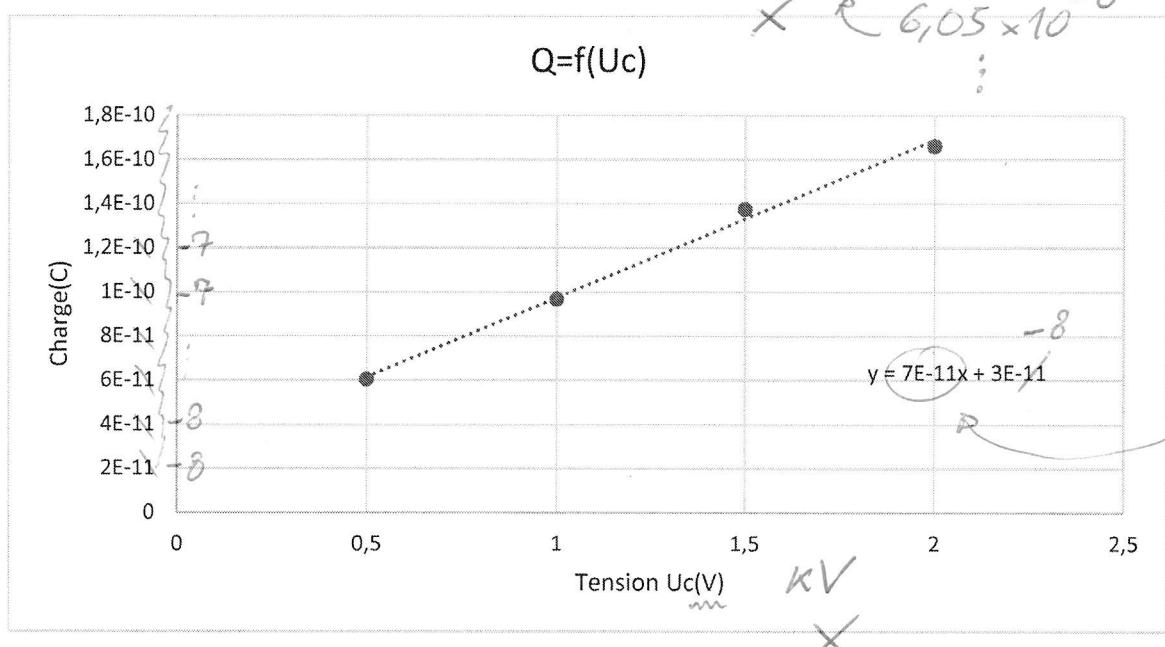
X

(2)

Tension condensateur	Tension sur la capacité $0,22\mu F$		X	Charge condensateur	Champ électrique
U_c , kV	Mesure 1	Mesure 2	Moyenne	Q, C	$E, V/m$
0,5	0,27	0,28	0,275	6,05E-11	166,666667
1	0,45	0,43	0,44	9,68E-11	333,333333
1,5	0,63	0,62	0,625	1,375E-10	500
2	0,76	0,75	0,755	1,661E-10	666,666667
2,5	0,82	0,81	0,815	1,793E-10	833,333333
3	0,85	0,87	0,86	1,892E-10	1000

$$1,66 \times 10^5$$

$$3,33 \times 10^5$$



Nous avons retiré les deux derniers points car ils faussent la linéarité de la courbe. ✓

Thomas Dandre
Vincent Honnorat

Expérience n° 3

0,25
2

1/2

(3)

Tension condensateur	Tension sur la capacité 0,22µF			Charge condensateur	Champ électrique	SANS PLAQUE
U,V						
Uc , kV	Mesure 1	Mesure 2	Moyenne	Q,C -8	E, V/m	
0,5	0,14	0,14	0,14	3,08E-11	52,6315789	
1	0,22	0,21	0,215	4,73E-11	105,263158	
1,5	0,32	0,32	0,32	7,04E-11	157,894737	
2	0,4	0,41	0,405	8,91E-11	210,526316	
2,5	0,5	0,5	0,5	1,1E-10	263,157895	
3	0,58	0,56	0,57	1,254E-10	315,789474	
3,5	0,64	0,65	0,645	1,419E-10	368,421053	
4	0,74	0,75	0,745	1,639E-10	421,052632	

