

## Avant Propos

Il faut rappeler que les travaux pratiques sont théoriquement des devoirs personnels (mais bon ça fais 10 ans qu'ils font les mêmes TP...), il est donc fortement déconseillé d'amener ce fascicule en séance de TP.

Ce fascicule permet de préparer en amont les TP (on peut utiliser son téléphone pendant les TP).

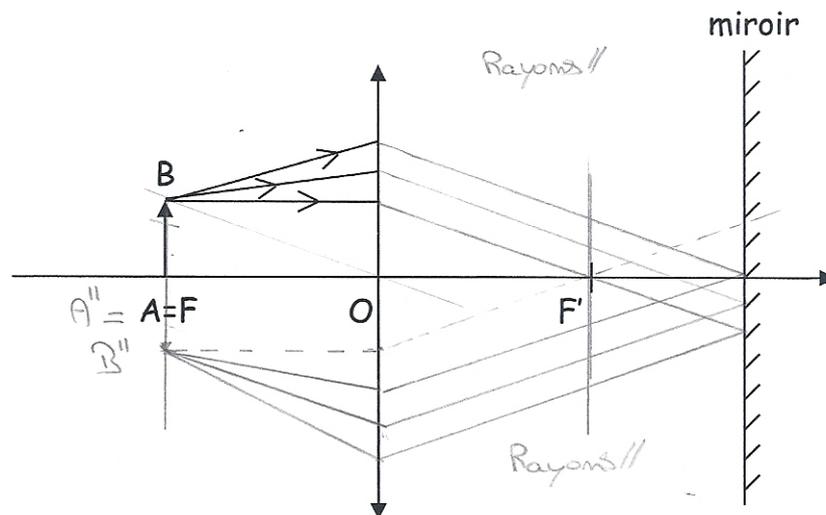
Le TP "électrocinétique 1" et "électromagnétisme" ne sont pas présent, le compte rendu "optique 2" est présent dans le dossier Semestre 2.

Les données expérimentales de "Mécanique" sont approximative, la théorie est juste.

# Optique 1

## 1 Mesure de distance focale

### 1.1 Auto-collimation



**Position de l'image finale  $\overline{A''B''}$  :** Dans le plan de l'objet  $AB$  mais renversé.

**Valeur du grandissement global :**  $\gamma = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}} : \gamma = -1.$

**Principe de détermination de la distance focale :** On observe l'écran (=objet) et on déplace l'ensemble lentille + miroir le long du banc optique. On positionne ce dernier de manière à avoir une image nette dans le plan objet. On vérifie que la position du miroir est indépendante. Et on a  $f'$  en mesurant la distance source  $\leftrightarrow$  lentille.

**Mesures (avec incertitudes) :**

- 1 ère valeur de  $f'$  :  $9.6 \pm 0.1$  cm
- 2 ème valeur de  $f'$  :  $9.4 \pm 0.1$  cm

**Distance focale moyenne (avec l'incertitude) :**  $f' = \frac{f'_1 + f'_2}{2} = 9.5 \pm 0.2 \text{ cm}^1$ .

**Influence de la position du miroir :** La position du miroir n'influence pas le résultat car les rayons qui arrivent sur le miroir sont parallèles entre eux, l'image sera donc nette peu importe la distance. L'image est renversée et réelle, cependant si on éloigne le miroir, certains rayons ne traversent plus la lentille et donc l'image disparaît peu à peu. Ces observations sont confirmées expérimentalement.

## 1.2 Méthode de Bessel

### Mesures

$D \pm \Delta D(\text{cm})$	$d \pm \Delta d(\text{cm})$	$f' \pm \Delta f'(\text{cm})$
$80.0 \pm 0.1$	$56.6 \pm 0.2$	$10.0 \pm 0.13$
$60.0 \pm 0.1$	$34.8 \pm 0.2$	$10.0 \pm 0.11$

### Estimation des incertitudes

.	Incertitude de lecture	Incertitude de netteté	Incertitude totale
$D$	0.1	0	0.1
$d$	0.1	0.15	0.25

**Expression de l'incertitude  $\Delta f'$  :**  $\Delta f' = \left| \frac{\partial f'}{\partial D} \right| \Delta D + \left| \frac{\partial f'}{\partial d} \right| \Delta d = \frac{D^2 + d^2}{4D^2} \Delta D + \frac{d}{2D} \Delta d$

—  $D = 80 \text{ cm} \Rightarrow \Delta f' \sim 0.13 \text{ cm}$ .

—  $D = 60 \text{ cm} \Rightarrow \Delta f' \sim 0.11 \text{ cm}$ .

