EXERCICE I

On s’intéresse à la lumière rouge monochromatique de longueur d’onde λ = 633 *nm* émise par un laser hélium-néon.

Données : Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0.10^{8}\ m.s^{-1}$
Constante de Planck : $h = 6{,}63\ .\ 10^{-34}$ J.*s*
1 *e*V = $1{,}6.10^{-19}$J.

I-1- Quelle relation lie la longueur d’onde dans le vide λ à la période *T*.
I-2- Calculer la période T.
I-3- Donner l'expression de la fréquence ν correspondante. Faire l’application numérique.
I-4- Exprimer l’énergie associée à un photon laser de fréquence ν. Faire l’application numérique. Convertir en électronvolt.

Dans un laser hélium néon, le pompage est effectué entre des niveaux d’énergie de l’hélium, mais ensuite la transition laser s’effectue entre des niveaux énergétiques du néon. Ainsi, la figure 1 représente un diagramme simplifié des niveaux d’énergie du néon.

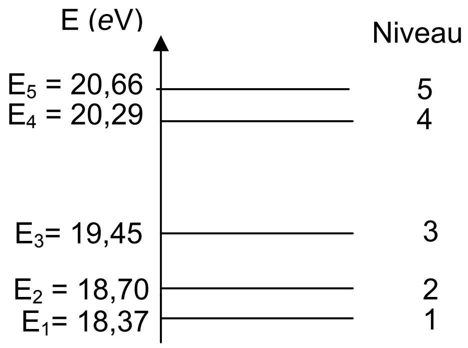


Fig. 1 : Diagramme énergétique simplifié du néon

I-5- En déduire à partir du diagramme de la figure 1, entre quels niveaux s’effectue la transition responsable de la lumière rouge du laser ?

I-6- Pourquoi la transition mise en jeu est de type électronique ?

On utilise le faisceau laser pour déterminer la taille d’un cheveu. Pour cela, on réalise l’expérience schématisée ci-dessous (figure2). Un faisceau laser éclaire un cheveu d’épaisseur *a*. On observe des taches lumineuses sur un écran placé à une distance L du cheveu. Ces taches sont séparées par des zones sombres. La largeur de la tache centrale vaut *d*.

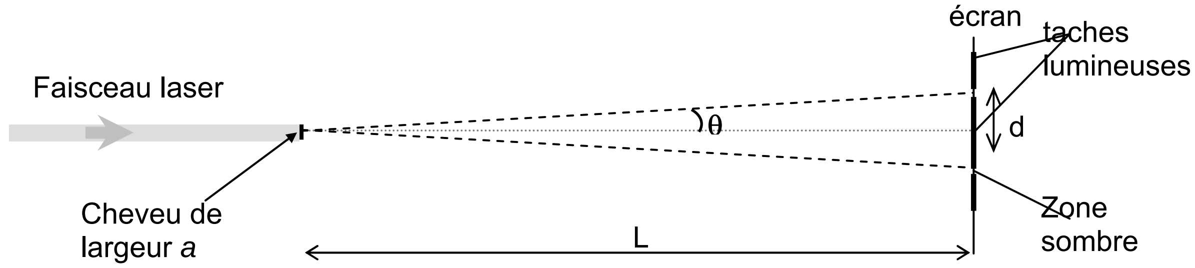


Fig. 2 : Vue de dessus du dispositif expérimental

I-7- Comment s’appelle le phénomène observé ?
I-8- Dans quelle situation ce phénomène est-il le plus marqué ?

A partir du schéma, et en se plaçant dans l'approximation des petits angles, on peut montrer que l'écart angulaire noté θ sur le schéma peut s'écrire $\theta = \frac{d}{2L}$.

I-9- Rappeler la relation qui lie l'écart angulaire θ à la longueur d'onde λ et à l'épaisseur *a* du cheveu.

I-10- On mesure L = 1,50 *m* et *d* = 3,4 *cm*. En déduire la valeur de l'épaisseur *a* du cheveu.

