The inertial time

Le temps inertiel

Alaya Kouki

alaya.kouki@ctf.com.tn

Abstract

In this article we introduce a new universal constant to explain the current of saturation of a photo-electric cell. The consequence is that Universe should be in expansion.

Résumé

Dans cet article on a introduit une nouvelle constante universelle pour expliquer le courant de saturation d'une celle photo-électrique. Une conséquence est que l'Univers doit être en expansion.

Key Words: Inertial time, photo-electric effect, black body radiation.

Mots Clés: temps inertiel, effet photo-électrique, rayonnement du corps noir.

1)Introduction :

L'interprétation de l'effet photo-électrique (Circuit électrique formé par une cellule photo-électrique, une source de courant continu ,un galvanomètre pour mesurer le courant et une source de radiation monochromatique) est bien connu depuis un siècle [1].

Selon Planck-Einstein-Millikan l'énergie absorbée par un atome d'une surface métallique (l'anticathode pour l'expérience de l'effet photo-électrique) pour éjecter un électron est comme suit [2] :

$$E = h.\nu \qquad (1)$$

Où : $h = 6{,}62\ 10^{-34}\ J.s$:constante de Planck ;

ν : fréquence du rayonnement incident.

Selon la relativité restreinte on peut associée à toute corpuscule d'énergie E une inertie ξ tel que :

$$E = \xi.c^2 \qquad (2)$$

Où : $c = 3\ 10^8\ m.s^{-1}$: constante de la relativité ;

Si on augmente la tension aux bornes de la cellule photo-électrique pour accélérer les électrons arrachés de l'anticathode le courant dans le circuit électrique augmente et atteint une valeur de saturation quelque soit le potentiel accélérateur aux bornes de la cellule. Ce courant de saturation augmente avec la fréquence du rayonnement incident et avec l'intensité du rayonnement.

La question posée est pourquoi on atteint un courant de saturation ?.L'une des explications est que pour une intensité lumineuse donnée tous les électrons arrachés de la cathode rejoignent l'anode [1] et alors on reprend un nouveau cycle d'arrachement d'électrons. Théoriquement avec l'assertion que l'échange d'énergie entre électrons et photons se passe instantanément-comme déjà couramment admis- si on augmente la tension accélératrice on peut arracher davantage d'électrons et rien n'arrête ce phénomène que de faire sauter le circuit par échauffement dû à sa résistance interne .Le phénomène réel est tout à fait autre chose : on atteint un courant de saturation quelque soit la tension accélératrice appliquée . L'échange d'énergie discontinu n'est pas la raison pour laquelle on atteint un courant de saturation. Le défaut de départ est de supposer que l'échange d'énergie se passe instantanément.

Si on suppose que l'absorption du photon incident se passe avec une certaine durée non nulle la saturation en courant se trouve bien expliquée. En effet si chaque photon incident passe une certaine durée pour être absorbé par un atome de la surface cathodique et éjecter un électron alors le photon suivant doit attendre ce laps de temps pour interagir avec le même atome si non il est perdu dans l'espace par réflexions. Si tous les atomes de la surface cathodique sont en interaction avec le rayonnement incident i.e. que le nombre de photons incidents couvre le nombre d'atomes de la surface métallique de la cathode pouvant interagir avec ces photons alors l'intensité du courant ne peut plus augmenter puisqu'il faut attendre une certaine durée pour entrer en interaction de nouveau avec les atomes de la surface et alors le surplus de photons incidents au cours de cette durée sera perdu par réflexions : l'augmentation de la tension accélératrice n'aura aucun effet sur le courant de saturation même si l'on croit qu'on a rendu presque nulle la durée de voyage de l'électron entre électrodes. La durée d'interaction entre photon et électron aussi petite qu'elle soit ,module le courant et le stabilise à une valeur constante pour une intensité lumineuse constante : ce phénomène est aussi un phénomène quantique qui n'est pas perçu et analysé profondément.