## 1.3 Méthode de Silbermann

**Expression de  $\overline{AA'}$  en fonction de  $f'$  :**  $\overline{AA'} = -\overline{OA} + \overline{OA'} = 2\overline{OA'} = 4f'$  (Relation de Descartes avec origine au centre :  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ )

**Mesure :**  $\overline{AA'} = 40.0 \pm 0.2 \text{ cm}$

**Distance focale :**  $f' = 10.0 \pm 0.05 \text{ cm}$

**Lien entre les méthodes de Bessel et Silbermann :** Dans la méthode de Bessel il fallait  $D > 4f'$ . Pour Silbermann on trouve  $\overline{AA'} = 4f'$ , c'est donc un cas particulier de la méthode de Bessel (où  $d = 0$ ), les résultats coïncident.

## 1.4 Conclusion

Avec les 3 méthodes on a des valeurs très proche. Il y a cependant des différences dans les méthodes de calcul :

**auto-collimation :** rapide mais incertitude la plus élevée.

**Bessel :** Il faut plus de matériel, assez simple, assez précise.

**Silbermann :** Plus complexe, plus précise.

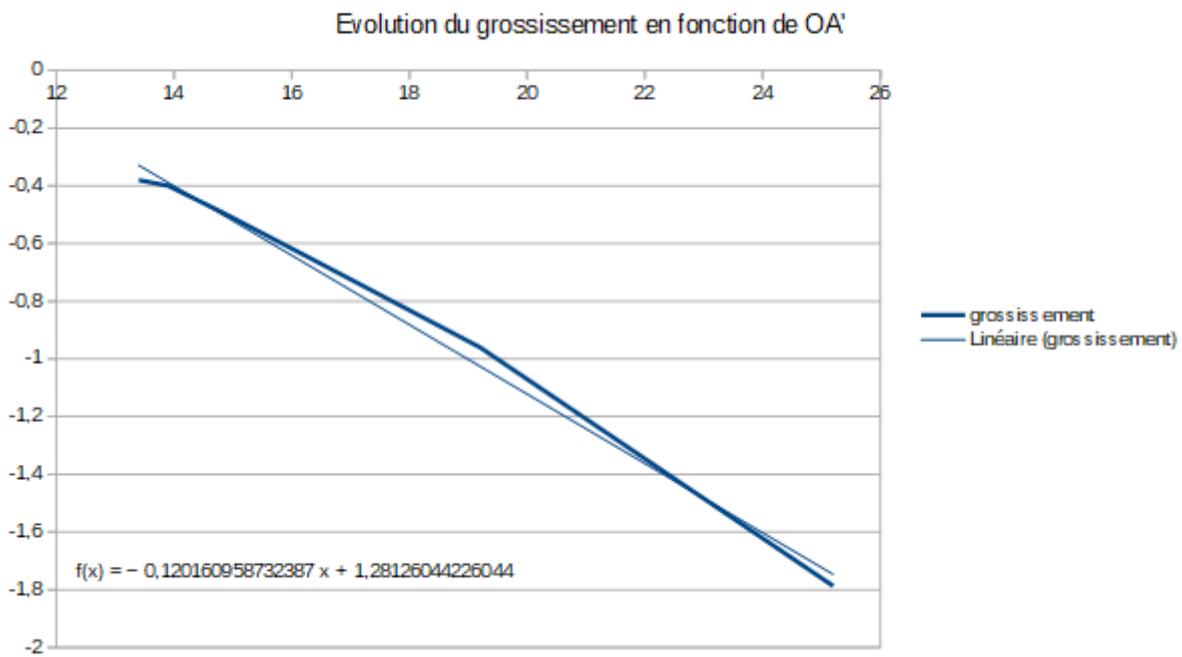
---

1. ou  $\pm 0.1 \text{ cm}$

## 2 Détermination focale par la formule de conjugaison

$\overline{OA}$ (cm)	-40.0	-35.0	-30.0	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0
$\overline{OA'}$ (cm)	13.4	13.9	14.8	16.4	19.2	25.2	non mesurable
$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$	-0.38	-0.40	-0.49	-0.66	-0.96	-1.787	non calculable
$\overline{A'B'}$ (cm)	-0.5	-0.6	-0.7	-1.0	-1.4	-2.6	×
$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7	-1.0	-1.8	×

**Calcul de l'expression théorique de  $\gamma$  en fonction de  $\overline{OA'}$  et  $f'$  :**  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \overline{OA'} \left( \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{f'} \right) = 1 - \frac{\overline{OA'}}{f'}$   
(relation de conjugaison).



**Commentaires sur la courbes :** C'est une courbe affine donc le coefficient directeur est  $-\frac{1}{f'}$ , et l'ordonnée à l'origine vaut 1.

