

## LES BASES PHYSIQUES DE L'ENERGETIQUE

D. CIOFLICA<sup>1</sup>, E. POTOLEA<sup>2</sup>

*Energetica este o știință tehnico-economică care are ca obiect de studiu exploatarea energiei sistemelor fizice: sursele de energie, transmiterea energiei, transformările energiei. Bazele fizice ale energeticei sunt legile și principiile fizicei pragmaticice pe care vrem să le expunem.*

*L'énergétique est une science qui a comme objet d'étude l'exploitation de l'énergie des systèmes physiques: les sources d'énergie, la transmission de l'énergie, les transformations de l'énergie. Les bases physiques de l'énergétique sont représentées par les lois et les principes de la physique pragmatique que nous voulons les exposer.*

*Energetics is a technical-economic science which has as object of study the exploitation of the physical systems' energy: sources of energies, transmission of energy, energy conversions. The physical bases of energetics are the laws and the principles of pragmatic physics which we have exposed.*

**Mots-clé:** physique traditionnelle et pragmatique, énergie, énergétique, grandeurs physiques, loi physiques, unités de mesure.

### 1. Introduction

Les bases physiques de l'énergétique sont les lois et les principes de la physique qui s'appliquent à l'étude de l'énergie des systèmes physiques. Nous faisons distinction entre deux théories physiques, traditionnelle [1], [2] et pragmatique [3], [4] et nous appelons, dans ce qui suit, à la théorie pragmatique de la physique.

Les deux théories physiques, traditionnelle et pragmatique, elles ont le même objet d'étude, la matière. Nous soulignons une différence importante entre les deux théories. La théorie traditionnelle énonce des lois, des principes et des postulats mais la théorie pragmatique énonce des lois et des principes et elle élimine les postulats de la physique traditionnelle. Les différences entre les méthodes d'étude provoquent des différences essentielles entre les deux théories physiques. *Les fondements théoriques* de la physique pragmatique sont des principes épistémologiques, libérés des conceptions traditionnelles, et les

---

<sup>1</sup> PhD Student., Dept. of Electrical Engineering, University Politehnica of Bucharest, ROMANIA

<sup>2</sup> Prof., Dept. of Electrical Engineering, University Politehnica of Bucharest, ROMANIA

*fondements expérimentaux* sont empruntés à la physique traditionnelle, à certains exceptions.

La notion de "postulat" a des sens différentes dans la philosophie et dans la physique: c'est une vérité qui ne peut pas être démontrée ou une vérité qui n'a pas été démontrée. En considérant la situation actuelle de la théorie de la physique on peut énoncer une définition ad hoc. Le postulat est une hypothèse peut être éliminée de la physique en deux alternatives: a) le postulat est démontre comme un théorème et b) le postulat este démontre comme une contradiction. Dans le premier cas ce sont les postulats Maxwell, Planck et Bohr et dans le deuxième cas il y a beaucoup des postulats relativistes et quantiques.

*Les fondements théoriques* de la physique pragmatique sont des principes épistémologiques, libérés des conceptions traditionnelles. *Les fondements expérimentaux* de la physique pragmatique sont empruntés à la physique traditionnelle, à certaines exceptions.

## 2. Principes épistémologiques

Les connaissances de l'humanité, transmises de génération en génération, mènent à une conclusion générale: les mêmes causes matérielles déterminent les mêmes effets matériels. Cette conclusion est le principe fondamental du *déterminisme* ou de la *causalité* ou de la *cognoscibilité* de la matière.

L'épistémologie étudie les méthodes générales du savoir scientifique de la nature (de la matière). Nous proposons des méthodes générales d'études de la physique et nous les appelons principes épistémologiques de la physique pragmatique.

