

الاسم:  
الرقم:مسابقة في مادة الفيزياء  
المدة: ثلاث ساعات

**Cette épreuve est constituée de quatre exercices obligatoires répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.**  
**L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.**

### **Premier exercice (7 pts) Moment d'inertie d'un disque**

On dispose d'un disque (D) homogène de masse  $m = 400 \text{ g}$  et de rayon  $R = 10 \text{ cm}$ .

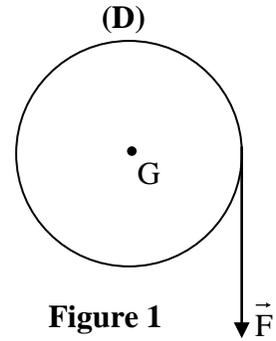
Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le moment d'inertie  $I_0$  de (D) par rapport à un axe  $(\Delta_0)$  perpendiculaire à son plan et passant par son centre d'inertie G.

Tous les frottements sont négligés. **Prendre:**  $0,32\pi = 1$  ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$  ;  $\sin \theta = \theta_{(rd)}$  pour  $\theta$  faible.

#### **A- Première méthode**

Le disque (D) peut tourner librement autour d'un axe  $(\Delta_0)$  horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par son centre G (fig.1). Ce disque part du repos, à la date  $t_0 = 0$ , sous l'action d'une force  $\vec{F}$  de moment constant par rapport à  $(\Delta_0)$  et de valeur  $M = 0,2 \text{ m.N}$ . À la date  $t_1 = 5 \text{ s}$ , (D) tourne alors à la vitesse de rotation  $N_1 = 80 \text{ tours/s}$ .

- 1) a- Nommer les forces extérieures appliquées à (D) et schématiser les.  
b- Montrer que le moment résultant de ces forces, par rapport à  $(\Delta_0)$ , est égal au moment  $M$  de la force  $\vec{F}$ .  
c- Préciser, en utilisant le théorème du moment cinétique, la nature du mouvement de (D).
- 2) a- Trouver l'expression du moment cinétique  $\sigma$  du disque, par rapport à  $(\Delta_0)$ , en fonction de  $t$ .  
b- Déterminer la valeur de  $I_0$ .



**Figure 1**

#### **B – Deuxième méthode**

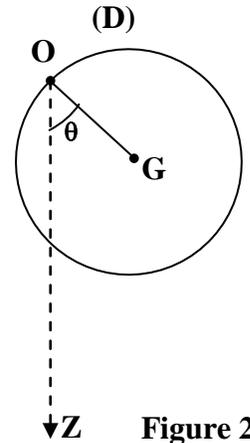
Le disque (D) peut osciller librement autour d'un axe  $(\Delta)$  horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par un point O de sa périphérie. On désigne par I le moment d'inertie de (D) par rapport à  $(\Delta)$ . On écarte (D), à partir de sa position d'équilibre, d'un angle  $\theta_0$  faible et on le lâche, sans vitesse, à la date  $t_0 = 0$ .

On repère la position de (D), à la date  $t$ , par l'angle  $\theta$  que fait la verticale OZ

avec OG,  $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$  représentant la vitesse angulaire de (D) à la date  $t$  (fig.2).

Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le point O.

- 1) Déterminer, à la date  $t$ , l'énergie mécanique du système [(D), Terre], en fonction de I, m, g, R,  $\theta$  et  $\theta'$ .
- 2) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement oscillatoire de (D).
- 3) Déduire l'expression de la période T des oscillations de (D) en fonction de I, m, g et R.
- 4) La mesure de la durée de 10 oscillations du pendule pesant ainsi constitué donne 7,7s. Déterminer la valeur de I.
- 5) Sachant que  $I_0$  et I sont liés par la relation  $I = I_0 + mR^2$ , retrouver la valeur de  $I_0$ .



**Figure 2**

## Deuxième exercice (7 pts) Identification d'un dipôle

On voudrait exploiter un oscillogramme et identifier un dipôle (D)

de grandeur caractéristique X. (D) peut être :

- un conducteur ohmique de résistance  $X = R_1$
- ou un condensateur de capacité  $X = C$
- ou une bobine d'inductance  $X = L$  et de résistance négligeable.