I-11- On modifie la distance entre le cheveu et l'écran, on prend L = 0,50 *m*. Comment évolue la taille de la tache centrale ? Justifier la réponse.

I-12- Afin de limiter le phénomène dans le cas de la lecture de données sur un CD, quelle serait la couleur de la lumière la plus adaptée ? Justifier.

REPONSES A L'EXERCICE I

I-1-	❑ $\lambda = \frac{c}{T}$ ❑ $\lambda^2 = \frac{c}{T}$ ❑ $\lambda = c.T$ ❑ $T = \lambda . c$ *(cocher la réponse exacte)*
I-2-	Période : **T = 2.11 . 10^{-15} *s***
I-3-	Fréquence : Expr. litt. : **ν = 1 / T** Appl. Num. : **ν = 4,74 .10^{14} Hz**
I-4-	Energie : **E = *h* ν** Appl. Num. : **E = 3,14 .10^{-19} J** **E = 1.96 *e*V**
I-5-	Transition du niveau **5** vers le niveau **2**
I-6-	La transition est de type électronique car **elle correspond à l'émission ou à l'absorption d'un rayonnement visible ou ultraviolet.**
I-7-	Phénomène : **diffraction**
I-8-	*(cocher la réponse exacte)* ❑Lorsque la dimension de l'obstacle est très petite par rapport à la longueur d'onde ❑Lorsque la dimension de l'obstacle est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde ❑Lorsque la dimension de l'obstacle est très grande par rapport à la longueur d'onde
I-9-	Relation : **θ = λ / *a***
I-10-	Epaisseur : ***a* = 5,58.10^{-5}*m* = 56 μ*m***
I-11-	La taille : *(cocher la réponse exacte)* ❑ diminue ❑ reste constante ❑ augmente Justification : **θ ne change pas**
I-12-	Lumière adaptée : **bleue car il faut diminuer la longueur d'onde**

EXERCICE II

De nombreux produits ménagers de nettoyage sont formulés à partir de solutions aqueuses ammoniacales. L'ammoniac est un gaz de formule brute NH_3.

II-1- Ecrire le schéma de Lewis de la molécule d'ammoniac.
II-2- La molécule d'ammoniac est polaire. Le montrer en plaçant sur sa représentation spatiale de Cram du document réponse les charges partielles δ^- et δ^+ .

Le composé NH_3 est très soluble dans l'eau. Une solution aqueuse d'ammoniaque est le siège d'un équilibre entre $NH_{3(aq)}$ qui, par réaction avec l'eau forme son acide conjugué : l'ion ammonium NH_4^+. Le pK_a du couple NH_4^+/NH_3 vaut 9,2.

II-3- Rappeler l'expression littérale de la constante K_a du couple NH_4^+/NH_3 puis donner sa valeur numérique.
II-4- Etablir le diagramme de prédominance du couple NH_4^+/NH_3 sur une échelle de pH.
II-5- Ecrire sous forme d'équation-bilan l'équilibre acido-basique né de la réaction entre $NH_{3(aq)}$ et l'eau.

Une solution ammoniacale **S** a été obtenue en dissolvant de l'ammoniac dans 200,0 mL d'eau pure. Le pH initialement mesuré vaut pH = 10,94.