1<sup>o</sup>. *L'idéalisation de l'espace et du temps.* Les informations sur la matière saisies par les sens humains, permettent la formation des notions indépendantes de *corps dans l'espace* et *d'événement dans le temps*. L'indépendance des notions corps et événement suggère l'indépendance des notions espace et temps. Nous admettons des descriptions intuitives (Newton) pour deux notions primaires idéalisées : *l'espace absolu et le temps absolu*.

L'idéalisation ou le caractère absolu de l'espace et du temps sont des opérations qui précèdent l'idéalisation des modèles physiques que nous utilisons à l'élaboration de la géométrie, de la cinématique et de la théorie pragmatique de la physique. Nous mentionnons que *le point, la ligne et le plan* sont des modèles physiques idéalisés, indispensables à l'élaboration de la géométrie euclidienne.

2<sup>o</sup>. *Deux formes d'existence de la matière.* La matière existe sous deux formes : *corps* ou corps de substance et *champ* ou champ de force. Un domaine spatial sans corps s'appelle *vide* ou *espace libre*. Dans le vide on peut avoir des champs superposés de force tels que les champs gravitationnel, électrique, magnétique et électromagnétique.

Les deux formes de la matière, corps et champ, peuvent être identifiées selon deux propriétés générales: les corps ne peuvent pas occuper simultanément le même espace, mais les champs peuvent se superposer. Ces propriétés générales de la matière sont déclarées comme des principes généraux de la physique : *le principe de l'imperméabilité des corps* et *le principe de la superposition des forces*.

**3<sup>o</sup>. Deux hypothèses sur la substance.** On admet deux hypothèses de travail concernant la substance : a) la substance est continue et b) la substance est discontinue.

L'hypothèse de la continuité suppose l'existence des corps aux dimensions géométriques aussi grandes qu'elles soient (le milieu continu de la théorie des corps) ou aux dimensions géométriques aussi petites qu'elles soient (les corps ponctuels ou filiformes pour des modèles physiques idéalisés). L'hypothèse de la discontinuité suppose l'existence des corps aux dimensions géométriques très petites, mais finies (les particules élémentaires de la théorie microscopique). Ces implications provoquent une partition de la théorie de la physique en deux composantes : *la théorie macroscopique et la théorie microscopique*.

**4<sup>o</sup>. Deux restrictions épistémologiques.** La théorie de la physique opère avec des grandeurs physiques et avec des lois physiques. L'identification des grandeurs physiques et la formulation des lois sont deux opérations fondamentales affectées par des restrictions: a) les grandeurs physiques s'identifient expérimentalement seulement à l'aide des relations algébriques (fonctionnelles) et b) les lois générales s'énoncent seulement pour des modèles physiques idéalisés.

**5<sup>o</sup>. Lois physiques.** La théorie macroscopique énonce deux classes de lois physiques : *des lois générales* pour des modèles physiques idéalisés et des *lois de matériel* pour des modèles physiques concrets. Les lois générales de la théorie macroscopique sont les lois générales de la physique parce que la théorie microscopique n'énonce pas des lois générales. Les grandeurs physiques (voir chapitre deux), nécessaires et suffisantes pour la formulation des lois générales de la théorie macroscopique, forment le système unique (l'ensemble unique) des grandeurs physiques primitives de la physique.

**6<sup>o</sup>. La relation de contrôle (1).** Soit *NP* le *Nombre* des grandeurs physiques *Primitives* et soit *NL* le *Nombre* des *Lois* physiques générales. La différence  $NP - NL > 0$  est *NF*, le *Nombre* des grandeurs physiques *Fondamentales*:

$$NF = NP - NL \quad (1)$$

Le système des lois générales peut être considéré un système de *NL* équations homogènes avec *NP* inconnues, qui sont les grandeurs physiques primitives. Le système d'équation est indéterminé parce que le nombre des inconnues *NP* dépasse le nombre des équations *NL*. La résolution du système d'équations par rapport aux grandeurs primitives est possible parce qu'on peut

identifier  $NF$  grandeurs primitives à l'aide de la perception et à l'aide de lois de matériel, sans utiliser les lois générales. Le reste des grandeurs primitives, appelées *grandeur primitives spécifiques*, sont en nombre de  $NP - NF = NL$  et s'identifie à l'aide des lois générales.

