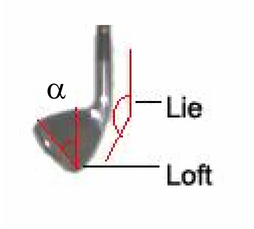
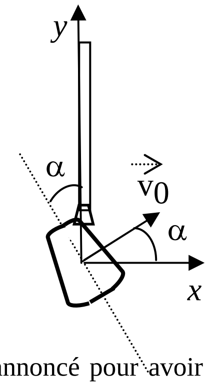
EXERCICE I

Dans un magazine spécialisé, les performances de clubs de golf sont présentées. Ces clubs sont numérotés suivant l'inclinaison de la face avec la verticale, appelée « loft », c'est un angle mesuré en degré, repéré par la lettre α. La longueur du manche, le shaft est d'autant plus long que le loft est petit.





Ainsi un club dénommé fer 5 présente un loft de 25 ° et est annoncé pour avoir une portée x_M de 150 *m* sur terrain plat lorsqu'il est utilisé par un joueur considéré comme frappeur moyen. La vitesse communiquée à la balle de golf de masse 46 *g* lors de la frappe du club est notée v_0. On néglige tous les frottements, ainsi que les phénomènes de portance de l'air et ceux liés à la surface alvéolaire de la balle de golf.

Le référentiel terrestre est supposé galiléen et on prendra l'intensité du champ de pesanteur $g = 9{,}81\ m\ s^{-2}$.

La trajectoire de la balle est décrite dans un repère $(0, \vec{i}, \vec{j})$ dont l'origine est prise à la position de la balle avant la frappe, l'origine des temps $t = 0$ est choisie à l'instant de l'impact du club.

I-1- A quelle(s) force(s) est soumise la balle de golf au cours de sa trajectoire ?

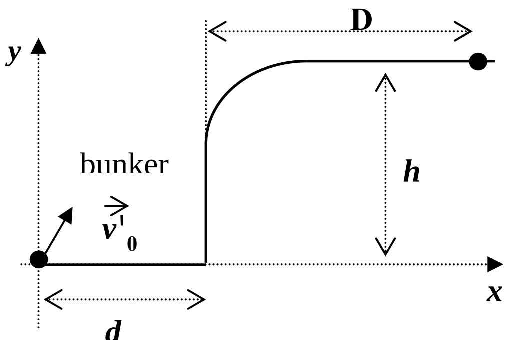
I-2- Donner les composantes a_x et a_y du vecteur accélération puis déduisez en celles du vecteur vitesse v_x et v_y de la balle au cours de sa trajectoire.

I-3- Etablir les équations horaires littérales $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de la balle. Quelle est l'équation de la trajectoire de la balle ? Quelle en est la forme ?

I-4- Quelle est l'expression de la vitesse initiale v_0 en fonction de la distance x_M parcourue par la balle. Réaliser l'application numérique et donner le résultat avec 3 chiffres significatifs.

La balle de golf repose maintenant au fond d'un obstacle dénommé bunker, constitué d'un bac de sable de profondeur $h = 1{,}60\ m$. La balle est à la distance $d = 1{,}25\ m$ de la lèvre du bunker, comme l'indique la figure ci-dessous.

Afin de passer l'obstacle, le joueur choisit un « lob wedge » de 60° de loft et il communique à la balle une faible vitesse initiale $v'_0 = 10\ m.s^{-1}$, la balle atterrit à la distance **D** du bord du bunker.



I-5- Ecrire l'équation à laquelle répond la distance **D** en fonction des valeurs des différents paramètres du problème, valeur du loft, h, d, g et v'_0.

I-6- Calculer la valeur numérique de **D** et donner le résultat avec 3 chiffres significatifs.

Un bon joueur de golf peut donner à une balle de masse **46 *g*** une vitesse initiale v_0 de **200 *km.h*$^{-1}$** avec une vitesse v_c du club à l'impact de **150 *km.h*$^{-1}$**.

I-7- Evaluer l'énergie cinétique $\mathbf{E_c}$ acquise par la balle de golf juste après l'impact.

I-8- On considère que cette énergie est acquise pendant la durée **τ = 0,5 *ms*** du contact entre le club et la balle. Calculer la puissance $\mathbf{P_c}$ correspondante.