**Valeur de  $f'$  (deux méthodes) :**

1.  $f' = 9.1$  cm
2.  $f' = 10.0$  cm

**Valeur de  $f'$  explication :**

1. La pente :  $\frac{\Delta\gamma}{\Delta\overline{OA'}} = -0.11 \rightarrow f' = 9.1$
2. Si  $\gamma \rightarrow 0$  on a  $\overline{OA'} = 10.0$  cm. En injectant dans la relation de conjugaison on obtient  $f' = 10.0$  cm.

### 2.1 Conclusion générale

Différentes méthodes existent pour déterminer la distance focale image. La plus simple est l'auto collimation mais elle est peu précise. Celle de la formule de conjugaison est précise (multi-mesure) mais longue. Les méthodes de Bessel et Silvermann sont précises mais moins longues. Tous les résultats restent cohérents.

# Mécanique du point

## 1 Analyse théorique préliminaire

### 1.1 Principe d'inertie

**Définir le référentiel, le repère et le système étudié (on choisira toujours la position du centre de masse du mobile, à  $t=0$ , comme origine du repère). A partir du bilan des forces, justifier le fait que le système soit isolé.** Le référentiel du laboratoire est un référentiel terrestre considéré comme Galiléen.

On se place dans le repère cartésien  $(0, \vec{e}_x, \vec{e}_y)$  avec pour origine la position du mobile à  $t = 0$ . Le système est le mobile auto-porté de masse  $m = 230 \pm 1$ g.

Bilan des forces :  $\begin{cases} \text{Poids } \vec{P} \\ \text{Réaction } \vec{R} \end{cases}$ . Les 2 forces sont selon  $\vec{e}_z$  or le système se déplace selon  $\vec{e}_x$  et  $\vec{e}_y$ . Ainsi on a  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{0}$ . Le système est donc isolé.

**Écrire les équations du mouvement. En déduire la vitesse puis la position en fonction du temps.**

Le système est isolé ainsi  $\sum \vec{F} = \vec{0} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = 0$  On en déduit donc  $\vec{v} = ct e = \vec{v}_0 = \begin{cases} v_{0x} \vec{e}_x \\ v_{0y} \vec{e}_y \end{cases}$ . On peut donc

déduire la position :  $\begin{cases} v_{0x} t \vec{e}_x \\ v_{0y} t \vec{e}_y \end{cases}$ .

### 1.2 Principe fondamental de la dynamique

**Définir le référentiel, le repère et le système étudié. Faire le bilan des forces, et exprimer leurs composantes (en fonction de  $\alpha$ ) dans le repère suggéré sur la figure.** Le référentiel terrestre est considéré comme Galiléen. On se place dans le repère  $(0, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ . Le système est le mobile auto-porté de masse  $m = 230 \pm 1$  g.

Bilan des forces :  $\begin{cases} \text{Poids } \vec{P} \\ \text{Réaction } \vec{R} \end{cases}$ . Avec  $\begin{cases} \vec{P} = -P \cos(\alpha) \vec{e}_z - P \sin(\alpha) \vec{e}_y \\ \vec{R} = R \vec{e}_z = mg \cos(\alpha) \vec{e}_z \end{cases}$ .

**Écrire les équations du mouvement. En déduire la vitesse puis la position en fonction du temps.**

**En déduire l'équation de la trajectoire. Quelle est la nature de cette trajectoire?**  $\sum \vec{F} = m \vec{a} =$

$$\vec{P} + \vec{R} = (-mg \cos(\alpha) + mg \cos(\alpha)) \vec{e}_z - mg \sin(\alpha) \vec{e}_y = m \cdot \vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{a} = -g \sin(\alpha) \vec{e}_y$$

$$\Rightarrow \vec{v}(t) = \begin{cases} v_{0x} \vec{e}_x \\ -g \sin(\alpha) t + v_{0y} \vec{e}_y \\ 0 \vec{e}_z \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{On déduit la position : } \begin{cases} v_{0x} t \vec{e}_x \\ -\frac{1}{2} g \sin(\alpha) t^2 + v_{0y} t \vec{e}_y \\ 0 \vec{e}_z \end{cases} \quad \text{Les constantes d'intégrations sont nulles par choix du}$$

référentiel. On a donc l'équation de la trajectoire parabolique :

$$y(t) = -\frac{1}{2}g\sin(\alpha)\frac{x^2}{v_{0x}^2} + v_{0y}\frac{x}{v_{0x}}$$

