

## The mechanical impedance of vacuum

### L'impédance mécanique du vide

#### المقاومة الميكانيكية للفراغ

Alaya Kouki

email : [alaya.kouki@ctf.com.tn](mailto:alaya.kouki@ctf.com.tn)

#### Abstract

Referring to Planck system of unities, space-time can act on corpuscles because extension is equivalent to energy. This action is always a friction force acting on the opposite side of motion. The friction coefficient is declared a new universal constant. It translates that power transmission is always limited: there is always a delay time to transfer an amount of energy.

#### Résumé

On formulera une mécanique pour laquelle l'espace-temps n'est pas vide mais doté d'énergie qui peut agir sur le mouvement des corpuscules. Cette hypothèse est justifiée par le fait d'équivalence de la masse et de l'extension spatio-temporelle qui découle du système d'unités de Planck. Cette action est une force de friction qui agit toujours dans le sens opposé du mouvement. Le coefficient de frottement associé est déclaré constante universelle. Il traduit le fait qu'on ne peut jamais transmettre une énergie instantanément : une certaine durée doit s'écouler.

#### ملخص

نقدم نظرية في الميكانيك حيث ان الفضاء-زمان ليس تماما فارغا بل هو مليء بالطاقة التي يمكن أن تؤثر على حركة الأجسام. هاته الفرضية مبررة باعتبار تكافؤ الكتلة مع الامتداد الزمكاني حسب نظام بلانك لوحدات القياس. هذا الفعل هو عبارة عن قوة احتكاك تكون دائما في الاتجاه المعاكس للحركة. نعلن معامل الاحتكاك ساكنا كونيا مستقل عن كل جسيم. هذا المعامل يعني أنه لا بد من مرور وقت معين لكسب الطاقة أو فقدانها.

#### Key Words :

Absolute system of unities, mechanical impedance of vacuum, inertial time, vacuum energy

#### Mots clés:

Système d'unités absolu, impédance mécanique du vide, temps inertiel, énergie du vide

#### الكلمات المفتاحية:

طاقة الفراغ، وقت القصور الذاتي، المقاومة الميكانيكية للفراغ، نظام مطلق لوحدات القياس

## 1) Introduction :

Dès 1900 Planck a fait la remarque suivante : la combinaison de sa constante  $\hbar$  avec celle de la vitesse de la lumière dans le vide  $c$  et la constante gravitationnelle  $G$  forme un système d'unités absolu dans lequel ces constantes valent un [1] :

$$M_P = \sqrt{\frac{\hbar \cdot c}{G}} = 2.18 \cdot 10^{-8} \text{ Kg} \quad (1) ,$$

$$L_P = \sqrt{\frac{\hbar \cdot G}{c^3}} = 1.6 \cdot 10^{-35} \text{ m} \quad (2) ,$$

$$T_P = \sqrt{\frac{\hbar \cdot G}{c^5}} = 5.39 \cdot 10^{-44} \text{ s} \quad (3).$$

D'après ce système l'extension spatio-temporelle est alors équivalente à la masse et alors la résistance au mouvement d'un corpuscule est possible par le vide qui n'est autre que l'espace-temps lui-même.

Soit alors un corpuscule de masse  $m$  assimilé à un point matériel en mouvement dans un référentiel d'inertie  $R(O, x, y, z, t)$ , soit un référentiel  $R'(O', x', y', z', t')$  en mouvement rectiligne uniforme de vitesse  $V$  par rapport au référentiel  $R$  suivant l'axe  $(O, x)$  et dont les origines se coïncident au début du mouvement. Ce référentiel est aussi considéré comme un référentiel d'inertie. Les transformations de l'espace et du temps entre les deux référentiels ou transformations de Lorentz sont les suivantes [2]:

$$x' = \frac{x - V \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (4)$$

$$t' = \frac{t - x \cdot V / c^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (5)$$

La question posée est quel est l'équation du mouvement de ce corpuscule ?.