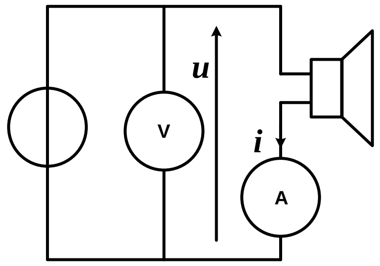
REPONSES A L'EXERCICE I

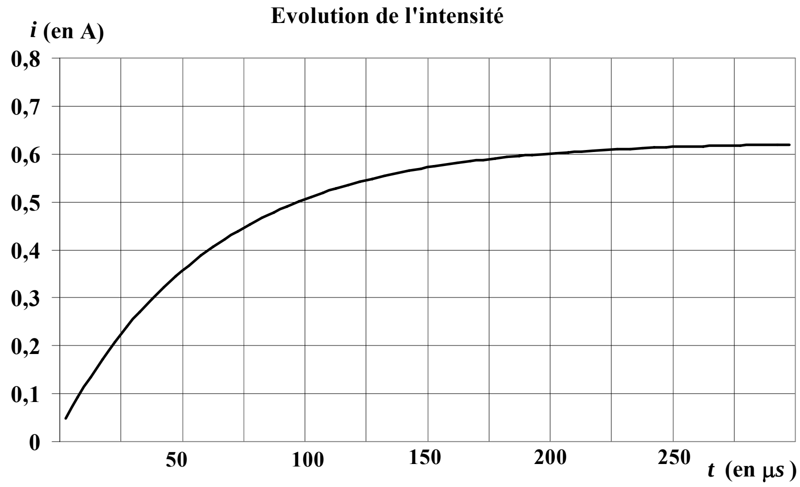
I-1.	Bilan des forces : **Force de pesanteur**	
I-2.	Accélération $a_x = 0$ $a_y = -g$	Vitesse $v_x = v_0 \cos\alpha$ $v_y = -g\,t + v_0 \sin\alpha$
I-3.	Equation horaire $x(t) = v_0 \cos\alpha\, t$ Equation de la trajectoire : $y = \boxed{-\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2 + x\tan\alpha}$ Forme : **parabolique**	$y(t) = -1/2\, g\, t^2 + v_0 \sin\alpha\, t$
I-4.	Vitesse initiale v_0 : Expression littérale $v_0 = \boxed{\sqrt{\frac{g\,x}{2\sin\alpha\,\cos\alpha}}}$	Application numérique v_0 = **43,8m/s**
I-5.	Equation $\boxed{:h = -\frac{1}{2}g\left(\frac{d+D}{v'_0\cos\alpha}\right)^2 + (d+D)\tan\alpha}$	
I-6.	Distance **D = 6,53 *m***	
I-7.	Energie cinétique $\mathbf{E_C}$: Expression littérale $\mathbf{E_C} = 1/2\, m\, v_0^2$	Application numérique $\mathbf{E_C}$ = **71 J**
I-8.	Puissance **P** : Expression littérale **P** = E_C / τ	Application numérique **P** = **142 *k*W**

EXERCICE II

Un haut parleur est constitué d'une bobine mobile placée dans un champ magnétique créé par un aimant. Lorsqu'elle est parcourue par un courant alternatif, cette bobine entraine la membrane du haut parleur.
On souhaite caractériser cette bobine ; pour cela on bloque son déplacement en immobilisant la membrane. On propose alors un modèle électrique simple constitué par une inductance **L** en série avec une résistance **R**

$1^{ère}$ expérience :
A t=0s, on alimente la bobine sous une tension constante. On mesure ***u*** à l'aide d'un voltmètre et ***i*** à l'aide d'un système d'acquisition en intensité (cf. schéma ci-dessous). On enregistre l'évolution de ***i*(*t*)**.





Le système d'acquisition en courant possède une résistance interne $\mathbf{R_A = 2{,}0\ \Omega}$.
Le voltmètre possède une résistance interne $\mathbf{R_V = 1{,}0\ M\Omega}$.
Indication du voltmètre **u = 5,0 V** constant pour $t>0$

Etude en régime permanent :

II-1- Ecrire l'équation liant ***u*** à ***i*** en régime permanent. En déduire la valeur de **R**.

II-2- Quel appareil de mesure aurait pu être utilisé pour mesurer directement **R** ?

Etude du régime transitoire :

II-3- Ecrire l'équation différentielle de variable ***i*(*t*)** pour $t>0$.

II-4- Sa solution est de la forme $i(t) = \alpha + \beta\, exp\,(- t/\gamma)$; exprimer α, β et γ en fonction des données de l'énoncé.

