ACCUEIL

Note sur les impédances de raies spectrales

Jean-François LAHAEYE, 10 et 13 juin 2013

édité dans ce site en février 2015

Cet article sur les impédances de raies fait écho à l'article sur le champ proche et l'interprétation quantique de la diffraction de Rayleigh (Jean-François Lahaeye: *Champ proche et interprétation quantique de la diffraction de Rayleigh*, 13 mars 2013 édité en septembre 2014, site http://fred.elie.free.fr). Il s'agit d'un commentaire sur les différentes formes de la constante de Rydberg. Cette étude permet de faire apparaître une constante plus stable (« vraie » Rydberg ou « true Rydberg », notée TRy) reliée de façon étonnante à l'impédance du vide Z_0 = 377 ohms.

*

*   *

Dans les deux articles qui suivent, les constantes naturelles c, G, h, k, Z_0, e, m_e, etc. sont employées avec leur signification habituelle. Seules quelques notations de variables spécifiques à l'exposé seront introduites explicitement.

Note de synthèse sur les unités et dimensions physiques

Initialement, ma correction du système des unités, a été inspirée par le constat d'anomalies et incohérences dimensionnelles, notamment entre le calcul de résonances des lignes par impédances réparties et le calcul des résonances par des composants discrets localisés. Cela m'avait conduit à changer *les noms des unités* : j'avais proposé le farad par radian pour les condensateurs et le henry par radian pour les bobines, sans changer les formules de physique (à une ou deux retouches près)[1].

Une vue plus globale de l'ensemble des constantes : c, G, $h/(2\pi)$, $\gamma = 1/(4\pi\varepsilon_0)$, k, me conduit à modifier un peu différemment les noms des unités (en ne touchant pratiquement pas aux formules physiques). Au lieu de diviser les farads et les henrys par des radians pour définir les capacités et les inductances *localisées*, il vaut mieux introduire les radians dans les capacités et inductances *réparties*, par une multiplication : le farad radian par mètre pour une capacité répartie, le henry radian par mètre pour une inductance répartie.

Cette redéfinition apparente et purement conventionnelle perturbera peu les habitudes, mais doit être explicite.

---

1 Voir notamment mon article *Reconsidérations sur le système d'unités*, 6 février 2011, complété par mes articles *La constante de Bayo et les unités angulaires*, mai 2011, et *Groupe de l'analyse dimensionnelle*, juin 2011, sur le site de Frédéric Elie http://fred.elie.free.fr, ainsi que mon article initial de 2004, *Correction d'une erreur dans le système des unités métriques et républicaines*, dans l'opuscule « Introduction à la quête des introuvables objections à la physique quantique », édité par l'association Le Graviton Evanescent, Bordeaux, décembre 2004.

Les lois de force électrostatique et gravitationnelle verront alors leur constante fondamentale prendre une forme comparable en analyse dimensionnelle :

$$\gamma = 1/\ (4\pi\varepsilon_0) \text{ en } (\mathrm{kg\ m^3\ A^{-2}\ s^{-4}\ rad^{-1}})$$
$$G \text{ en } (\mathrm{m^3\ kg^{-1}\ s^{-2}\ rad^{-1}})$$

On pourra alors écrire :

$$\varepsilon_0 \text{ en } (\mathrm{A^2\ s^4\ rad\ kg^{-1}\ m^{-3}\ sr^{-1}})$$
$$\mu_0 \text{ en } (\mathrm{kg\ m\ sr\ A^{-2}\ s^{-2}\ rad^{-1}}).$$

Les stéradians sont neutralises par les 4π du dénominateur dans $\gamma = 1/(4\pi\varepsilon_0)$.

On pourra donc maintenir les capacités C et inductances L en farad et henry à condition de définir également ε_0 en farad radian par mètre et μ_0 en henry radian par mètre. J'ai montré antérieurement comment le calcul des bobines et des condensateurs se simplifiait en s'associant de façon univoque à une fréquence, en prenant en compte la présence des radians dans les formules (par exemple, quelle que soit la fréquence ν, un résonateur *adapté à l'impédance du vide* fournit $L = 60/\nu$ et $C = 1/(2367\ \nu)$. Aux radians s'ajoutent dorénavant les stéradians, également pris en compte.