## 2) Le principe de moindre action :

### 2-1) Les équations d'Euler-Lagrange :

Un corpuscule ayant les coordonnées spatiales généralisées  $\{q_i, i = 1, 2, 3\}$  suit une trajectoire qui se développe dans le temps  $t$  et dont l'équation est [3] :

$$q = q_i(t), \quad i = 1, 2, 3 \quad (6)$$

Ici par référence à  $R$ , ( $q_1 = x, q_2 = y, q_3 = z$ ).

La composante de la vitesse généralisée est défini par :

$$\dot{q}_i = \frac{d q_i(t)}{dt}, i = 1,2,3 \quad (7)$$

L'action  $S$  associée au corpuscule est défini comme suit :

$$S = \int L. dt \quad (8)$$

Où  $L$  est une fonction des  $q_i(t)$ , des  $\dot{q}_i(t)$  et possiblement de  $t$ .

La quantité  $S$  est en principe la moindre pour la bonne trajectoire du corpuscule et alors on a :

$$dS = 0 \quad (9)$$

En posant que les  $q_i$  sont indépendants les uns des autres et que les variations de la fonction  $L$  s'effectue à temps constant on aboutit aux équations d'Euler-Lagrange suivantes [2] :

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0 \quad (10)$$

Les solutions des équations (10) définissent bien la trajectoire du corpuscule.

La quantité  $L$  est liée à l'énergie du corpuscule et on l'appelle souvent le potentiel cinétique qui est la différence entre l'énergie cinétique du corpuscule et son énergie potentielle (dans le cas où les forces agissants sur le corpuscule dérivent d'un potentiel c'ad des forces conservatrices).

Dans le cas où il y a des forces non conservatrices, les équations d'Euler-Lagrange sont les suivantes [3] :

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i \quad (11)$$

Où  $Q_i$  : force généralisée.

L'importance du formalisme de Lagrange est qu'au lieu de traiter avec des quantités vectorielles telle que force et accélération dans la mécanique classique on utilise des quantités scalaires où apparait uniquement les positions et les vitesses.

## 2-2) Les équations d'Hamilton :

On définit les moments généralisés comme suit :

$$p_i = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \quad (12)$$

On définit la fonction d'Hamilton comme suit :

$$H = \sum \dot{q}_i \cdot p_i - L \quad (13)$$

Partant que les  $q_i$  et les  $p_i$  sont indépendants, on aboutit aux équations d'Hamilton :

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i} \quad (14)$$

$$\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i} \quad (15)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} = -\frac{\partial L}{\partial t} \quad (16)$$

L'Hamiltonien d'un corpuscule est l'énergie totale de celui-ci, c'est aussi la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle. L'avantage pour les équations d'Hamilton est quelles sont du premier ordre alors que celles de Lagrange sont du second ordre. Aussi dans les équations d'Hamilton est qu'on a affaire aux moments et aux positions, la notion d'inertie n'apparaît pas explicitement.

### 3) L'équation du mouvement :

Le principe de relativité est que les équations de la Nature restent invariantes par transformations de Lorentz. Supposons que le corpuscule est au repos par rapport au référentiel  $R'$ , l'action associée à ce corpuscule pourra être exprimée comme suit [4] :

$$S = \int \alpha \cdot dt' \quad (17)$$

Où  $\alpha$  est une constante qu'on cherchera. Cette constante est en principe le potentiel cinétique du corpuscule au repos. La différence avec la mécanique classique est qu'une masse  $m$  au repos peut avoir un potentiel cinétique au repos : elle n'est pas tout à fait inerte et ne sert à rien sauf de résister au mouvement du corpuscule.