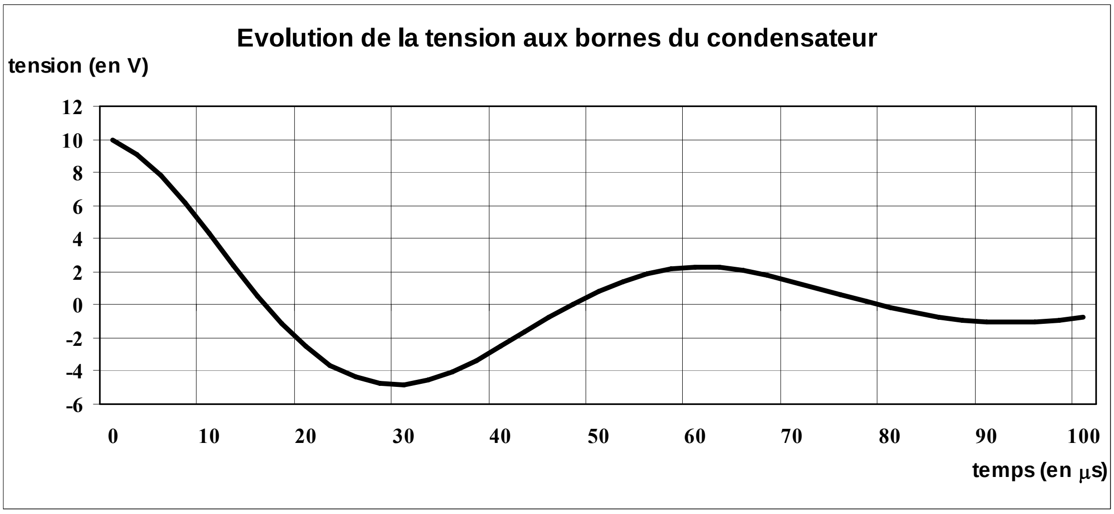
II-5- Quelles sont l'expression et la valeur de ***i*** lorsque $t = \gamma$? En déduire la valeur de γ, puis la valeur de **L.**

2^{e} expérience :
Pour obtenir une mesure de **L** plus précise que la précédente, on réalise un circuit oscillant constitué de la bobine placée en série avec un condensateur de capacité **C**, initialement chargé sous 10 V.

II-6- Quelle condition sur **C** permet d'obtenir une réponse pseudo périodique, sachant que la résistance critique est donnée par $\mathbf{Rc} = \mathbf{2}\sqrt{\dfrac{\mathbf{L}}{\mathbf{C}}}$?

On choisit **C = 0,20 µF** ; la pseudo-période de ce circuit est très proche de la période propre du circuit non amorti correspondant.

II-7- En utilisant l'enregistrement ci-après, exprimer **L** en fonction de paramètres connus. Calculer **L**.

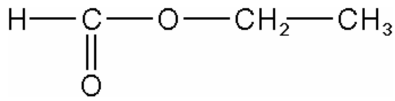


REPONSES A L'EXERCICE II

II-1-	Equation : $u = (R+R_A)\,i$	Résistance **R** = **6,0 Ω**
II-2-	Appareil de mesure : **Ohmètre**	
II-3-	Equation différentielle : $u = (R+R_A)\,i + L\,di/dt$	
II-4-	Expressions : $\alpha = u/(R+R_A)$	$\beta = -u/(R+R_A)$ $\gamma = L/(R+R_A)$
II-5-	Expression $i(t=\gamma) = u(1-e^{-1})/(R+R_A)$ Constante γ = **60 μs**	application numérique : $i(t=\gamma)$ = **0,39 A** Inductance **L** = **0,48 *m*H**
II-6-	Condition sur **C** : $C < 4L/R^2$	
II-7-	Expression littérale : $L = T^2/(4\pi^2 C)$	Application numérique : **L** = **0,50 *m*H**

EXERCICE III

Le composé E, ester dont la formule semi-développée est donnée ci-dessous, est utilisé dans l'industrie alimentaire en tant qu'additif aromatique.



III-1- Donner le nom systématique de l'ester E.