Note sur les impédances de raies spectrales

Dans ce qui suit, les variables M et Q sont employées pour des masses et charges quelconques, respectivement, et de même les variables L et C pour des inductances et capacités quelconques. Elles seront le cas échéant nommées ou indicées explicitement en fonction du contexte.
C'est parce que la ***constante de Rydberg***

$$R = MQ^4/(8h^3\ c\ \varepsilon_0^2)$$

est… variable, selon le mode de calcul (fonction de la masse $M = m_e$ de l'électron quand $R = R_\infty$ ou d'une masse $M = \mu$ de l'atome d'hydrogène, quand $R = R_H$) que j'ai supposé l'existence d'une « vraie » constante de Rydberg TRy (pour « ***true Rydberg*** ») telle que :

$$TRy = \sqrt{\ [1\ /(8\ h^3\ c\ \varepsilon_0^2)]} = \sqrt{[R/(MQ^4)]} = 1{,}352 \times 10^{56}$$

et telle que son produit par

$$yRT = \sqrt{[8\ h^3/c]} = 2{,}786 \times 10^{-54} \text{ (constante « conjuguée »)}$$

restitue l'impédance du vide

$$Z_0 = yRT\,TRy = 2\alpha h/e^2 = 2h/q_{Pl}^2 = 377 \text{ ohms},$$

avec α, constante de structure fine, q_{Pl}, charge de Planck ($= 1{,}876 \times 10^{-18}$ C) .

En prenant $M = m_e$, $Q = e$, on retrouve $R = R_\infty = 1{,}09737 \times 10^7$ mais si on prend
$M = \mu = m_e\ m_p/(m_e + m_p)$ on trouve (pour l'hydrogène) $R = R_H = 1{,}096775 \times 10^7$

Pour chaque raie spectrale, on peut définir le coefficient $k = MQ^4\ Z_i\ c/(8R\ h^3)$ en introduisant l'impédance Z_i de la raie spectrale i, telle que :

$$Z_i = Z_0\sqrt{k}$$

Pour l'hydrogène, la fréquence $\nu_i = k\nu_0 = kRc$ de la raie i peut être donnée en fonction de ν_0, la fréquence

d'ionisation (associée à la transition d'ionisation à 13,6 eV et à l'impédance du vide Z_0).
Pour les ***raies de Lyman***, en fonction du niveau p, on calcule $k = 1 – 1/p^2$
Pour les ***raies de Balmer***, $k = 1/4 – 1/p^2$
On peut alors, avec $\omega_i = 2\pi\nu_i$ résoudre toute raie spectrale i comme un petit oscillateur tel que :
$\omega_i^2 = 1/ L_iC_i$ et $Z_i^2 = L_i/C_i$
Par exemple pour p = 3, en raie de Balmer (raie $H\alpha$) avec $\nu_{H\alpha} = 4{,}57 \times 10^{14}$ Hz et $Z_{H\alpha} = 140{,}5\ \Omega$ on trouve :
$L_{H\alpha} = 48{,}9$ fH et $C_{H\alpha} = 2{,}48$ aF ([2]).
L'interprétation de Z est problématique mais on peut suggérer que, comme pour tout dispositif rayonnant, Z se décompose en résistance de rayonnement et une résistance de « pertes ».

Il est intéressant de noter qu'en modifiant la définition de k, ce système de calcul peut s'étendre jusqu'à la raie d'annihilation de paires, en prenant $k = 2/\alpha^2$ pour la série de Lyman, $k = 8/\alpha^2$ pour la série de Balmer, et même en considérant la série de Lyman non plus pour l'hydrogène mais le positronium : $k = 4/\alpha^2$. Il apparaît alors que, outre la masse M, la charge Q pourrait aussi effectivement être variable, ce qui n'est pas sans conséquence, mais relève de la conjecture et, par conséquent, de l'expérience. Je ne m'étendrai donc pas davantage sur les conjectures.

Jean-François Lahaeye, le 10 juin 2013, édition complétée et corrigée le 13 juin 2013.

2 1 fH (1 femto-henry) = 10^{-15} H; 1 aF (1 atto-farad) = 10^{-18} F.