X X

Tension condensateur	Tension sur la capacité 0,22µF			Charge condensateur	Champ électrique	AVEC PLAQUE
U,V						
Uc , kV	Mesure 1	Mesure 2	Moyenne	Q,C -8	E, V/m	
0,5	0,19	0,18	0,185	4,07E-11	52,6315789	
1	0,27	0,25	0,26	5,72E-11	105,263158	
1,5	0,29	0,29	0,29	6,38E-11	157,894737	
2	0,43	0,44	0,435	9,57E-11	210,526316	
2,5	0,5	0,49	0,495	1,089E-10	263,157895	
3	0,54	0,56	0,55	1,21E-10	315,789474	
3,5	0,63	0,62	0,625	1,375E-10	368,421053	
4	0,65	0,66	0,655	1,441E-10	421,052632	

X

Tension condensateur	Tension sur la capacité 0,22µF			Charge condensateur	Champ électrique	PLAQUE A MOITIE
U,V						
Uc , kV	Mesure 1	Mesure 2	Moyenne	Q,C	E, V/m	
0,5	0,27	0,26	0,265	5,83E-11	52,6315789	
1	0,32	0,33	0,325	7,15E-11	105,263158	
1,5	0,39	0,4	0,395	8,69E-11	157,894737	
2	0,43	0,44	0,435	9,57E-11	210,526316	
2,5	0,49	0,48	0,485	1,067E-10	263,157895	
3	0,55	0,56	0,555	1,221E-10	315,789474	
3,5	0,6	0,62	0,61	1,342E-10	368,421053	
4	0,71	0,71	0,71	1,562E-10	421,052632	

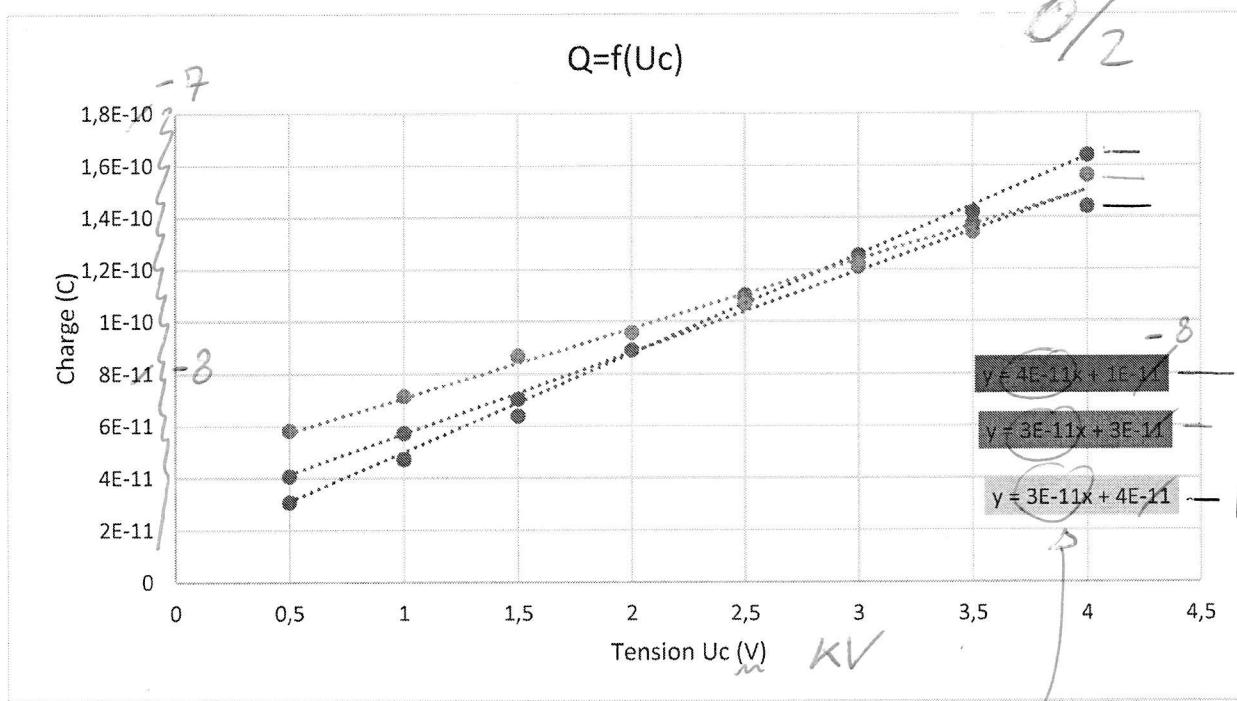
X

Thomas Dandre
Vincent Honnorat

Expérience n° 3

2/2

(3)



X

Juste
(deux fautes
qu'ils s'annulent)