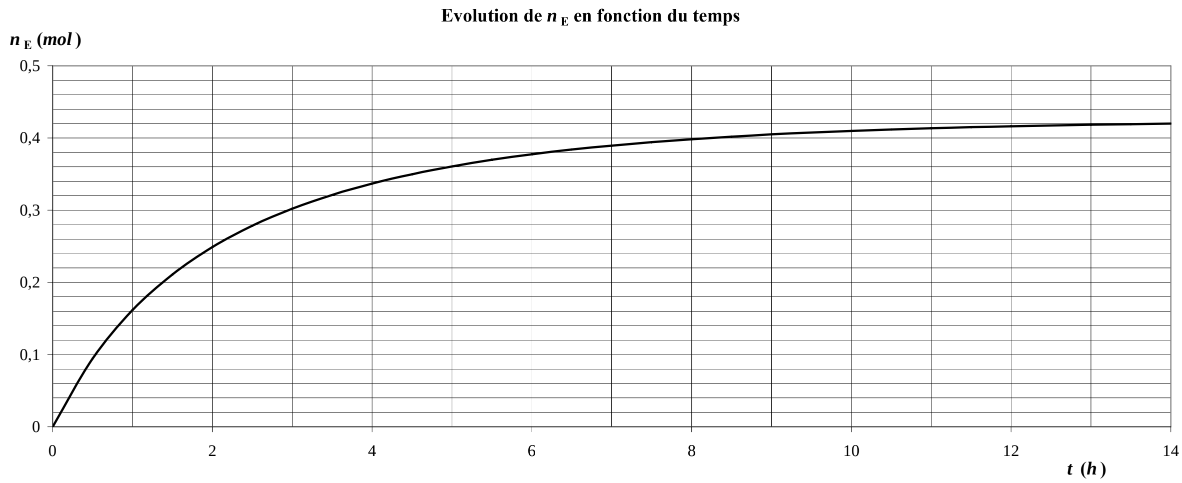
Pour synthétiser E, on fait réagir entre elles deux molécules : A, qui appartient à la famille des acides carboxyliques et B, à celle des alcools.

III-2- Ecrire l'équation-bilan de la réaction en faisant apparaitre les formules semi-développées des réactifs et produits.

L'expérience est menée en mélangeant $\boldsymbol{n_{A0} = 0{,}50\ mol}$ de A avec $\boldsymbol{n_{B0} = 1{,}00\ mol}$ de B, auxquels on additionne quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le mélange est porté à reflux dans un réacteur fermé, à volume constant. La réaction est athermique.

III-3- Quel volume de A a-t-on mesuré pour réaliser l'expérience ?

On étudie l'évolution de la concentration du produit E (quantité $\boldsymbol{n_E}$ mesurée en *mol*) à partir de l'instant où le mélange est réalisé.



III-4- On peut assimiler la vitesse initiale à la vitesse moyenne de la réaction pendant la 1ère heure. Déterminer cette vitesse.

III-5- On considère qu'après 14h le système n'évolue plus. Déterminer l'avancement final et le taux d'avancement de la réaction.

III-6- Déterminer le temps de demi-réaction.

III-7- Tracer sur la courbe l'évolution des quantités des réactifs.

III-8- Donner la constante d'équilibre de la réaction.

III-9- Indiquer parmi les modifications de protocole proposées celle(s) qui permettent d'augmenter la quantité d'ester formée à la fin de l'opération.

Données :

M(H) = 1 *g.mol*$^{-1}$, M(C) = 12 *g.mol*$^{-1}$, M(O) = 16 *g.mol*$^{-1}$, ρ(A) = 1,22 *g.cm*$^{-3}$, ρ (B) = 0,79 *g.cm*$^{-3}$.