### 1.3 Conservation de l'énergie

Exprimer  $h$  en fonction de  $y$  et de  $\sin(\alpha)$

$$h = y\sin(\alpha)$$

**A partir des résultats obtenus en 1.2 déterminer les expressions de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle du système étudié. tracer ces grandeurs en fonction du temps.**  $E_c = \frac{1}{2}m(v_0x^2 +$

$$(-g\sin(\alpha)t + v_{0y})^2)$$

$$= \frac{1}{2}mv_0x^2 + \frac{1}{2}m(g^2\sin^2(\alpha)t^2 - 2v_{0y}g\sin(\alpha)t + v_{0y}^2)$$

$$= \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2 + g^2\sin^2(\alpha)t^2 - 2gv_{0y}\sin(\alpha)t)$$

$$E_p = mgh = mg\sin(\alpha) = mg(-\frac{1}{2}g\sin(\alpha)t^2 + v_{0y}t)$$

**Calculer la somme  $E_c + E_p$ . Comment varie cette quantité au cours du temps ? Que peut-on**

**conclure sur les forces en présence ?**  $E_c + E_p = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2 + g^2\sin^2(\alpha)t^2 - 2gv_{0y}\sin(\alpha)t) + mg(-\frac{1}{2}g\sin(\alpha)t^2 +$

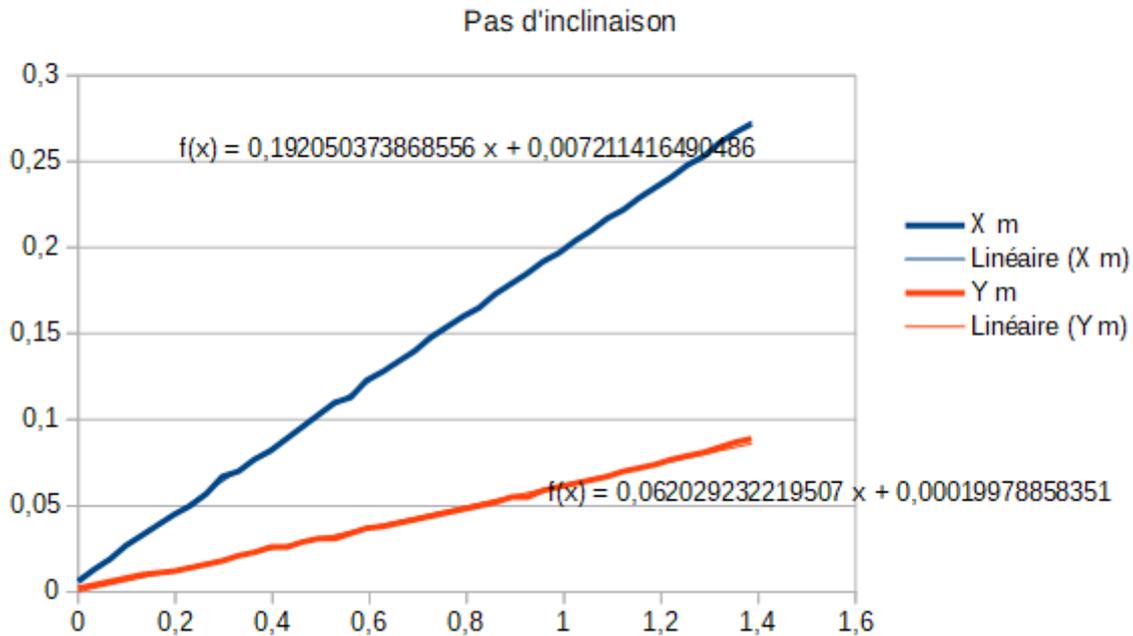
$v_{0y}t) = \frac{1}{2}mv_0^2 = cte$  On a donc l'énergie mécanique constante, la conservation d'énergie et donc des forces conser-

vatives.