On peut s'opposer à l'idée présentée au début en disant que la durée de vie des atomes excités de la plaque cathodique est celle qui module le courant : la réponse est non puisqu'il existe toujours des atomes excités sans l'effet de la lumière incidente et cette excitation est due uniquement à l'effet de la température ambiante de cette plaque. Le pire des cas –ou le meilleure des cas- est d'approximer la durée d'excitation des atomes de la cathode à celle associer à l'inertie du photon.

Il est temps de supposer qu'un photon ne peut céder toute son énergie instantanément : on doit lui associer un certain temps qui est propre au photon lui-même et qui caractérise cette inertie d'échange.

Pour un photon donné on peut luis associé un *temps inertiel* τ tel que :

$$E = h.\upsilon = \xi.c^2 = \alpha_0.\tau \qquad (3)$$

Où : α_0 : une nouvelle constante de la Nature.

L'origine de l'appellation temps inertiel se trouve bien expliquée par l'équation (3).

En terme de fréquence angulaire $\omega = 2\pi\upsilon$ l'énergie du photon peut s'exprimer comme suit :

$$E = \hbar.\omega \qquad (4)$$

Où : $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1{,}054\ 10^{-34}\ J.s$: constante de Planck réduite ;

$\omega = \omega_0 \pm \Delta\omega$: fréquence du rayonnement incident avec une certaine incertitude.

On a aussi :

$$\Delta E = \hbar.\Delta\omega = \alpha_0.\Delta\tau \qquad (5)$$

L'incertitude sur le temps inertiel pourra être grossièrement assimilée à la durée de vie de l'état excité des atomes source de la lumière incidente si elle est obtenue de cette manière (par excitation d'un gaz par exemple) et alors on a :

$$\Delta\tau = \frac{1}{\Delta\omega} \approx durée\ de\ vie\ état\ excité \qquad (6)$$

Il nous reste uniquement de préciser comment déterminer la nouvelle constante universelle α_0 .

2)L'expérience de l'effet photo-électrique :

La nature discontinu de l'énergie transportée par un rayonnement combinée avec l'idée *d'absorption instantanée* des photons par une cellule photo-électrique conduit théoriquement à un courant qui augmente tant que le nombre de photons incidents augmente sans atteindre une valeur de saturation en contradiction avec le fait expérimental qui est qu'on atteint bien une valeur de saturation. Si l'on change d'idée qui est que l'absorption des photons par la cellule *durera un certain temps* alors le courant de saturation se trouve bien expliqué ce qui peut nous conduire à réinterpréter l'expérience de l'effet photo-électrique et prévoir l'existence d'une *nouvelle constante universelle* ayant la dimension d'une énergie par unité de temps.

L'énergie cinétique minimale d'un électron éjecté de la photocathode est [3]:

$$E_{cin} = E - W \qquad (7)$$

Où : E: énergie fourni par le rayonnement incident ;

W: travail d'extraction d'un électron du métal cathodique de la cellule .

Soit "$-V$" la tension appliquée aux bornes de la cellule à l'aide d'un générateur de courant continu réglable. Soit I le courant mesuré dans le circuit à l'aide d'un galvanomètre en série avec la cellule.

-Si $e.V > E_{cin}$ alors $"-V"$ est le potentiel qui fait empêcher tous les électrons éjectés d'atteindre l'électrode de collection;

-Si $e.V \leq E_{cin}$ alors les électrons arrachés peuvent atteindre l'électrode chargée négativement et il y aura un courant dans le circuit ;

Avec : $e = 1{,}6\ 10^{-19}\ Coulomb$: charge électrique élémentaire.

