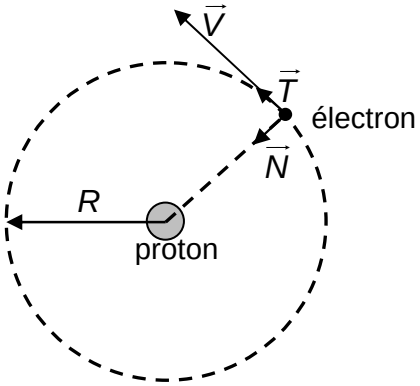
EXERCICE III. L'ATOME D'HYDROGÈNE (4 points)

On se propose dans cet exercice d'étudier le modèle de l'atome d'hydrogène proposé par Niels Bohr en 1913. Ce modèle est une continuité du modèle planétaire proposé par Ernest Rutherford, avec cette différence essentielle que Niels Bohr introduisit un nouveau concept, à savoir la quantification des niveaux d'énergie dans l'atome.

1. Mouvement de l'électron dans l'atome

Pour commencer cette étude, on suppose que l'électron est animé d'un mouvement circulaire et uniforme de rayon R autour du proton. Les caractéristiques du mouvement de l'électron sont exprimées dans la base mobile de vecteurs unitaires $\vec{N}$ et $\vec{T}$ comme indiqué sur le schéma qui suit :



L'électron est soumis à une force d'interaction électrostatique $\vec{F}$ centripète :

$$\vec{F} = k\frac{e^2}{R^2}\vec{N}$$

où R est le rayon de l'atome, e la valeur de la charge électrique élémentaire et k une constante.

1.1. Représenter sur le schéma en **annexe à rendre avec la copie** cette force d'interaction.

1.2. On rappelle que la charge élémentaire e s'exprime en Coulomb (C). Déterminer alors l'unité de la constante k.

1.3. Dans le cas d'un mouvement circulaire et uniforme, écrire l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ dans la base mobile $(\vec{T}, \vec{N})$, ceci en fonction de la valeur de la vitesse $\vec{V}$ de l'électron et du rayon R de la trajectoire circulaire.

1.4. En appliquant une loi dont on donnera le nom, montrer que la valeur de la vitesse $\vec{V}$ est donnée par l'expression suivante :

$$V = e\sqrt{\frac{k}{mR}}$$

1.5. Calculer la valeur de cette vitesse. *On donne :*
$m = 9{,}109.10^{-31}$ kg $e = 1{,}602.10^{-19}$ C $R = 5{,}3.10^{-11}$ *m* et $k = 9{,}0\times10^{9}$ *SI*

1.6. Connaissant l'expression littérale de la vitesse V, déterminer l'expression littérale de son énergie cinétique E_C.

1.7. Calculer la valeur de cette énergie cinétique, puis convertir celle-ci en électron-volt (eV).
On donne : 1 $eV = 1{,}602.10^{-19}$ J.

2. La quantification de Bohr

Dans le modèle de Bohr, l'énergie de l'atome est quantifiée.

2.1. Expliquer succinctement ce que signifie l'adjectif «quantifié». On pourra, pour illustrer le propos, faire une comparaison avec l'énergie déterminée dans le cadre de la mécanique de Newton.

L'énergie de l'atome d'hydrogène se met sous la forme :

$$E_n = \frac{-13,6}{n^2} \ (eV)$$

où n est un nombre entier strictement positif appelé nombre quantique principal.

À chacune de ces énergies est associée une orbite circulaire de l'électron dont le rayon r_n vérifie :

$$r_n = a_0 \, n^2$$

avec a_0 une grandeur appelée « rayon de Bohr », valeur du rayon de l'atome pour la plus petite valeur de n à savoir $n = 1$.

2.2. Compléter le **tableau joint dans l'annexe à rendre avec la copie** en indiquant la valeur de l'énergie de l'atome ainsi que le rayon de l'orbite de l'électron en fonction de n. Le rayon sera exprimé en multiple de a_0.

n	1	2	3	4	5
E_n (eV)	–13,6	–3,40	–1,51		
r_n	a_0	$4a_0$	$9a_0$		

2.3. Vers quelle valeur évolue l'énergie E_n de l'atome lorsque la valeur du nombre quantique principal n devient très grande ? Même question concernant la valeur du rayon r_n.

L'image que l'on peut donner à l'électron en interaction avec le proton dans l'atome d'hydrogène est celle d'un puits dans lequel l'électron serait «piégé». Le document fourni en **annexe**, donne une représentation graphique de ce puits.