Dans ce cas on a  $x = V \cdot t$  et alors d'après (5) on a :

$$dt' = dt \cdot \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \quad (18)$$

En remplaçant l'expression de  $dt'$  donnée par (18) dans (17) on aura :

$$S = \int \alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \cdot dt \quad (19)$$

On déduit alors que le lagrangien du corpuscule est :

$$L = \alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \quad (20)$$

Et alors pour les faibles vitesses on doit retrouver l'expression classique de l'énergie cinétique. On a pour  $V \ll c$  :

$$L \approx \alpha - \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot \frac{V^2}{c^2} \quad (21)$$

Ce qui nous amène à conclure que :

$$\alpha = -m \cdot c^2 \quad (22)$$

D'après (20) et (22) on aura alors :

$$L = -m \cdot c^2 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (23)$$

On généralise l'équation (23) quelque soit la vitesse du corpuscule. On aura :

$$L = -m \cdot c^2 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (24)$$

Et alors d'après (12) le moment du corpuscule (ou quantité de mouvement ou impulsion) est :

$$\mathbf{p} = \frac{\partial L}{\partial \mathbf{v}} = \frac{m \cdot \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (25)$$

On définit l'inertie du corpuscule comme étant le ratio de son moment à sa vitesse :

$$\xi = \frac{p}{v} = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (26)$$

Si ce corpuscule est en mouvement c'est qu'il subira une force de frottement dû à l'action du vide qui n'est autre que l'espace-temps lui-même . Rappelons que définir un référentiel inertiel signifie donc une extension dans l'espace temps qui d'après Planck est équivalente à une certaine "vapeur" de masse agissant sur le mouvement du corpuscule. Cette action peut être une série de coefficients relatifs aux exposants de la vitesse . La force de frottement agit toujours dans le sens opposée du mouvement. On se contente ici du premier ordre et alors la force de frottement est :

$$\mathbf{f} = -a \cdot \mathbf{v} \quad (27)$$

Ce frottement est bien entendu indépendant du corpuscule , il est universel. Le coefficient de frottement "a" est déclaré constante universelle.

L'énergie du corpuscule est l'Hamiltonien de celui-ci et on a d'après (13):

$$E = H = \mathbf{p} \cdot \mathbf{v} - L = \frac{m \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \xi \cdot c^2 \quad (28)$$

On associe au corpuscule un temps inertiel tel que :

$$\xi = a \cdot \tau \quad (29)$$

Son temps inertiel au repos est tel que :

$$m = a \cdot \tau_0 \quad (30)$$

C'est aussi identique pour une longueur inertielle :

$$l = c \cdot \tau \quad (31)$$

Et une longueur inertielle au repos :

$$l_0 = c \cdot \tau_0 = \frac{m \cdot c}{a} \quad (32)$$

On a toujours cette relation pour le temps inertiel :

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad (33)$$

On peut exprimer  $H$  sous cette forme :

$$H = a \cdot \tau \cdot c^2 \quad (34)$$

Si on rajoute une autre dimension au référentiel  $R$  celle de la position inertielle " $c \cdot \tau$ " alors la vitesse du corpuscule suivant cette dimension est d'après (14) :

$$\frac{\partial H}{\partial(a \cdot \tau \cdot c)} = c \quad (35)$$

Avec " $a \cdot \tau \cdot c$ " est le moment du corpuscule suivant cette dimension.

La force de frottement du vide suivant cette dimension est d'après (15) :

$$\frac{-\partial H}{\partial(c \cdot \tau)} = -a \cdot c \quad (36)$$

C'est comme si le corpuscule est animé d'une vitesse égale à celle de la lumière par rapport à sa dimension inertielle et il subit une force de frottement égale à " $-a \cdot c$ ".

On en déduit que pour l'espace tridimensionnel normal l'équation du mouvement du corpuscule est :

$$\frac{dp}{dt} = f - a \cdot v \quad (37)$$

Où  $f$  : toutes les forces extérieures agissantes sur le corpuscule ;

$-a \cdot v$  : une force de frottement universel dû au vide.

Remarquons que si on écrit la position  $\mathbf{U}$  du corpuscule en quatre dimensions sous cette forme :

$$\mathbf{U} = (c \cdot \tau, x, y, z) \quad (38)$$

Alors la vitesse en quatre dimensions sera comme suit :

$$\mathbf{V} = (c \cdot \frac{d\tau}{dt}, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}) \quad (39)$$

Cette vitesse doit normalement coïncider avec celle de la lumière selon la dimension inertielle et alors on doit avoir toujours :

$$d\tau = dt : \text{si l'énergie du corpuscule varie} \quad (40)$$

$d\tau = 0$  : si l'énergie du corpuscule reste constante (autrement sa vitesse tridimensionnelle reste constante en module).