On peut donc mesurer le courant en fonction du potentiel de freinage V et si V_0 est le potentiel pour lequel le courant tombe à zéro , on aura :

$$V_0 = \frac{h}{e}.\nu - \frac{W}{e} \qquad (8)$$

En dressant la courbe du potentiel retardateur V_0 en fonction de la fréquence du rayonnement incident Millikan a pu déduire le coefficient de linéarité $\frac{h}{e}$ et la constante du matériau cathodique $\frac{W}{e}$.

Si on continue d'augmenter le potentiel de freinage V le courant va augmenter dans le circuit jusqu'à atteindre pour la première fois une valeur de saturation I_{max}. Autrement dit le potentiel V devient un potentiel accélérateur des électrons arrachés. L'expérience montre que ce potentiel est positif et ne dépasse pas trop $30\ volts$.

Si P est la puissance lumineuse incidente le nombre de photons frappant la surface cathodique pendent le temps Δt est :

$$N = \frac{P.\Delta t}{h.\nu} \qquad (9)$$

Le nombre d'électrons arrachés est :

$$n = \frac{I_{max}.\Delta t}{e} \qquad (10)$$

On suppose que la photocellule a un rendement η constant et indépendant de la fréquence. Ce rendement est égal au ratio du nombre de photons absorbés et le nombre réel frappant la surface cathodique :

$$\eta = \frac{n}{N} = \frac{I_{max}.h.\nu}{P.e} \qquad (11)$$

On choisit $\Delta t = \tau$, la puissance $P = N\alpha_0$ et alors d'après (11) :

$$N = \frac{I_{max}.h.\nu}{\alpha_0.e.\eta} \qquad (12)$$

Il est clair que si on double la puissance lumineuse, le courant de saturation sera aussi double et c'est ce qui est observé expérimentalement . Si l'on sait comment déterminer exactement le nombre de photons incidents pour la durée τ on peut dresser la courbe $N = f(I_{max})$ et déterminer le coefficient de linéarité correspondant qui selon (12) contient la constante α_0 , mais cette durée est inconnue et alors on va tourner en rond.

On peut avoir une idée grossière de la valeur de la nouvelle constante universelle en donnant une estimation de la durée d'interaction.

Une cellule photo-électrique typique [4] a un rendement $\sim 10^{-3}$. La distance entre ses électrodes est de l'ordre de $1\ cm$. L'effet photo-électrique lui-même est de l'ordre du volt dans le domaine visible correspondant à l'intervalle de fréquence $[4{,}3-7{,}5]x10^{14}\ Hertz$. Le rapport $\frac{W}{e}$ est aussi du même ordre soit entre $[2-5]volt$.

La vitesse minimale d'éjection de l'électron avec une lumière proche de l'ultraviolet est selon (7) :

$$v_{min}=\sqrt{\frac{2(h\nu-W)}{m}}=\sqrt{\frac{2(6{,}62\ 10^{-34}x7{,}5\ 10^{14}-2x1{,}6\ 10^{-19})}{9{,}1\ 10^{-31}}}=0{,}62\ 10^{6}\ m.s^{-1}$$

Le potentiel accélérateur est en pratique faible donc l'influence de l'accélération sur la vitesse d'arrivée à l'électrode de collection est minime : la vitesse reste pratiquement constante.

La durée du voyage de l'électron est :

$$t\sim\frac{1cm}{0{,}62\ 10^{6}m.s^{-1}}\sim 10^{-7}\ seconde$$

<u>Discussion :</u>

-Si la durée d'interaction du photon avec l'atome de la plaque est supérieure à la durée de voyage de l'électron alors elle va moduler l'intensité du courant mais elle ne doit pas être trop grande par rapport à la durée de voyage si non le courant va passer par cascades perceptibles ce qui n'est pas le cas : la solution est que la durée d'interaction est un multiple entier de la durée de voyage et cet entier est petit.