2.4. Quelle énergie minimale faut-il fournir à l'atome pour «libérer» l'électron de ce puits ?

2.5. Quelle modification subit l'atome d'hydrogène si l'électron est «libéré» de ce puits ?

2.6. *On apporte à l'atome, dans son état de plus basse énergie E_1, une énergie $\Delta E = 10,2$ eV (on ne cherchera pas à savoir comment).* Dans quel état énergétique se retrouve alors l'atome après avoir reçu cette énergie ?

2.7. *Dans ce nouvel état, l'atome est instable et va chercher à retrouver son état de plus basse énergie. Ce phénomène s'accompagne de l'émission d'un photon.*

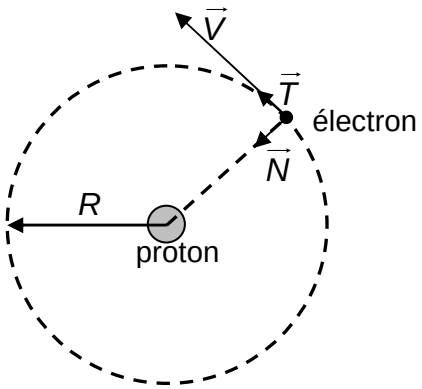
Déterminer sa fréquence puis sa longueur d'onde dans le vide.

On donne $h = 6,62.10^{-34}$ *J.s et* $c = 3,00.10^{8}$ *m.s*$^{-1}$

2.8. À quel domaine spectral appartient la radiation émise ?

Annexe de l'exercice III. à rendre avec la copie

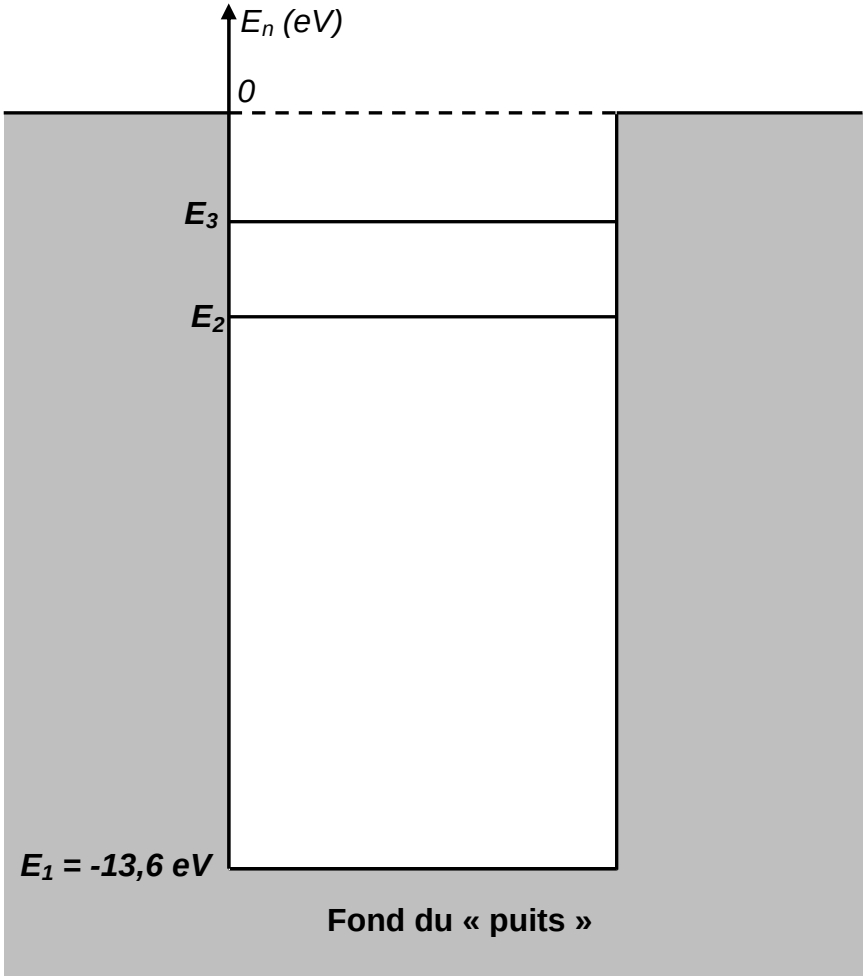
Question 1.1.



n	1	2	3	4	5
E_n (eV)	-13,6	-3,40	-1,51		
r_n	a_0	$4a_0$	$9a_0$		

Question 2.2.

Question 2.3.



Ne sont représentés sur ce diagramme que les trois premiers niveaux d'énergie, à savoir E_1 (le niveau fondamental ou fond du « puits ») E_2 et E_3