Dans ce but, on branche (D) en série avec un conducteur ohmique de résistance  $R = 40 \Omega$  et un générateur délivrant entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale :

$$u_g = u_{AC} = 4 \sqrt{2} \cos(100 \pi t), \quad (u \text{ en V et } t \text{ en s}) \quad (\text{fig.1}).$$

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité  $i$ .

Un oscilloscope, convenablement branché, donne l'oscillogramme représentant l'évolution, en fonction du temps, de la tension  $u_{AC} = u_g$  sur la voie 1 et celle de la tension  $u_{BC} = u_R$  aux bornes du conducteur ohmique sur la voie 2 (fig.2).

La sensibilité verticale sur la voie 2 est  $2V/div$ .

- 1) Reproduire la figure 1 en montrant les branchements de l'oscilloscope.
- 2) a- Calculer la valeur de la période  $T$  de la tension  $u_g$ .  
b- Déterminer la sensibilité horizontale adoptée sur l'oscilloscope.
- 3) a- L'oscillogramme de  $u_{BC}$  représente "l'image" de l'intensité  $i$ . Pourquoi?  
b- Préciser, en justifiant la réponse, la nature du dipôle (D).
- 4) a- Déterminer le déphasage entre  $u_{AC}$  et  $u_{BC}$ .  
b- Déterminer la valeur maximale  $I_m$  de l'intensité  $i$ .  
c- Écrire l'expression de  $i$  en fonction du temps.

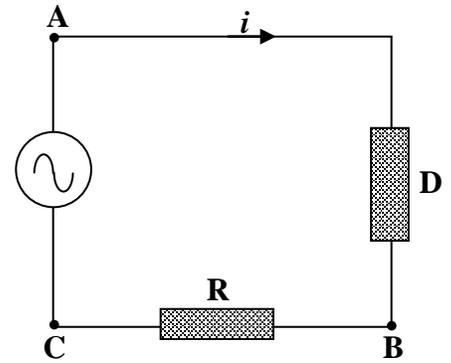
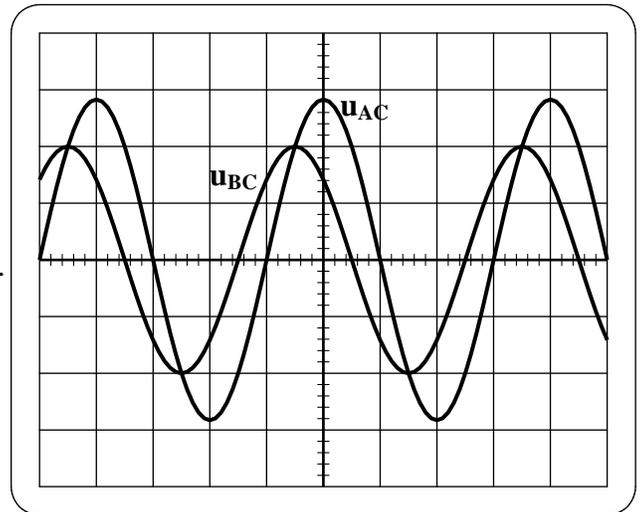


Figure 1



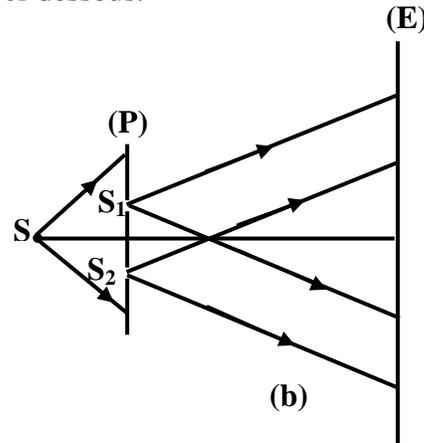
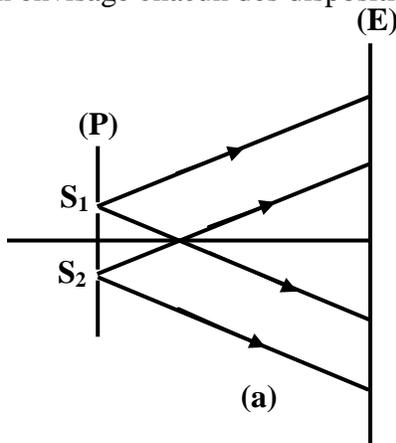
- 5) Montrer que  $u_{AB}$  peut s'écrire sous la forme :  $u_{AB} = \frac{0,1}{100\pi X} \sin(100\pi t + \frac{\pi}{4})$
- 6) En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer la valeur de X en donnant à t une valeur particulière.