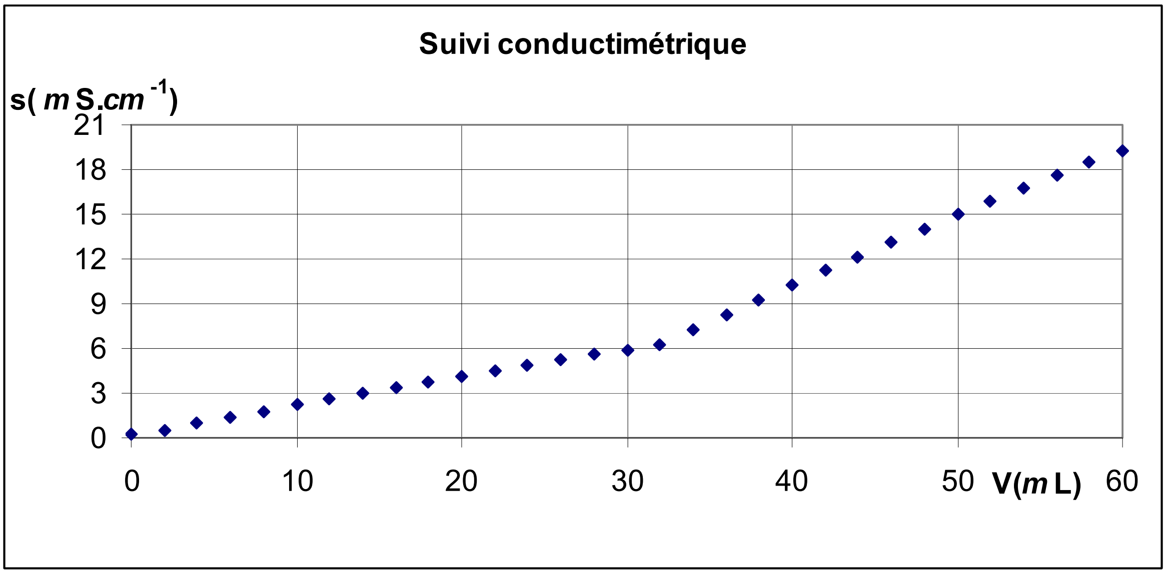
II-6- Identifier l'espèce prédominante dans la solution (hors solvant).

On se propose de réaliser le dosage de cette solution par un acide fort : l'acide chlorhydrique (H_3O^+ + Cl^-). On dispose à cet effet d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration : $C_{HCl} = 3{,}0.10^{-1}$ *mol*.L^{-1}.
Le suivi de ce dosage est effectué parallèlement par conductimétrie et pH-métrie.

La réaction acido-basique support du dosage est considérée comme totale :

$$NH_3 + H_3O^+ \rightarrow NH_4^+ + H_2O.$$

Les points expérimentaux obtenus en mesurant la conductivité en fonction du volume d'acide chlorhydrique versé $\sigma = f(V_{HCl})$ sont portés sur le graphique ci-dessous.



II-7- Déterminer le volume équivalent du titrage.

II-8- Calculer la concentration en ammoniaque C_{NH3} de la solution **S**.

II-9- Compléter les 4 cases vides dans l'extrait du tableau de suivi du dosage.

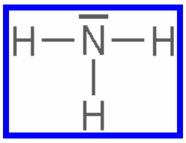
<u>Données</u> : Conductivités ioniques molaires :

$\lambda(H_3O^+) = 35,0.10^{-3}$ S.$m^2.mol^{-1}$
$\lambda(NH_4^+) = 7,35.10^{-3}$ S.$m^2.mol^{-1}$
$\lambda(HO^-) = 19,8.10^{-3}$ S.$m^2.mol^{-1}$
$\lambda(Cl^-) = 7,63.10^{-3}$ S.$m^2.mol^{-1}$

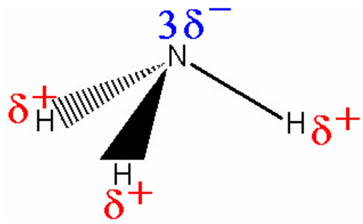
Electronégativités : χ (H) = 2,2, χ (N) = 3,0
Produit ionique de l'eau : $K_E = 10^{-14}$

REPONSES A L'EXERCICE II

II-1- Schéma de Lewis :



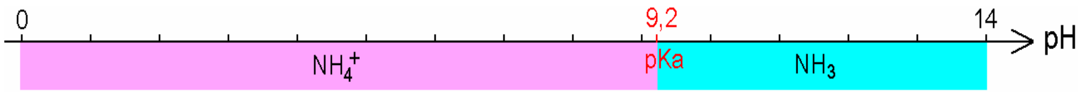
II-2-



II-3- Constante :