REPONSES A L'EXERCICE III

III-1- Nom de E : **méthanoate d'éthyle, formiate d'éthyle ou formate d'éthyle**

III-2- Equation bilan : $HCOOH + CH_3CH_2OH = HCOOCH_2CH_3 + H_2O$

III-3- Volume de A : $V_A = n_A \cdot M_A / \rho_A = 18{,}9\ mL$

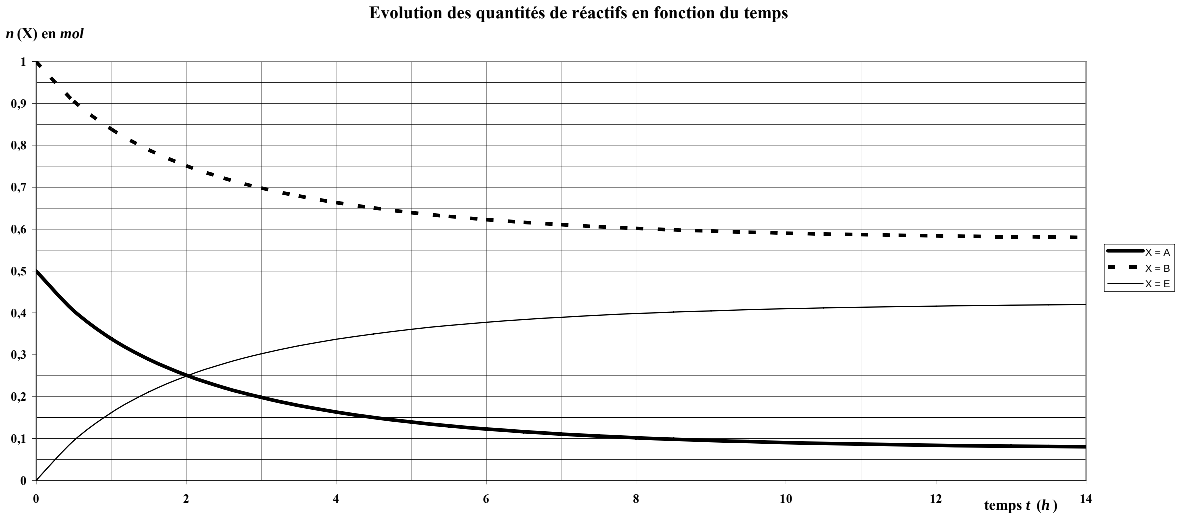
III-4- Vitesse initiale v_0 = **0,16 *mol.h*$^{-1}$**

III-5- Avancement final : x_{final} = **0,42 *mol***

Taux d'avancement : τ = **0,84**

III-6- Temps de demi-réaction : $t_{1/2}$ = **1,5 *h***

III-7-



III-8- Constante d'équilibre **K** = **3,80**

III-9- Cocher la ou les réponses exactes :

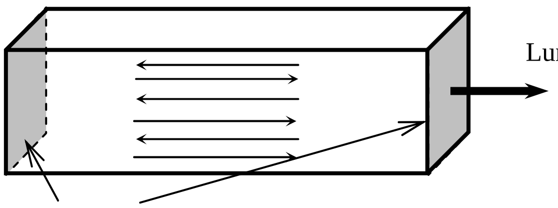
- ☐ augmenter la température
- ☐ diminuer la température
- ☐ ajouter plus de catalyseur
- ☐ augmenter le temps de réaction
- ☐ **doubler la quantité de A**
- ☐ **doubler la quantité de B**

EXERCICE IV

La lumière d'un LASER est composée d'un mélange de très nombreux "trains d'ondes", c'est-à-dire de "salves". Pour réaliser un LASER, on doit réaliser les deux conditions suivantes :

- utiliser un matériau capable d'émettre le rayonnement désiré
- faire traverser ce matériau de nombreuses fois par la lumière avant qu'elle sorte du LASER pour l'amplifier et la "réguler"

Dans la plupart des LASER, on oblige donc la lumière à effectuer de nombreux allers-retours à travers le matériau grâce à un jeu de miroirs (partiellement) réfléchissants :



On rappelle : *la célérité de la lumière dans le vide et dans les milieux gazeux $c = 3{,}00.10^{8} m.s^{-1}$*
la constante de Planck : $h = 6{,}626.10^{-34} J.s$

IV-1- Pourquoi faut-il que la distance correspondant à un aller-retour soit un multiple de la longueur d'ondes ?

Dans un LASER hélium-néon, la cavité mesure une longueur **L = 23,0 *cm***. La lumière émise a de plus une longueur d'onde **λ = 632,9 *nm***.

IV-2- Calculer la durée ***t*** d'un aller-retour**.**

IV-3- On constate qu'un train d'onde émis par ce laser dure en moyenne **Δt =0,5 μ*s***. En déduire :

a) le nombre $\mathbf{N_1}$ d'allers-retours moyen que fait la lumière dans la cavité pendant cette durée,

b) le nombre $\mathbf{N_2}$ de périodes d'oscillations de cette onde.

IV-4- Quel est le domaine de longueurs d'onde correspondant à la lumière visible ?

IV-5- Quelle énergie transporte un photon de la lumière émise par ce LASER ?