## Troisième exercice (6 1/2 pts) Interférences lumineuses

### A- Conditions d'obtention d'un phénomène d'interférences

On dispose de deux fentes de Young et de deux lampes identiques.

On envisage chacun des dispositifs (a) et (b) représentés ci-dessous.



Dans le dispositif (a), chacune des fentes sources,  $S_1$  et  $S_2$ , est éclairée par une lampe; les deux lampes émettent une même radiation.

Dans le dispositif (b),  $S_1$  et  $S_2$  sont éclairées par une lampe placée en S et munie d'une fente très fine parallèle à  $S_1$  et  $S_2$ ; la lampe émet la même radiation précédente.

- 1- Les radiations émises par les sources lumineuses  $S_1$  et  $S_2$  dans les dispositifs (a) et (b) jouissent d'une propriété commune. Laquelle?
- 2- Une propriété différencie les radiations issues de  $S_1$  et  $S_2$  dans le dispositif (a) de celles issues de  $S_1$  et  $S_2$  dans le dispositif (b). Préciser cette propriété.
- 3- Le dispositif (b) permet d'observer un phénomène d'interférences. Pourquoi ?

### B- Interférences et mesure

On désire réaliser une série d'expériences d'interférences avec un dispositif des fentes de Young. Les fentes, situées dans un plan (P), sont distantes de  $a$  et la figure d'interférences est observée sur un écran (E) situé à une distance D de (P).

#### I- Interférences dans l'air

On dispose de plusieurs filtres, chacun pouvant sélectionner une radiation monochromatique. Pour chaque radiation de longueur d'onde dans l'air  $\lambda$ , on mesure la distance  $x = 5i$  sur laquelle s'étalent cinq interfranges. Les résultats obtenus sont relevés dans le tableau ci-dessous.

$\lambda$ (en nm)	470	496	520	580	610
$x = 5i$ (en mm)	11,75	12,40	13,00	14,50	15,25
$i$ (en mm)					

1) a- Compléter le tableau ci-dessus.

b) i- Montrer que l'expression de  $i$  en fonction de  $\lambda$  est de la forme  $i = \alpha \lambda$  où  $\alpha$  est une constante positive.

ii- Calculer  $\alpha$ .

iii- En déduire la valeur du rapport  $\frac{D}{a}$ .

2) On éloigne (E) de 50 cm de (P). On remarque alors que, pour la radiation de longueur d'onde dans l'air  $\lambda = 496$  nm, cinq interfranges s'étalent sur une distance de 18,6 mm. Déterminer la valeur de D.

3) Déduire la valeur de  $a$ .

### II – Interférences dans l'eau

La radiation utilisée maintenant a pour longueur d'onde dans l'air  $\lambda = 520$  nm. Le dispositif précédent est complètement immergé dans l'eau d'indice de réfraction  $n$ . La distance entre les plans (E) et (P) est D et la distance des fentes est  $a$ .

1- La valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  d'une radiation lumineuse change quand on passe d'un milieu transparent à un autre. Pourquoi ?

2-Les franges d'interférences paraissent plus serrées dans l'eau que dans l'air. Pourquoi?

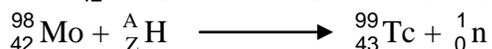
3- Dans l'eau, cinq interfranges s'étalent sur une distance de 9,75 mm. Déterminer la valeur de n.