Expr. litt. : K_a = $[NH_{3(aq)}] \times [H_3O^+] / [NH_4^+]$ Appl. Num. : K_a = $6,3.10^{-10}$

II-4-



II-5- Equation bilan : $NH_{3(aq)} + H_2O \Leftrightarrow NH_4^+ + HO^-$

II-6- Espèce prédominante : $NH_{3(aq)}$

II-7- Volume V_{eq} = **32,0 *mL***

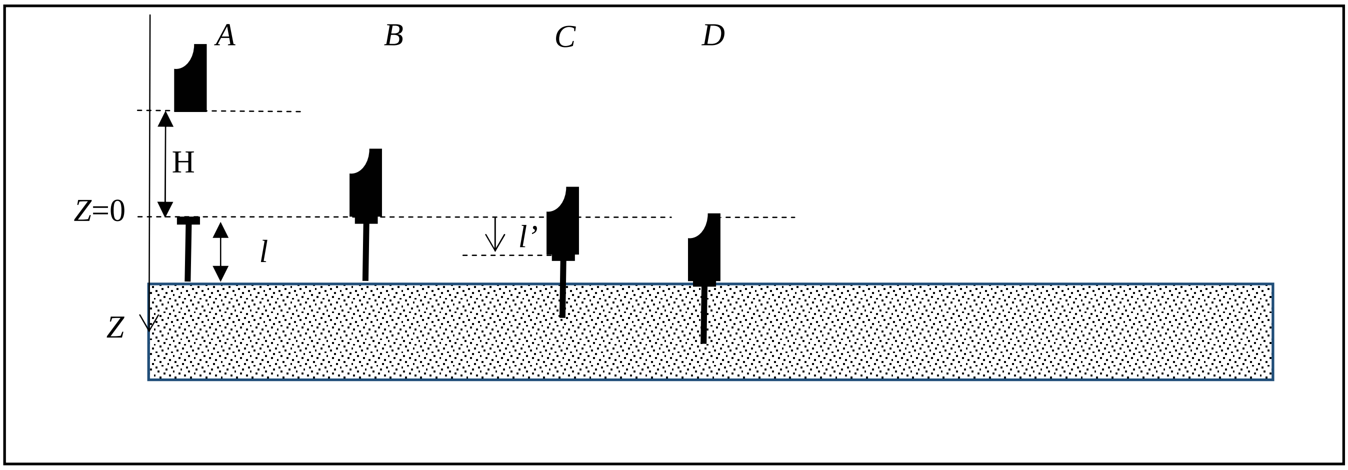
II-8- Concentration C_{NH3} = $4,8.10^{-2}$ ***mol.L***$^{-1}$

II-9-

V_{HCl} (mL)	$[H_3O^+]$ (*mol*.L^{-1})	$[OH^-]$ (*mol*.L^{-1})	$[NH_4^+]$ (*mol*.L^{-1})	$[Cl^-]$ (*mol*.L^{-1})	σ (*m*S.cm^{-1})	pH
0	$1,15.10^{-11}$	**$8,64.10^{-4}$**	$8,64.10^{-4}$	0	0,23	10,94
16,0	$6,78.10^{-10}$	$1,47.10^{-5}$	$2,30.10^{-2}$	$2,22.10^{-2}$	3,39	**9,20**
32,0	$4,75.10^{-6}$	$2,11.10^{-9}$	$4,14.10^{-2}$	$4,14.10^{-2}$	**6,20**	5,32
50,0	$2,14.10^{-2}$	$4,68.10^{-13}$	$3,84.10^{-2}$	**$6,00.10^{-2}$**	15,00	1,67

EXERCICE III

Supposons que pour planter des clous, on utilise un marteau de masse M, chutant librement d'une hauteur H, sans vitesse initiale (position A). Les forces de frottements sont négligées durant la phase de chute libre. Lorsque le marteau rencontre le clou (position B), il reste en contact avec celui-ci jusqu'à la fin du mouvement (position C). Le bois s'oppose au mouvement par une force d'amplitude constante, F, dont la direction est celle du mouvement mais s'opposant à la vitesse. Le clou a une longueur *l*, et une masse *m* négligeable par rapport à la masse M du marteau, la planche ne bouge pas.