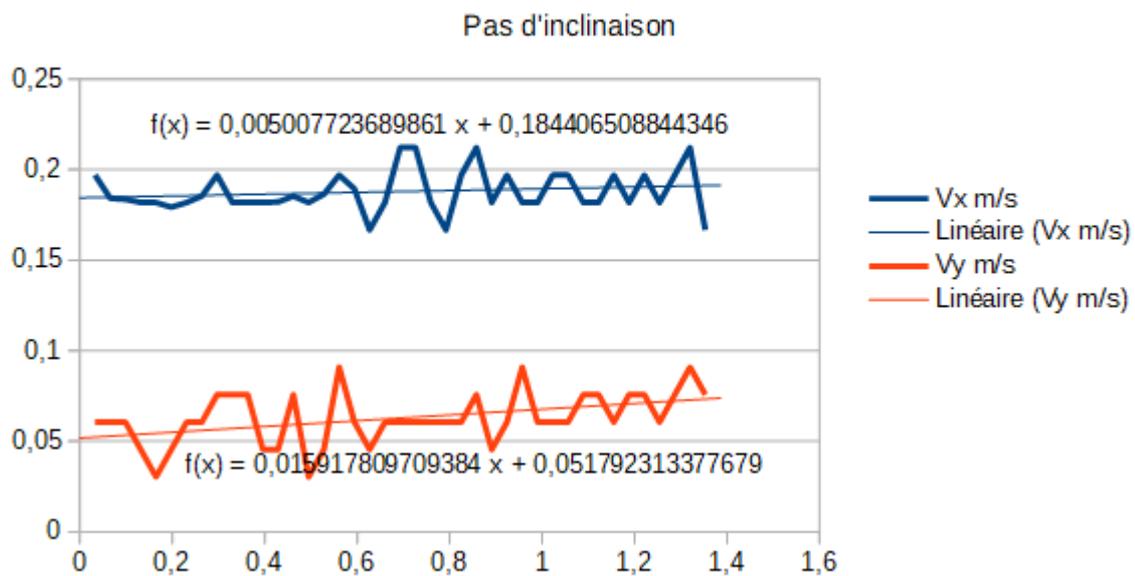
## 2 Expériences

### 2.1 Principe d'inertie

Evolution de x et y en fonction du temps



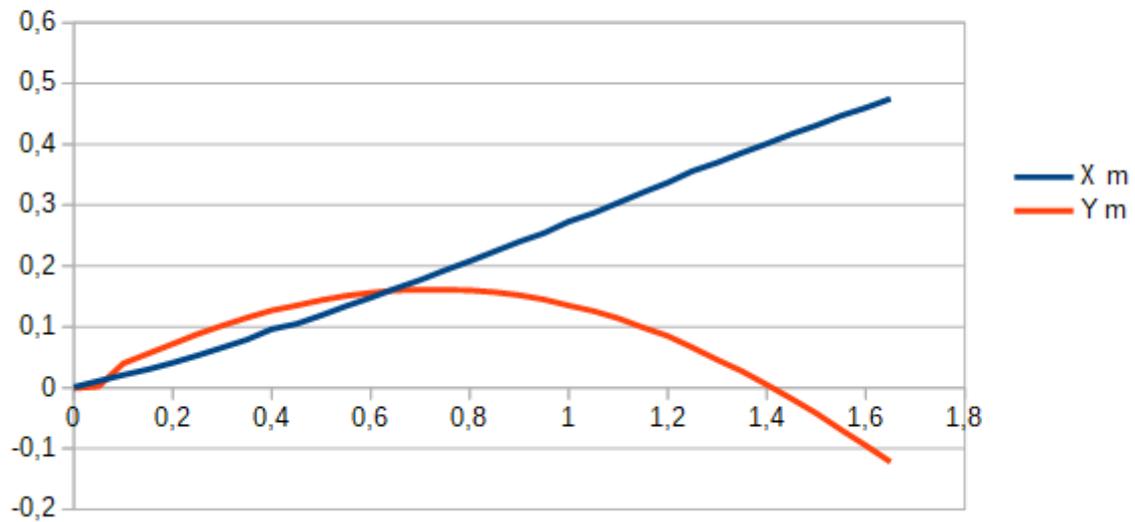
Evolution de Vx et Vy en fonction du temps



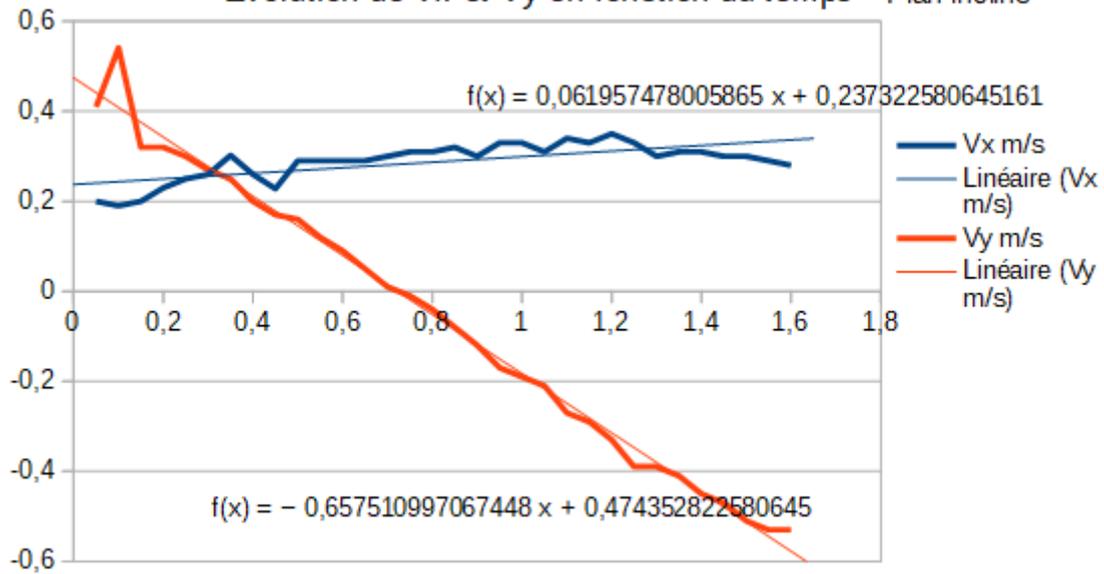
2.2 Principe fondamental de la dynamique