### Quatrième exercice (7 pts)

### Le Technétium 99

#### A - Un peu d'histoire...

En 1937, Pierrier et Sègre obtiennent, pour la première fois, un isotope de technétium  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  en bombardant des noyaux de molybdène  ${}^{98}_{42}\text{Mo}$  par un isotope de l'hydrogène  ${}^A_Z\text{H}$  selon la réaction suivante :



Déterminer Z et A en précisant les lois utilisées.

#### B- Production actuelle et caractéristique du technétium 99

L'isotope  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  est actuellement obtenu dans des générateurs molybdène/technétium, à partir de l'isotope  ${}^{99}_{42}\text{Mo}$  du molybdène. Ce molybdène est radioactif  $\beta^-$ .

1) Écrire l'équation correspondant à la désintégration de  ${}^{99}_{42}\text{Mo}$ .

2) Déterminer, en MeV, l'énergie libérée par cette désintégration.

3) Les noyaux de technétium sont obtenus, en majorité, dans un état excité [ ${}^{99}_{43}\text{Tc}^*$ ]

a- i) Compléter l'équation de désexcitation suivante:  ${}^{99}_{43}\text{Tc}^* \longrightarrow {}^{99}_{43}\text{Tc} + \dots\dots$

ii) Préciser la nature du rayonnement émis.

b- L'énergie libérée par cette désexcitation, de valeur 0,14 MeV, est entièrement emportée par le rayonnement émis, les noyaux [ ${}^{99}_{43}\text{Tc}^*$ ] et  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  étant supposés au repos.

i) Déterminer, en u, la masse du noyau de  ${}^{99}_{43}\text{Tc}^*$ .

ii) Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis.

#### C- Utilisation du technétium 99 en médecine

L'isotope  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  est actuellement très utilisé en imagerie médicale. Le générateur molybdène/technétium est connu, en médecine, sous le nom de " vache à technétium ". Aussi, la préparation journalière dans un service médical du technétium 99, de demi-vie  $T_1 = 6$  heures, à partir de son " père " le molybdène de demi-vie  $T_2 = 67$  heures, permet un approvisionnement hebdomadaire.

1) Pourquoi est-il préférable, dans un service médical utilisant le technétium 99, de disposer d'une réserve de molybdène 99 et non pas d'une réserve de technétium 99 ?

2) Déterminer le nombre des noyaux de technétium 99 obtenus à partir de 1g de molybdène 99 au bout de 24 heures. En déduire la masse de ces noyaux de technétium.

**Données:** Masses des noyaux et particule:  ${}^{99}_{42}\text{Mo} = 98,88437$  u;  ${}^{99}_{43}\text{Tc} = 98,88235$  u;  ${}^0_{-1}e = 55 \times 10^{-5} u$ .

$1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2 = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ;

constante de Planck:  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ;

$1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$  ;

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  .

**Premier exercice. (7pts)**

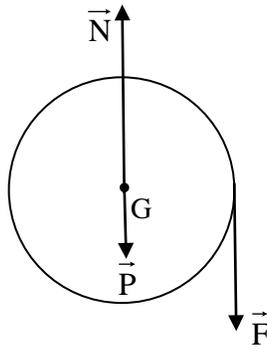
1) a- le poids  $\vec{P}$  , la réaction de l'axe  $\vec{N}$  et la force  $\vec{F}$  (1/2)

b-  $\mathcal{M}(\vec{P}) = \mathcal{M}(\vec{N}) = 0$  (ligne d'action rencontre l'axe)

$$\mathcal{M}(\vec{F}) = M \Rightarrow \sum \mathcal{M} = M \quad (1/2)$$

c-  $\frac{d\sigma}{dt} = I_0 \ddot{\theta} = M \square \ddot{\theta} = \frac{M}{I_0} = \text{cte}$  et  $\dot{\theta}_0 = 0 \Rightarrow$  Mouvement de Rot.

uniformément accéléré. (3/4)



2) a-  $\frac{d\sigma}{dt} = M \Rightarrow \sigma = Mt + \sigma_0$   $\sigma_0 = I_0 \theta'_0 = 0 \Rightarrow \sigma = Mt$  (3/4)

b-  $I_0 \theta' = Mt \Rightarrow I_0 = \frac{Mt}{\theta'}$   $= \frac{0,2 \times 5}{2 \times \pi \times 80} = 2 \times 10^{-3} \text{ Kgm}^2$  (1/2)