Données :

Intensité de pesanteur g = 9,80 N kg^{-1}
Longueur du clou : l = 4 cm
Masse du marteau : M = 300 g

Lors d'un premier essai, on lâche le marteau d'une hauteur de H = 50 *cm* et le clou s''enfonce d'une profondeur l'= 1,0 *cm*.

III-1- Exprimer la variation d'énergie potentielle de pesanteur ΔEpp_{AB} du marteau lors de son mouvement entre les positions A et B. Calculer ΔEpp_{AB}

III-2- Exprimer la variation d'énergie cinétique ΔEc_{AB} du marteau lors de son mouvement entre les positions A et B en fonction de la vitesse V_B du marteau en B.

III-3- L'énergie mécanique du marteau est la somme de son énergie potentielle de pesanteur et son énergie cinétique. Pourquoi la variation de l'énergie mécanique est-elle nulle entre A et B ?

III-4- En déduire la valeur de ΔEc_{AB} .

III-5- Quelle est la vitesse V_B du marteau lorsqu'il rencontre le clou en B?

III-6- Exprimer puis calculer la variation d'énergie mécanique ΔE_{MBC} lorsque le marteau enfonce le clou dans la planche entre B et C. Que devient l'énergie mécanique du système {marteau + clou} ?

III-7- Représenter les forces mises en jeux. Comparer leur intensité.

III-8- Ecrire le travail de la force F durant la phase de pénétration du clou dans la planche entre les positions B et C.

III-9- En déduire l'expression de la force F. Calculer F.

III-10- De quelle hauteur H' doit partir le marteau, sans élan, pour enfoncer un clou de 4 cm en une seule fois (position D)

III-11- Le clou a une masse de 8 *g* d'acier de capacité calorifique c_{acier}= 440 J kg^{-1} K^{-1}. Si le clou accumule toute l'énergie thermique dissipée, quelle est la variation de température du clou lorsqu'il est planté de 4 *cm*.

REPONSES A L'EXERCICE III

III-1-	Energie potentielle : Expr. litt. : ΔEpp_{AB} = **$0-MgH$**	Appl. Num. : ΔEpp_{AB} = **-1.47 J**
III-2-	Energie cinétique : ΔEc_{AB} = **$\frac{1}{2} M V_B^2$**	
III-3-	Explication : **pas de force non conservative (force de frottement)**	
III-4-	Energie cinétique : ΔEc_{AB} = **+1.47 J**	
III-5-	Vitesse V_B = **3.1 $m.s^{-1}$**	
III-6-	Energie mécanique : Expr. litt. : ΔE_{MBC} = **$-Mg\,l' - \frac{1}{2} M V_B^2$** Explication : **L'énergie mécanique se transforme en chaleur à cause des frottements**	Appl. Num. : ΔE_{MBC} = **-1.50 J**
III-7-	Comparaison : *(cocher la réponse exacte)* ❑ F < M *g* ❑ F = M *g* ❑ **F> M *g***	Dessin : 
III-8-	Travail : Expr. litt. : $W_{BC}(F)$ = **$-F\ l' = \Delta E_{MBC}$**	Appl. Num. : $W_{BC}(F)$ = **-1.50 J**
III-9-	Force : Expr. litt. : F = **$-\Delta E_{MBC} / l'$**	Appl. Num. : F = **150 N**
III-10-	Hauteur : ❑ 71 *cm* ❑ 1 *m* ❑ 1,5 *m* ❑ **2 *m*** ❑ 4 *m*	*(cocher la réponse exacte)*
III-11-	Variation de température : Expr. litt. : ΔT = **$4\,\Delta E_{MBC} / (m\ c_{acier})$**	Appl. Num. : ΔT = **1.7 °C**