-Si la durée d'interaction du photon est inférieure par rapport à la durée de voyage alors on peut rendre aussi petite la durée d'interaction de façon à arracher quelques électrons qui par leurs sommes successives correspondent à l'intensité maximale mais dans ce cas on est en contradiction que l'arrachement d'électrons est dans son optimum : pour lever cette contradiction la solution est que la durée de voyage est un multiple entier de la durée d'interaction et cet entier est petit.

Ainsi la durée d'interaction du photon est un multiple entier de $10^{-7}\ seconde$ ou bien $10^{-7}seconde$ est un multiple entier de la durée d'interaction et dans tous les cas cet entier est petit.

Pour notre cas, la lumière proche du bleu on a :

$\alpha_0=\frac{h\nu}{\tau}\sim\frac{6{,}62\ 10^{-34}x7{,}5\ 10^{14}}{10^{-7}}\sim 50\ 10^{-13}\ Watts$: À multiplier ou à diviser par un petit entier.

3) L'expérience du rayonnement du corps noir :

Si à partir de l'hypothèse de Planck que l'échange d'énergie entre les électrons des atomes de la paroi d'un corps noir assimilés à des oscillateurs harmoniques s'effectue par quantités multiples entiers d'une certaine quantité élémentaire $\varepsilon=h\nu$ où ν est la fréquence de l'oscillateur, Planck a pu déterminer les valeurs de sa constante h et celle de Boltzmann k en se référent uniquement à deux expériences celle de F.Kurlbaum et celle de Wien [5] alors on peut faire la même chose que lui pour déterminer la nouvelle constante universelle α_0 .

On rebrousse chemin vers l'année 1900 et on suivra la méthode de Planck pas à pas avec bien entendu en considérant les développements théoriques modernes de la théorie du rayonnement du corps noir pour raccourcir ce chemin.

Soit donc une cavité noire en équilibre thermique à une température T et dans laquelle on a percé un petit trou pour mesurer la puissance et l'énergie rayonnante.

La moyenne des photons de fréquence ν à l'équilibre thermique de la cavité est [6] :

$$n = \frac{1}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1} \qquad (13)$$

La moyenne de l'énergie des photons à cette fréquence est :

$$E_\nu = nh\nu = \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1} \qquad (14)$$

La moyenne de la puissance des photons à cette fréquence est :

$$P_\nu = n.\alpha_0 = \frac{\alpha_0}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1} \qquad (15)$$

Le nombre de modes δM pour des ondes électromagnétiques polarisées contenu dans le volume V de la cavité et dans l'intervalle des fréquence $\delta\nu$ est :

$$\delta M = 8\pi.V.\frac{\nu^2}{c^3}.\delta\nu \qquad (16)$$

L'énergie contenu dans l'intervalle de fréquence $\delta\nu$ est :

$$\delta U = E_\nu.\delta M = 8\pi.V.\frac{\nu^2}{c^3}.\frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1}.\delta\nu \quad (17)$$

La puissance contenu dans l'intervalle de fréquence $\delta\nu$ est :

$$\delta P = P_\nu.\delta M = 8\pi.V.\frac{\nu^2}{c^3}.\frac{\alpha_0}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1}.\delta\nu \quad (18)$$

La densité d'énergie par intervalle de fréquence $\delta\nu$ est (loi de Planck):

$$dU = \frac{\delta U}{V} = \frac{8\pi.h.\nu^3}{c^3}.\frac{1}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1}.d\nu = u_\nu.d\nu \quad (19)$$

La densité de puissance par intervalle de fréquence $\delta\nu$ est :

$$dP = \frac{\delta P}{V} = 8\pi.\frac{\nu^2}{c^3}.\frac{\alpha_0}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1}.d\nu = p_\nu.d\nu \quad (20)$$

Intégrer (19) pour toutes les fréquences (loi de Stefan-Boltzmann) :

$$U = b.T^4 \qquad (21)$$

Avec : $b = \frac{8.\pi^5.k^4}{15.h^3.c^3}$ ayant la dimension de $[J.m^{-3}.K^{-4}]$

Intégrer (20) pour toutes les fréquences :

$$P = \frac{30.\zeta(3).b.\alpha_0}{\pi^4.k}.T^3 \qquad (22)$$

Avec : $\zeta(3) = 1{,}202056$ … fonction Zeta ou fonction de Riemann.