B- 1)  $E_m = \frac{1}{2} I \dot{\theta}^2 - mgR \cos\theta$  (1)

2)  $\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow I \theta' \theta'' + mgR \sin\theta = 0$  or  $\sin\theta = \theta \Rightarrow \theta'' + mg \frac{R}{I} \theta = 0$  (1)

3)  $\omega^2 = \frac{mgR}{I} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgR}}$  (1/2)

4)  $T = \frac{7,7}{10} = 0,77 \text{ s}$  d'où :

$$I = \frac{T^2 mgR}{4\pi^2} = \frac{(0,77)^2 \times 0,4 \times 10 \times 0,1 \times (0,32)^2}{4} = 6,07 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2 \quad (1)$$

5) La relation  $I = I_0 + mR^2$  donne  $I_0 = 6 \times 10^{-3} - 0,4(0,1)^2 = 2 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$  (1/2)

**Deuxième exercice (7 pts)**

1) Branchements (1/2)

2) a-  $\omega = 100\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 2 \times 10^{-2} \text{ s} = 20 \text{ ms}$  (1/2)

b- T correspond à 4 div ; d'où 4 div  $\Rightarrow 2 \times 10^2 \text{ s} \Rightarrow$   
1 div. correspond à 5 ms  $\Rightarrow S_h = 5 \text{ ms/div}$  (3/4)

3) a-  $i = \frac{u_{BC}}{R}$ . Donc i est l'image de  $u_{BC}$  (1/2)

b- (D) est un condensateur car le courant i est en avance de phase sur la tension  $u_{AC}$  (1/2)

4) a-  $|\varphi| = \frac{2\pi \times 0,5}{4} = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$  ;  $u_{BC}$  est en avance de phase de  $\frac{\pi}{4} \text{ rad}$  sur  $u_{AC}$  (3/4)

b-  $U_{mR} = 2 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} = 4 \text{ V} \Rightarrow I_m = \frac{U_{mR}}{R} = \frac{4}{40} = 0,1 \text{ A}$  (3/4)

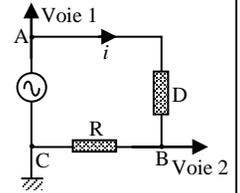
c-  $i = 0,1 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{4})$  (1/2)

5)  $i = C \frac{du_{AB}}{dt} \Rightarrow u_{AB} = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{0,1}{100\pi C} \sin(100\pi t + \frac{\pi}{4})$  (1)

6)  $u_{AC} = u_{AB} + u_{BC} \Rightarrow$

$$4\sqrt{2} \cos(100\pi t) = \frac{0,1}{100\pi C} \sin(100\pi t + \frac{\pi}{4}) + 4 \cos(100\pi t + \pi/4)$$
 (1/4)

Pour  $t = 0$  :  $4\sqrt{2} = \frac{0,1}{100\pi C} \frac{\sqrt{2}}{2} + 4 \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow C = 80 \mu\text{F}$  (1)



**Troisième Exercice (6 1/2 pts)**

A- 1) Les deux sources sont synchrones (1/4)

2) La cohérence (1/4)

3) Car les fentes sources sont synchrones et cohérentes (ou cohérentes) (1/4)

B-I- 1- a) Tableau (3/4)

$\lambda$ (en nm)	470	496	520	580	610
5 i (en mm)	11,75	12,40	13,00	14,50	15,25
i (en mm)	2,35	2,48	2,60	2,90	3,05

b) i-  $\frac{i}{\lambda} = \frac{2,35 \times 10^6}{470} = \frac{3,05 \times 10^6}{610} = \dots = 5000 = \text{cte positive}$  (1/2)

ii-  $\frac{i}{\lambda} \alpha = 5000$  (1/4)

iii-  $i = \frac{\alpha D}{a} \Rightarrow \frac{i}{\lambda} = \alpha = 5000$  (3/4)