EXERCICE IV

Au cours d'une émission télévisée matinale, un point route est effectué où apparaissent plusieurs écrans de contrôle de la situation routière, correspondants à différents points du territoire.
Il est 8 heures du matin ce 20 octobre 2014 (293^e jour de l'année, N = 293) et le téléspectateur constate qu'il fait nuit à Paris (latitude : 48,85° Nord, longitude : 2,35° Est) et jour à Nice, où le soleil se lève (latitude : 43,70° Nord, longitude : 7,25° Est). Nous vous proposons de vérifier cet état de fait par le calcul en affectant l'indice 1 à Paris et l'indice 2 à Nice.

IV-1- Le trajet du centre O de la terre autour du Soleil est une ellipse. Quelle position le centre du Soleil occupe-t-il par rapport à cette ellipse ?
Pour simplifier, on fait maintenant l'hypothèse que cette trajectoire est circulaire uniforme. La vitesse **V** de O est alors constante, donnée par l'expression :

$V = \sqrt{\frac{GM_S}{r}}$	**G = 6,6700 10^{-11} *m*^{3}.kg^{-1}.*s*$^{-2}$** est la constante de gravitation **M_S = 2,0059 10^{30} *kg*** est la masse du soleil **r = 1,5000 10^{11} *m*** est la distance Terre-Soleil

IV-2- Calculer **V** en l'exprimant en *m.s*$^{-1}$.
IV-3- On considère donc que le centre de la terre O effectue un cercle autour du Soleil. Quelle est la distance ***d*** parcourue par la terre lors d'un tour complet ?
IV-4- Déterminer l'expression littérale du temps **T** d'un tour complet (période de révolution) en fonction de π, **G**, **M_S** et **r**. Calculer **T** en l'exprimant en secondes puis en jours.

IV-5- Que retrouve-t-on en exprimant le rapport $\frac{T^2}{r^3}$? Comment se nomme la loi correspondante ?
La durée du jour J en un point de la terre est donnée par l'expression (I) où **δ** est la déclinaison du soleil (angle fait par la direction Terre-Soleil dans le plan de l'équateur terrestre) et φ est la latitude du lieu.

$$J = 24\left(1 - \frac{1}{\pi}\arccos(\tan\varphi.\tan\delta)\right) \quad \text{(I)}$$

On rappelle que tan **φ** = sin **φ** / cos **φ** et que arccos correspond à la fonction réciproque de la fonction cosinus, fonction notée aussi $\cos^{-1}$ ou $\cos_{-1}$ (arccos (1) = 0 car cos (0) = 1, arccos (0) = π/2 car cos (π/2) = 0). Attention, *arccos* $(\tan\varphi.\tan\delta)$ doit donner un résultat en radian.

IV-6- Pour δ = 0, calculer la durée du jour **J_0**. En les relevant sur le graphique ci-dessous (en abscisse le numéro N du jour, N = 1 correspondant au 1^er janvier), donner les numéros des 2 jours correspondant de l'année. Comment appelle-t-on ces deux journées particulières ?
IV-7- Déterminer **δ** (à exprimer en degrés) pour le 20 octobre 2014 (N = 293) en le relevant sur le graphique. (III)
IV-8- Convertir en radian la déclinaison δ et les latitudes de Paris et Nice, soit φ_1 et φ_2