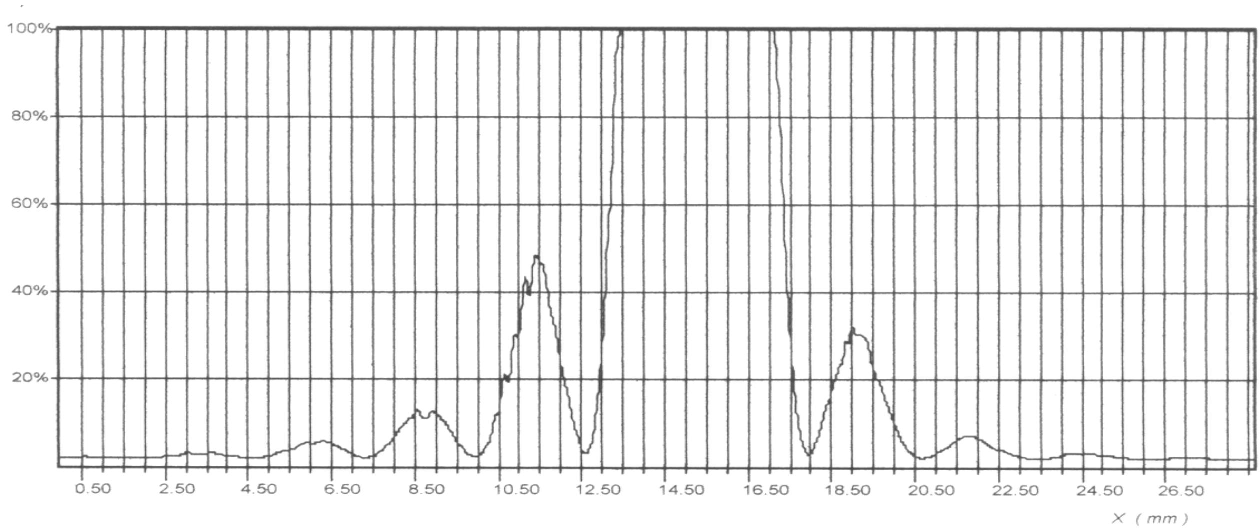
IV-6- On place sur le trajet du faisceau émis par le laser une plaque fissurée, et on souhaite mesurer la largeur ***a*** de la fissure. On enregistre l'intensité lumineuse reçue le long d'un axe horizontal sur un écran perpendiculaire au faisceau du laser, placé à une distance **D = 32 *cm*** après la fissure, et on obtient la courbe présentée page suivante.

a) Comment appelle-t-on le phénomène observé ?

b) On propose plusieurs relations entre la largeur ***d*** de la tache centrale, **D**, λ et la largeur ***a*** de le fissure. Choisir la relation exacte. Ecrire l'équation aux dimensions de la solution que vous avez retenue.

c) Calculer la largeur de la fissure.

d) Quelle serait la largeur approximative ***d'*** de la tache centrale si on utilisait un laser émettant de la lumière bleue au lieu de lumière rouge ?



REPONSES A L'EXERCICE IV

IV-1-	Explication : **Car il faut que 2 ondes se propageant dans le même sens et séparées par un nombre entier d'allers-retours soient en phase.**
IV-2-	Durée Expression littérale : $t =$ **2 L / *c*** — Valeur numérique : $t =$ **1,53 *ns***
IV-3-a-	Nombre d'allée retour Expression littérale : $N_1 =$ **$\Delta t / t$** — Valeur numérique : $N_1 =$ **326**
IV-3-b-	Nombre de périodes Expression littérale : $N_2 =$ **$c\,\Delta t / \lambda$** — Valeur numérique : $N_2 =$ **$237\ 10^{6}$**
IV-4-	Domaine de longueur d'onde : **$400\ nm \leq \lambda \leq 800\ nm$**
IV-5-	Energie Expression littérale : $E =$ **$h\,c / \lambda$** — Valeur numérique : $E =$ **$3{,}14\ 10^{-19}$ J**
IV-6-a-	Nom du phénomène : **diffraction**
IV-7-b-	$d = 2\lambda D/a$ $l = \lambda/a$ $d = 2D/\lambda a$ $d = a/2\lambda$ $d = aD/\lambda$ *(Entourer la réponse exacte)* Equation aux dimensions : $\boxed{[m] = \dfrac{[m][m]}{[m]}}$
IV-7- c-	Largeur $a =$ **0,07 *mm***
IV-7- d-	Largeur d' : $d' = 12\ mm$ $d' = 0{,}5\ mm$ $d' = 7\ mm$ **$d' = 4\ mm$** $d' = 80\ \mu m$ *(Entourer la réponse exacte)*