2) La relation  $i = \frac{\lambda D}{a}$  permet d'écrire :  $\frac{i_1}{i_2} = \frac{D_1}{D_2}$ . Ainsi  $\frac{2,48}{3,72} = \frac{D}{D+0,5} \Rightarrow D = 1 \text{ m}$  (1)

3)  $b = 5000 = \frac{D}{a} = \frac{1}{a} \Rightarrow a = 0,2 \text{ mm}$  (1/2)

II- 1)  $\lambda_{air} = \frac{c}{f}$  ;  $\lambda_{eau} = \frac{V}{f} \Rightarrow \frac{\lambda_{eau}}{\lambda_{air}} = \frac{V}{c} = \frac{1}{n} \Rightarrow \lambda_{eau} < \lambda_{air}$  (1/2)

2) i est proportionnelle à  $\lambda$  ; en passant de l'air dans l'eau, la longueur d'onde diminue, ce qui entraîne une diminution de l'interfrange i et le système de frange parait plus serré (1/2)

3)  $i_{eau} = 1,95 \text{ mm}$  ;  $\frac{i_{eau}}{i_{air}} = \frac{\lambda_{eau}}{\lambda_{air}} = \frac{1}{n}$  ; ainsi  $\frac{1,95}{2,6} = \frac{1}{n}$  ,

d'où :  $n = 1,33$  (1)

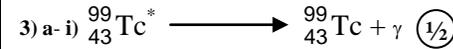
**Quatrième exercice (7 pts)**

A- Conservation du nombre de masse:  $98 + A = 99 + 1 \Rightarrow A = 2$   
Conservation du nombre de charge:  $42 + Z = 43 \Rightarrow Z = 1$  (1/2)



2)  $\Delta m = m_{\text{avant}} - m_{\text{après}} = 98,88437 - 98,88235 - 55 \times 10^{-5} = 1,47 \times 10^{-3} \text{ u}$  (1/2)

$E = \Delta m c^2 = 1,47 \times 10^{-3} \times 931,5 \text{ MeV}/c^2 \times c^2 = 1,37 \text{ MeV}$  (3/4)



ii) Onde électromagnétique (1/4)

b- i) La conservation de l'énergie totale donne :

$m({}_{43}^{99}\text{Tc}^*)c^2 + E^*c = m({}_{43}^{99}\text{Tc})c^2 + E_c + E(\gamma) \Rightarrow m({}_{43}^{99}\text{Tc}^*)c^2 = m({}_{43}^{99}\text{Tc})c^2 + E(\gamma)$  (1/2)  
 $\Rightarrow m({}_{43}^{99}\text{Tc}^*) = m({}_{43}^{99}\text{Tc}) + \frac{E(\gamma)}{c^2} = 98,88235 \text{ u} + \frac{0,14 \text{ MeV}/c^2}{931,5} \text{ u} = 98,88250 \text{ u}$

ii)  $E_1 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_1} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0,14 \times 1,60 \times 10^{-13}} = 8,88 \times 10^{-12} \text{ m}$  (1/2)

C- 1) Le molybdène 99 a une demi-vie 10 fois plus grande que celle du technétium 99, il constitue alors une réserve plus durable (1/2)

2) Le nombre des noyaux de  ${}_{42}^{99}\text{Mo}$  à la date  $t_0 = 0$  est :

$N_0 = \frac{10^{24}}{1,66 \times 98,88437} = 6,09 \times 10^{21} \text{ noyaux}$  (1/2)

Le nombre des noyaux de  ${}_{42}^{99}\text{Mo}$  à la date  $t = 24 \text{ h}$  est

$N = N_0 e^{-\lambda t} = 6,09 \times 10^{21} e^{-\frac{0,693 \times 24}{67}} = 4,75 \times 10^{21} \text{ noyaux}$  (1/2)

Le nombre des noyaux de technétium obtenus au bout de 24 heures est :  $N_0 - N = 1,34 \times 10^{21}$  noyaux  
la masse de Tc est :  $1,34 \times 10^{21} \times 98,88235 \times 1,66 \times 10^{-27} = 0,22 \text{ g}$  (1/2)