Evolution de x et y en fonction du temps

Plan incliné



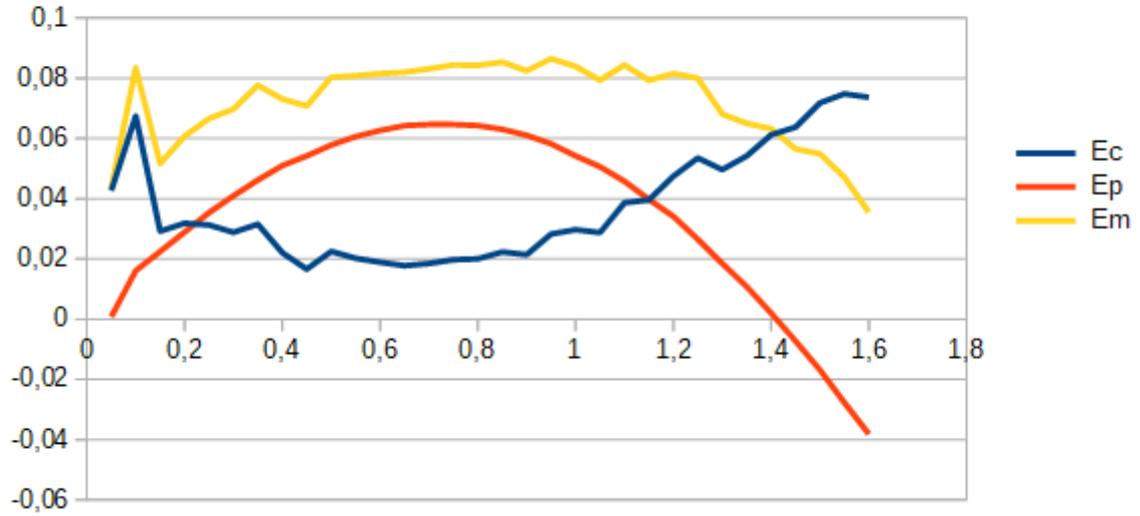
Evolution de Vx et Vy en fonction du temps Plan incliné



2.3 Conservation de l'énergie

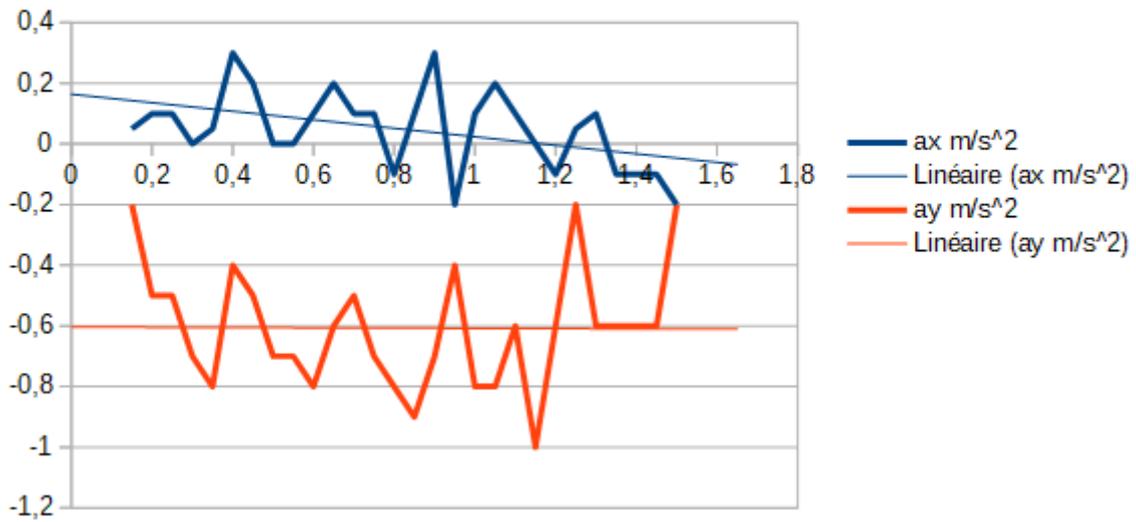
Evolution de  $E_c$ ,  $E_p$  et  $E_m$  en fonction du temps