P a la dimension de $[Watt.m^{-3}]$.

A partir des mesures expérimentaux de F.Kurlbaum et pour $T = 1K$, Planck à déduit la valeur suivante en éliminant le temps par division par $\frac{c}{4}$ la valeur expérimentale. La base du temps de F.Kurlbaum dans ses mesures est la seconde tel que expliqué par Planck dans son article [5] :

"§11. The values of both universal constants h and k may be calculated rather precisely with the aid of available measurements. F. Kurlbaum, designating the total energy radiating into air from 1 sq cm of a black body at temperature t ○ C in 1 sec by S_t, found that:

$S_{100}-S_0=0.0731\,\frac{Watt}{cm^2}=7.31\ 10^5\ \frac{erg}{cm^2.sec}$ "

$$\frac{k^4}{h^3} = 1{,}1682\ 10^{15}\ unités\ cgs \qquad (23)$$

De la loi de déplacement de Wien et pour $T = 1K$ Planck a déduit que :

$$\frac{h}{k} = 4{,}866\ 10^{-11}\ unités\ cgs \qquad (24)$$

La densité de puissance d'un corps noir est d'après (20) :

$$p_\nu = 8\pi.\frac{\nu^2}{c^3}.\frac{\alpha_0}{\exp\left(\frac{h.\nu}{k.T}\right)-1} \qquad (25)$$

Remplacer $u = \frac{h\nu}{kT}$ dans (25) :

$$p_\nu = \frac{8\pi.k^2.T^2.\alpha_0}{h^2.c^3}.\frac{u^2}{\exp(u)-1} \qquad (26)$$

Le maximum de la densité de puissance est obtenu quand $\frac{dp_\nu}{d\nu} = \frac{dp_\nu}{du} = 0$. On déduit de (26) :

$$u - 2 = W(-2.e^{-2}) = W(-0{,}27) \approx -0{,}406 \qquad (27)$$

Où : W : fonction de Lambert à résoudre graphiquement.

De (27) il vient que :

$$\nu_{max} \approx 1{,}594\ \frac{k}{h}.T \qquad (28)$$

La fréquence ν_{max} et pour $T = 1K$ pourra être exprimée par référence à une valeur de base comme suit :

$$\nu_{max} = \nu_0 = f.\sqrt{\frac{\alpha_0}{h}} \qquad (29)$$

Où : f : un facteur de modulation qu'on cherchera.

On choisit une base de temps h_0 de façon que la valeur algébrique maximale pour la densité volumique de puissance est égale au maximum de la densité d'énergie volumique divisé par cette base de temps :

$$p_{\nu-max} = \frac{u_{\nu-max}}{h_0} \qquad (30)$$

Où la base du temps h_0 est définie comme suit :

$$h_0 = \frac{1}{\nu_0} = \frac{1}{f}.\sqrt{\frac{h}{\alpha_0}} \qquad (31)$$

Le maximum de densité volumique d'énergie est donné par la loi de Wien [7]:

$$\nu_{max}T^{-1} = 5{,}879\ 10^{10}\ Hz.K^{-1} \qquad (32)$$

Planck a déjà résolu le système d'équations (23) & (24) et nous résolvons le reste.