IV-9- Effectuer avec la formule (I) le calcul des durées du jour à Paris et Nice ce 20 octobre, soit J_1 et J_2, exprimées en heures et minutes (l'équinoxe d'automne étant passée, la durée du jour est inférieure à 12h).
IV-10- En déduire l'heure du lever du soleil ce jour là à Paris (notée **HL_1**) et Nice (notée **HL_2**), exprimées en heures et minutes : On a : **HL = 12 *h* – J/2** . Ces résultats correspondent à des heures solaires exactes.
En tout point du territoire, l'heure administrative de référence est la même, mais doit être corrigée pour retrouver l'heure solaire locale exacte H. H est donnée, pour chaque lieu, par la formule :

$$H = H_a - 2h + \Delta H_g - E \quad \text{(II)}$$

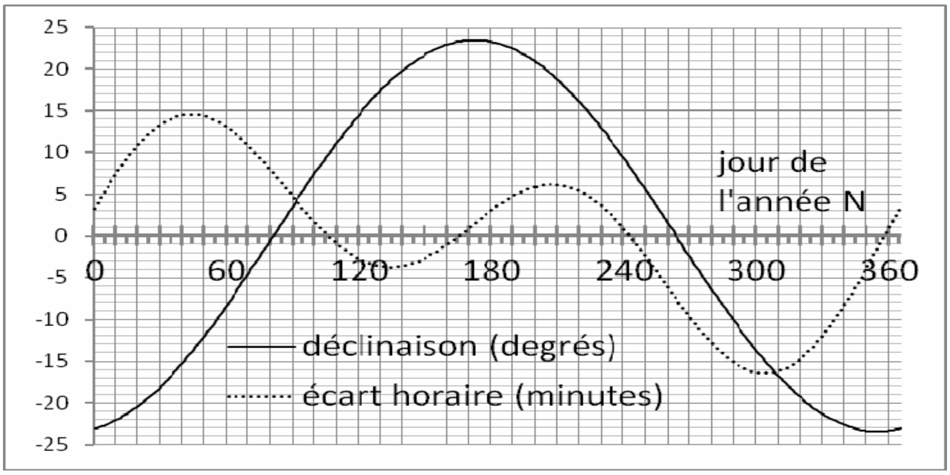
H_a est l'heure administrative (ici H_a = 8h), H_a - 2h correspond à la correction de l'heure d'été.

ΔH_g est la correction de longitude. **ΔH_g** s'obtient en comptant 4 minutes par degré de longitude Est

E est un écart horaire fonction du jour de l'année (en minutes) donné sur le graphe (III) (ici, pour N = 293, E<0 donc –E>0).

IV-11- Relever **E** sur le graphe.

IV-12- Avec **ΔH_{g1} = 9 *mn*** 24s et **ΔH_{g2} = 29 *mn***, corrections de longitude pour Paris et Nice respectivement, calculer **H_1** et **H_2**, heures solaires vraies respectivement à Paris et Nice pour ce jour là (N = 293) à cette heure administrative là (H_a = 8h), en appliquant donc la formule (II).



(III)

REPONSES A L'EXERCICE IV

IV-1- Position : **un foyer de l'ellipse**	**IV-2-** Vitesse : **V = 29 870 *m.s*$^{-1}$**
IV-3- Distance : ***d* = 9,425 . 10^8 *km***	
IV-4- Période de révolution : $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_S}}}$ Expr. Num. : **T = 31 557 254 *s*** **T = 365,25 *jours***	
IV-5- $\frac{T^2}{r^3} = \boxed{\frac{4\pi^2}{GM_S}}$ Loi : **3^e loi de Kepler**	
IV-6- Durée du jour : **J_0 = 12 *h*** Jours numéro **81** et **264** Nom : **les équinoxes**	
IV-7- Déclinaison : **δ = - 11,4 °**	
IV-8- **δ = - 0,199 *rad*** **φ_1 = 0,8526 *rad*** **φ_2 = 0,7627 *rad***	
IV-9- Durée du jour : **J_1 = 10 h 13 '** **J_2 = 10 h 31 '**	
IV-10- Lever du soleil : **HL_1= 6 h 54 '** **HL_2 = 6 h 45 '**	
IV-11- Ecart horaire : **E = -16 '**	
IV-12- Heure solaire locale : **H_1 = 6 h 25 '** **H_2 = 6 h 45 '**	