Plan incliné



Evolution de  $A_x$  et  $A_y$  en fonction du temps

Plan incliné



# Electrocinétique 2

## 3 Etude de dipôles linéaires en régime sinusoïdal

### 3.1 Mesure d'impédance

#### Résistance

Balayer la fréquence de  $50Hz$  à  $5kHz$ . Décrire qualitativement comment varient  $U$  et  $I$ .  $U(50Hz) = 4.04V$   $U(5kHz) = 4.01V$   $\frac{\Delta U}{U} \approx 0.0075 < 1\%$  et  $I(50Hz) = 8.50mA$   $I(5kHz) = 8.51mA$   $\frac{\Delta I}{I} \approx 0.001 < 1\%$ . Ainsi les variations sont négligeables.

La valeur de l'impédance  $Z$  dépend-elle de la fréquence ? On a la relation  $Z = \frac{U}{I}$  or on a  $U$  et  $I$  constant (voir approximation précédente) ainsi  $Z$  est constant. Donc  $Z$  ne dépend pas de la fréquence.

Pour une fréquence de l'ordre de  $500Hz$ , remplir le tableau 1

$f$	$403Hz$
$U$	$4V$
$I$	$8.54mA$
$Z$	$468.38\Omega$

Rappeler l'expression théorique de l'impédance complexe d'une résistance. En déduire la valeur de la résistance  $R$  et l'incertitude sur  $R$   $\underline{Z}_R = R\angle 0 = R$  d'où  $R = \underline{Z}_R = 468.38\Omega$

#### Condensateur

Balayer la fréquence de  $50Hz$  à  $5kHz$ . Décrire qualitativement comment varient  $U$  et  $I$ .  $U(50Hz) = 3.99V$   $U(5kHz) = 3.55V$   $\frac{\Delta U}{U} \approx 0.11 > 1\%$  et  $I(50Hz) = 0.36mA$   $I(5kHz) = 3.48mA$   $\frac{\Delta I}{I} > 1\%$ . Ainsi quand on fait varier  $f$  on a  $U$  qui diminue et  $I$  qui augmente.

La valeur de l'impédance  $Z$  dépend-elle de la fréquence ? On a la relation  $Z = \frac{U}{I}$  ainsi  $Z(50Hz) = 11083\Omega$  et  $Z(5kHz) = 116,4\Omega$ . On a bien  $Z$  qui augmente quand on augmente la fréquence (ce qui confirme la loi de Ohm).

Pour une fréquence de l'ordre de  $1kHz$ , remplir le tableau 2

$f$	$985.2Hz$
$U$	$3.97V$
$I$	$6.83mA$
$Z$	$581.26\Omega$

Rappeler l'expression théorique de l'impédance complexe d'une résistance. En déduire la valeur de la capacité  $C$  et l'incertitude sur  $C$  On a  $\underline{Z}_C = \frac{1}{C\omega}L - \frac{\pi}{2} = \frac{1}{jC\omega}$  d'où  $C = \frac{1}{Z\omega} = \frac{1}{Z2\pi f} = 2.53 \cdot 10^{-2}F$

### 3.2 Association série RC - Intérêt de la représentation complexe

#### Mesure des valeurs efficaces

Mesurer au multimètre successivement les valeurs efficaces  $U, U_R, U_C$  On a  $U = 4.01V$ ,  $U_R = 2.45V$  et  $U_C = 3.13V$

**A-t-on  $U = U_R + U_C$  ? Justifier la réponse** On a  $U \neq U_R + U_C$ . C'est normal, en effet la relation est  $u(t) = u_R(t) + u_C(t)$ , la relation avec les valeurs efficaces ( $U = U_R + U_C$ ) n'est juste que si les phases sont égales.