Alors on aura pour cette vitesse à quatre dimensions :

$$\mathbf{V} = (c, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}) \quad (40)$$

L'impulsion à quatre dimensions est :

$$\mathbf{P} = a. \tau. \mathbf{V} \quad (41)$$

Comme le lagrangien du corpuscule peut s'écrire comme suit (équations 24 et 33) :

$$L = -m. c^2. \frac{\tau_0}{\tau} \quad (42)$$

L'Hamiltonien est :

$$H = \frac{1}{2}(\mathbf{P} \cdot \mathbf{V} - L) = \frac{m.c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad (43)$$

Et c'est normal puisque le corpuscule est considérée comme lumière pure suivant la dimension inertielle donc ayant une énergie égale à  $\xi. c^2$  qui est la même pour l'énergie du corpuscule en espace tridimensionnel normal.

De l'équation (33) on a en coordonnées cartésiennes :

$$\tau^2. \left(1 - \frac{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}{c^2}\right) = \tau_0^2 \quad (44)$$

Compte tenu de (40) on aura :

$$2. \tau. \left(1 - \frac{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}{c^2}\right) + \tau^2. \left(\frac{-2}{c^2}. [\dot{x}. \ddot{x} + \dot{y}. \ddot{y} + \dot{z}. \ddot{z}]\right) = 0 \quad (45)$$

Considérons une seule dimension celle des abscisses, de (45) on aura :

$$\left(1 - \frac{\dot{x}^2}{c^2}\right) - \frac{\tau_0}{c^2. \sqrt{1-\frac{\dot{x}^2}{c^2}}} (\dot{x}. \ddot{x}) = 0 \quad (46)$$

Il vient donc que :

$$\left(1 - \frac{\dot{x}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}} - \frac{\tau_0}{c^2}. \dot{x}. \ddot{x} = 0 \quad (47)$$

Supposons que la vitesse du corpuscule tend vers celle de la lumière alors d'après (47) l'accélération du corpuscule va tendre vers zéro et alors on en conclut qu'on ne peut pas appliquer sur le corpuscule n'importe quelle force : il y a une limite supérieure [4]. Mais aussi la puissance requise par le corpuscule n'admet pas une limite infini : l'énergie échangée par le corpuscule avec l'extérieur ne peut pas s'effectuer instantanément, il y a toujours une durée qui doit s'écouler pour l'échange et c'est ce que traduit cette nouvelle constante.

#### 4) Détermination de l'énergie du corpuscule autrement :

Le travail de la force de frottement entre deux points A et B de la trajectoire du corpuscule est :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{AB} &= \int_A^B -a. \mathbf{v}. d\mathbf{x} = \int_A^B -a. v^2. d\tau = \int_A^B -a. c^2. \left(1 - \frac{\tau_0^2}{\tau^2}\right). d\tau = -a. c^2. (\tau_B - \tau_A) - \\ &a. c^2. \tau_0^2. \left(\frac{1}{\tau_B} - \frac{1}{\tau_A}\right) = -a. c^2. (\tau_B - \tau_A). \left(1 - \frac{\tau_0^2}{\tau_A. \tau_B}\right) \quad (48) \end{aligned}$$

On prend l'origine de l'énergie l'état repos et alors :

$$\varepsilon_{AB} = \varepsilon_B - \varepsilon_A \quad (49)$$

Avec :

$$\varepsilon_B = -a \cdot c^2 \cdot (\tau_B - \tau_0) \cdot \left(1 - \frac{\tau_0}{\tau_B}\right) = -a \cdot c^2 \cdot \tau_B \cdot \left(1 - \frac{\tau_0}{\tau_B}\right)^2 \quad (50)$$

Idem pour la définition de  $\varepsilon_A$ .

