Corrigé du TD : effet photoélectrique

B. Calcul du taux d'ionisation différentiel

4/ $E_k = \hbar^2 k^2/2m = \hbar(\omega - \omega_0)$

5/ Utiliser A.1

6/ $d^3\vec{k} = \frac{m}{\hbar^2}\ k\ dE_k\ d^2\Omega$

7/ En utilisant les expressions (13), (15) et (4), on obtient :

$$w_{100\to k} = \frac{4q^2 E_0^2 k^3 a_0^3 \cos(\theta)^2}{\hbar m \omega^2 \pi (1+(ka_0)^2)^4} dE_k d^2\Omega \delta(E_k - E_i - \hbar\omega) \tag{1}$$

C. Calcul du taux d'ionisation

8/ La distribution de Dirac permet d'obtenir immédiatement le résultat de l'intégral en énergie. En remplaçant l'expression de k en fonction de ω, ω_0 et a_0, on obtient l'expression (16) avec $B = 16/\pi$. L'expression ne dépend pas de L ce qui signifie que ce résultat peut s'étendre à l'infini et correspond bien au cas du continuum d'état.

9/ $d^2\Omega = \sin(\Theta) d\Theta d\Phi$.
On pose $\beta(\omega) = B\left(\frac{eEa_0}{mc^2\alpha^2}\right)^2 \left(\frac{\alpha c}{a_0}\right)\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^6 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - 1\right)^{3/2}$ et on obtient :

$$w(\omega) = \int\int dw_{100\to k} = \frac{4\pi}{3}\beta(\omega) \tag{2}$$

10/ En utilisant $\frac{dw}{d\omega}|_{\omega_{\max}} = 0$, on obtient $\omega_{\max} = \frac{12\omega_0}{9}$.

11/ $w \approx 0.1$ s^{-1}

D. Section efficace d'ionisation

12/ L'intensité est donnée par la valeur moyenne du vecteur de Poynting :

$$I = \langle \mathbf{\Pi} \rangle = \frac{1}{2} c\varepsilon_0 E_0^2$$

Le flux correspond au nombre de photons d'énergie $\hbar\omega$ par unité de surface et de temps. On l'obtient à partir de l'intensité en écrivant

$$F = \frac{I}{\hbar\omega} = \frac{1}{2} c\varepsilon_0 \frac{E_0^2}{\hbar\omega}$$

13/ D'après les questions précédentes, la section efficace d'ionisation s'écrit

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{w}{F}\\ &= \frac{256\pi}{3}\alpha a_0^2\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^5\left(\frac{\omega}{\omega_0}-1\right)^{3/2}\end{aligned}$$

Pour $\omega \gg \omega_0$, la section efficace tend vers 0.

14/ La section efficace varie de la façon suivante en fonction ω. La valeur de ω pour laquelle

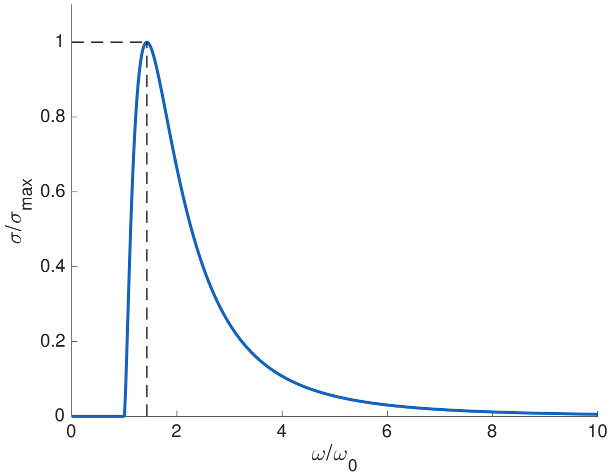

FIGURE 1 – Section efficace en fonction de la fréquence

la section efficace est maximale est donnée par

$$\frac{\mathrm{d}\sigma}{\mathrm{d}\omega}|_{\omega'_{\mathsf{max}}} = 0$$

Ce qui donne $\omega'_{\mathsf{max}} = 10\omega_0/7$.

15/ $\sigma_{\mathsf{max}} = \sigma(\omega'_{\mathsf{max}}) = 0.092 a_0^2$ à comparer avec la taille géométrique d'un atome ...