Par commodité on conserve les mêmes valeurs trouvées par Planck :

$h = 6{,}55\ 10^{-27}\ erg.seconde$

$k = 1{,}346\ 10^{-16}\ erg.K^{-1}$

De (28) et (29) et pour $T = 1K$ on aura :

$$1{,}594\ \frac{k}{h} = f.\sqrt{\frac{\alpha_0}{h}} \qquad (33)$$

La densité totale de puissance correspond à la densité totale d'énergie par référence à la même base de temps "h_0" (en valeur algébrique):

$$P_{max} = \frac{U_{max}}{h_0} = \frac{\sigma.T^4}{h_0} \qquad (34)$$

Remplacer (21) et (22) dans (34) et prendre $T = 1K$:

$$\frac{30.\zeta(3).\alpha_0}{\pi^4.k} = f.\sqrt{\frac{\alpha_0}{h}} \qquad (35)$$

En éliminant $f.\sqrt{\frac{\alpha_0}{h}}$ entre les deux équations (33) et (35) on aura :

$$\frac{30.\zeta(3).\alpha_0}{\pi^4.k} = 1{,}594\ \frac{k}{h} \qquad (36)$$

Ce qui donne en unités cgs :

$$\alpha_0 = 1{,}594\frac{k^2.\pi^4}{h.30.\zeta(3)} = 1{,}594x\frac{(1{,}346\ 10^{-16})^2.\pi^4}{6{,}55\ 10^{-27}x30x1{,}202056} = 1{,}191\ 10^{-5}erg.s^{-1}$$

Soit en unités MKS:

$\alpha_0 = 1{,}191\ 10^{-12}\ Watt$

Des équations (32) et (29)et pour $T = 1K$ on aura :

$$\nu_{max} = 5{,}879\ 10^{10} = f.\sqrt{\frac{\alpha_0}{h}} = f.\sqrt{\frac{1{,}191\ 10^{-5}}{6{,}55\ 10^{-27}}} = f.0{,}4264\ 10^{11}$$

Soit :

$f = 1{,}3787$ un facteur sans dimension.

De (31) on déduit :

-La base du temps :

$$h_0 = \frac{1}{f}.\sqrt{\frac{h}{\alpha_0}} = \frac{1}{1{,}3787}.\sqrt{\frac{6{,}55\ 10^{-27}}{1{,}191\ 10^{-5}}} = 1{,}701\ 10^{-11}\ seconde$$

-Une fréquence de référence :

$$\nu_0 = \frac{1}{h_0} = 0{,}588\ 10^{11}\ Hz$$

-Une énergie de référence :

$$\varepsilon_0 = h.\nu_0 = 6{,}55\ 10^{-27}x0{,}588\ 10^{11} = 3{,}85\ 10^{-16}\ erg$$

-Une longueur de référence :

$$L_0 = c.h_0 = 3\ 10^{10}x1{,}701\ 10^{-11} = 0{,}5103\ centimetre$$

-Une masse de référence :

$$M_0 = \frac{\varepsilon_0}{c^2} = \frac{3{,}85\ 10^{-16}}{9\ 10^{20}} = 0{,}427\ 10^{-36}\ gramme$$

De (28) et (29) on définit c'est quoi un degré Kelvin :

$$1K = \frac{1}{1{,}594}.\nu_0.\frac{h}{k} = \frac{f}{1{,}594}.\sqrt{\frac{\alpha_0}{h}}.\frac{h}{k} = \frac{1{,}3787}{1{,}594}.\frac{1}{k}.\sqrt{\alpha_0.h} = 0{,}865.\frac{1}{k}.\sqrt{\alpha_0.h}$$

-Densité d'énergie pour un corps noir :

$$U = \sigma.T^4 \quad \text{avec} \quad b = \frac{8.\pi^5.k^4}{15.h^3.c^3} \approx 7{,}56\ 10^{-16}\ J.m^{-3}.K^{-4}$$

-Densité de puissance pour un corps noir :

$$P = \delta.T^3 \quad \text{avec} \quad \delta = \frac{30.\zeta(3).b.\alpha_0}{\pi^4.k} = \frac{30x1{,}202056x7{,}56\ 10^{-16}1{,}191\ 10^{-12}}{\pi^4x1{,}346\ 10^{-23}} = 2{,}476\ 10^{-5}\ Watt.m^{-3}.K^{-3}$$