On définit tout cours l'énergie échangée du corpuscule avec l'extérieur comme suit :

$$\varepsilon = a \cdot c^2 \cdot \tau \cdot \left(1 - \frac{\tau_0}{\tau}\right)^2 = \xi \cdot c^2 \cdot \left(1 - \frac{m}{\xi}\right)^2 \quad (51)$$

Cette énergie pourra être positive ou négative d'une façon générale.

Lorsque la vitesse du corpuscule tend vers celle de la lumière alors d'après (51) on aura :

$$\varepsilon \approx \xi \cdot c^2 \quad (52)$$

L'énergie échangée avec le vide (52) correspond exactement à l'énergie échangée avec le vide d'une corpuscule de masse nulle (de la même forme). On peut dire que l'énergie d'un corpuscule de masse  $m$  est :

$$E \approx \frac{m \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (53)$$

Son impulsion est :

$$\mathbf{p} = \frac{m \cdot \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (54)$$

Son Lagrangien est :

$$L = \mathbf{p} \cdot \mathbf{v} - E \approx -m \cdot c^2 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (55)$$

### 5)Un nouveau système d'unités absolu:

De la même manière qu'a fait Planck on peut définir un nouveau système d'unités absolu où  $\hbar = c = a = 1$ .

Si on désigne par  $M$  l'unité de mesure de la masse,  $L$  l'unité de mesure de la longueur et  $T$  l'unité de mesure du temps le nouveau système est le suivant :

$$M = \frac{1}{c} \cdot \sqrt{\hbar \cdot a} \quad (56) \quad ,$$

$$L = \sqrt{\frac{\hbar}{a}} \quad (57) \quad ,$$

$$T = \frac{1}{c} \cdot \sqrt{\frac{\hbar}{a}} \quad (58)$$

On doit s'attendre à ce que la constante "a" ait une très faible valeur dans le système MKS.

Essayons d'avoir une idée sur sa valeur avant même de faire l'expérimentation.

La densité du vide est à peu près une masse  $M$  par un volume  $L^3$  donc :

$$\rho_0 = \frac{a^2}{c \cdot \hbar} \quad (59)$$

Et l'énergie du vide est :

$$E_0 = \rho_0 \cdot c^2 = \frac{a^2 \cdot c}{\hbar} \quad (60)$$

Cette énergie est de l'ordre de  $10^{-9} \text{ j/m}^3$  selon les observations dans pas mal de références[5].

Compte tenu des valeurs de  $\hbar = 1.054 \cdot 10^{-34} \text{ j.s}$  et de la vitesse de la lumière  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  on aura :

$$a \approx 1.874 \cdot 10^{-26} \text{ Kg/s} \quad (61)$$

Il est possible aussi de déterminer la constante "a" par une expérience terrestre directe tel que l'expérience de l'effet photo-électrique [6].

## 6) Conclusion :

Définir une mécanique avec un espace-temps plein agissant sur le mouvement des corpuscules est possible sans contredire les lois physiques de l'espace-temps vide. Le vide n'est autre que l'espace-temps lui-même qui ne pourra pas être sans interaction avec la matière : le vide a une impédance mécanique. L'introduction d'une impédance mécanique du vide pourra résoudre pas mal des contradictions de la physique moderne tel que le problème de la densité du vide entre mécanique quantique et relativité générale en se référant à deux systèmes d'unités absolus différents. Une mécanique dans un espace-temps vide est une approximation de celle dans un espace-temps plein.

**Références :**

- [1] Yu.L.Bolotin, V.V.Yanovsky, "Modified Planck Units", arXiv 1701.01022v1
- [2] F.Faure "Relativité Restreinte.pdf" , Université Joseph Fourier 2002.
- [3]P.Amiot & L.Marleau "Mécanique classique II" p.13, Université Laval, Québec , Canada 1998-2002.
- [4]Yu.Bolotin, V.A.Cherkaskiy , A.V.Tur and V.V.Yanovsky, "An ideal quantum clock and Principle of maximum force",arXiv 1604.01945
- [5] Energie du vide "WIKIPEDIA"
- [6]A.Kouki "Theory of vacuum" <http://viXra.org/abs/2009.0003>