#### Mesure des grandeurs complexes

Mesurer le déphasage de  $u_C(t)$  par rapport à  $u(t)$ . En déduire la valeur de  $\phi_C$ . On trouve  $\phi_C = -38^\circ$  (On choisi  $\phi = 0$  comme référence)

Couper le générateur et permuter la résistance et le condensateur, puis mettre à nouveau le générateur en marche. Mesurer le déphasage de  $u_R(t)$  par rapport à  $u(t)$ . n déduire la valeur de  $\phi_R$ .  $\phi_R = 51^\circ$  (On choisi  $\phi = 0$  comme référence)

Donner la valeur des nombres complexes  $\underline{U}, \underline{U}_R, \underline{U}_C$  exprimée en notation polaire puis en notation cartésienne. On a  $\underline{U} = 4.01 \angle 0 = 4.01$ ,  $\underline{U}_R = 2.45 \angle \frac{17}{60} \pi = 2.45 (\cos(\frac{17}{60} \pi) + j \sin(\frac{17}{60} \pi))$  et  $\underline{U}_C = 3.13 \angle -\frac{19}{90} \pi = 3.13 (\cos(-\frac{19}{90} \pi) + j \sin(-\frac{19}{90} \pi))$

Vérifier que l'on a :  $\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_C$ . On a  $\underline{U}_R + \underline{U}_C = 4.01 - 0.02j \approx \underline{U}$

**Conclure sur l'intérêt de la représentation complexe des grandeurs sinusoïdales** Elle permet l'utilisation des lois classiques (mailles / noeud) sans que les phases soit égales. Elle permet en outre d'éviter des calculs complexes.

### 3.3 Résonance série - Détermination du modèle de la bobine réelle

#### 3.4 Théorie

Donner l'expression littérale de l'impédance équivalente  $\underline{Z}_{eq} = \frac{U}{I} = \frac{U_M}{I_M}$  du circuit, sachant qu'elle correspond à la somme de toutes les impédances puisque les éléments sont en série. Isoler la partie réelle et la partie imaginaire.  $\underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_R + \underline{Z}_C + \underline{Z}_r + \underline{Z}_L = R + \frac{-j}{C\omega} + r + jL\omega = (R + r) + j(L\omega - \frac{1}{C\omega})$

En déduire le module  $\underline{Z}_{eq} = \frac{U}{I} = \frac{U_M}{I_M}$ , en fonction de  $r, R, L, C$  et la pulsation  $\omega$ .

$$\underline{Z}_{eq} = \sqrt{(R + r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

Déterminer l'expression de la pulsation de résonance  $\omega_0$  puis de la fréquence de résonance  $f_0$  en fonction de  $L$  et  $C$ . D'une part  $LC\omega_0^2 = 1 \Leftrightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ . D'autre part  $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{rad/s}$

Que vaut  $Z_{eq}$  à la résonance ? En déduire  $I_{Mmax}$  intensité de résonance, en fonction de  $U_M$  et des résistances.  $Z_{eq} = \sqrt{(R+r)^2} = R+r$  (A la résonance  $Z_{eq}$  est minimum  $\Rightarrow Z_e =$  résistance). Ainsi  $I_{Mmax} = \frac{U_M}{Z_{eq}} = \frac{U_M}{r+R}$

### 3.5 Mesure

Effectuer un balayage de la fréquence du GBF. Qu'observez-vous sur les amplitudes des tensions ?

Déterminer précisément la fréquence de résonance  $f_0$  et l'amplitude de  $u_R(t)$  à la résonance. On a  $f_0 = 915 \text{Hz}$ ,  $U_{RM} = 1.44 \text{V}$  et  $R = ???$

Connaissant  $R$ , en déduire  $I_{Mmax}$ , intensité de résonance. Par la loi d'Ohm  $I = \frac{U}{R} = ???$

Courbe de résonance : faire varier la fréquence de  $50 \text{Hz}$  à  $2 \text{kHz}$  et relever les valeurs de  $U_{RM}$  pour en déduire les valeurs de  $I_M$ . Remplir le tableau 3 et tracer la courbe  $I_M$  en fonction de la fréquence  $f$ , en prenant une échelle linéaire pour  $f$ .

$f$	50	440	830	1230	1610	2000
$I$	0.51	3.60	6.8	6.12	4.60	3.57

### 3.6 Exploitation

Modèle équivalent de la bobine réelle

A partir des valeurs mesurées de  $f_0$  et  $I_{Mmax}$  ainsi que des valeurs connues relatives aux autres composants, déterminer le modèle de la bobine c'est à dire son inductance  $L$  et sa résistance  $r$ . On a  $L = \frac{1}{C(f_0 \cdot 2\pi)^2} = 0.12 \text{H}$  et  $r = R \left( \frac{U}{U_{AM}} - 1 \right) = 76.2 \Omega$

Qualité de la résonance

A partir de la courbe de résonance, déterminer les deux fréquences  $f_{min}$  et  $f_{max}$  pour lesquelles  $I_M = I_{Mmax}/\sqrt{2}$   $f_{min} = 580 \text{Hz}$  et  $f_{max} = 1450 \text{Hz}$

En déduire la valeur du coefficient de qualité  $Q$  défini par :  $Q = \frac{f_0}{f_{max} - f_{min}}$  On a  $Q = 1.05$