-Définir aussi une impédance mécanique du vide :

$$a = \frac{\alpha_0}{c^2} = 0{,}1323\ 10^{-25}\ g.s^{-1}$$

Ce qui signifie que le vide est plein d’énergie et peut échanger de l’énergie avec des systèmes en mouvement. Mais cet échange d’énergie s’effectue théoriquement par frottement visqueux de coefficient "a" ce qui est en contradiction avec l’hypothèse de départ pour le mouvement inertiel qui est supposé sans frottement : l’unique solution pour lever cette contradiction est d’associer au vide une densité de puissance négative pour éliminer tout effet de viscosité . Une densité de puissance négative signifie que la densité d’énergie du vide est toujours en décroissance c.à.d. que l’espace-temps et donc l’Univers entier est en expansion, résultat confirmé par la cosmologie moderne. La densité de puissance n’est autre que la variation de la densité d’énergie par rapport au temps et c’est aussi une pression négative qui varie avec le temps : ceci pour expliquer notre conclusion précédente. Associer une densité de puissance négative au vide est équivalent théoriquement à associer au vide une température négative ce qui ne pose pas problème pour la densité d’énergie du vide puisque cette dernière reste toujours positive étant donné qu’elle est propositionnelle à la quatrième puissance de la température.

Ainsi définir un référentiel d’inertie immuable et vide selon la théorie newtonienne ou celle minkowskienne n’est pas possible physiquement : un référentiel d’inertie doit être plein d’énergie, en expansion et ayant une pression négative fonction du temps.

Remarquer aussi si l’on détermine la constante de Planck h par l’expérience de l’effet photo-électrique et la constante de Boltzmann k prise comme étant le rapport de la constante des gaz parfaits et le nombre d’Avogadro, on peut déterminer la valeur de la vitesse de la lumière à l’aide des mesures de F.Kurlbaum. La loi de déplacement de Wien servira pour déterminer la nouvelle constante α_0 .

L’équation (3) signifie que l’inertie de tout système matériel est dans le temps.

Associer une impédance mécanique au vide et combiné avec la notion de dualité onde-corpuscule peut nous amener à unifier toutes les forces de la Nature en une seule force y compris la gravitation.

3)Conclusion :

Ainsi on a réalisé le souhait de Maxwell qui est d’avoir un système d’unités construit à partir des vibrations atomiques :

“If we wish to obtain standards of length, time and mass which shall be absolutely permanent, we must seek them not in the dimensions, or motion or the mass of our planet, but in the wavelength, the period of vibration, and absolute mass of these imperishable and unalterable and perfectly similar molecules. **“ J.C. Maxwell (1870)**

Références :

[1]J.P.ROZET « Chapitre V : Quantification de l'énergie : le photon »,
http://www.edu.upmc.fr/physique/licence/pf/IMG/pdf_LIC0507.pdf

[2] E.H.Wichmann ''BERKLEY cours de physique'', (ARMAND-COLIN, PARIS 1981),Vol.4,Chap.3, p.109

[3] « Photométrie »

http://www.chimix.com/an4/an40/bts/photometrie.htm#ex4

[4]Encombrement d'une photocellule LEYBOLD :

http://materiel-physique.ens-lyon.fr/Notices/P18.21a_Celule%20photo-%C3%A9lectrique%20r%C3%A9f%2055877_LEYBOLD.pdf

[5]Max Planck " On the Law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum"

http://strangepaths.com/files/planck1901.pdf

[6]Gilbert Gastebois « le corps noir », http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/planck/theorie_planck.pdf

[7]LibtreTexts " Deriving the Wien's Displacement Law from Planck's Law"

https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Quantum_Mechanics/02._Fundamental_Concepts_of_Quantum_Mechanics/Deriving_the_Wien's_Displacement_Law_from_Planck's_Law