La relation de contrôle (1) est une conséquence du principe général du déterminisme. Le système de  $NF$  grandeurs fondamentales est *déterminant* pour la formation du système d'unités de mesure des grandeurs physiques primitives et des grandeurs physiques dérivées, qui se définissent en fonction des grandeurs primitives.

**7<sup>o</sup>. Approximations successives.** La formulation des lois de la physique et l'identification des grandeurs physiques nécessitent l'étude successive des modèles physiques concrets et idéalisés. La théorie de la physique est élaborée en pas successifs qui supposent des approximations et des itérations sur les connaissances. Les principes épistémologiques énoncés ici peuvent être complétés par certains principes de conservation qui résultent après la formulation des lois générales.

*La théorie macroscopique* peut être élaborée en six pas: 1) l'identification des grandeurs physiques primaires, 2) la formulation des lois générales, 3) l'identification des grandeurs physiques primitives, 4) la formulation des lois de matériel, 5) la formulation des principes physiques spécifiques, 6) la démonstration des principaux théorèmes. Le deuxième pas interfère au premier et au troisième pas parce que les lois générales s'énoncent en deux itérations successives (voir chapitre trois) qui supposent l'identification des grandeurs physiques primaires et primitives.

*La théorie microscopique* peut être élaborée comme une continuation de la théorie macroscopique. Les lois générales et les grandeurs primitives de la théorie macroscopique sont extrapolées dans la théorie microscopique à certaines adaptations. La théorie microscopique commence par l'identification des entités microscopiques (molécules, atomes, noyaux, particules élémentaires), continue par l'énonciation des lois de matériel et finit par la démonstration analytique des lois de matériel de la théorie macroscopique et de la théorie microscopique.

### 3. Des grandeurs physiques primaires

La grandeur physique est une propriété naturelle, susceptible d'identification. L'identification d'une grandeur physique suppose deux déterminations, une qualitative et autre quantitative. On fait appel à la théorie des structures algébriques pour définir axiomatiquement les notions qualité et quantité, classe d'équivalence et espèce.

Les grandeurs physiques  $A_1, A_2 \dots$  ont la même qualité si elles appartiennent à la classe d'équivalence  $A$ . Un élément de la classe d'équivalence

est choisi (est identifié) comme *éetalon de mesure*  $A_e$  et on définit l'unité de mesure  $A_u =: 1A_e$ , ou le signe  $=:$  est lu comme « égal par définition ». La détermination quantitative d'une grandeur physique  $A$  est donc la valeur numérique  $A_v$  qui apparaît dans la relation de définition

$$A =: A_v A_u \quad \text{ou} \quad \bar{A} =: \bar{A}_v \bar{A}_u \quad (2)$$

La dernière relation de (2) est une généralisation pour les grandeurs physiques qui sont définies comme vecteurs  $\bar{A}$ . Les grandeurs physiques concrètes  $A_1, A_2 \dots$ , déterminées qualitativement et quantitativement, forment l'espèce  $\mathbf{A}$ . Pour abréger notre exposé de la théorie des grandeurs physiques on admet que la notion de *grandeur physique* peut signifier une *espèce de grandeurs physiques ou un élément de l'espèce*.

Les grandeurs physiques primaires s'identifient qualitativement à l'aide de la perception et quantitativement à l'aide de la raison. Les mesures physiques, identifiées qualitativement à l'aide de la perception sensorielle sont: la distance  $r$  entre deux corps, le temps  $t$  entre deux événements, la force d'interaction  $F$  entre deux corps, la température empirique  $\theta$ , la chaleur empirique, l'intensité lumineuse, l'intensité auditive et des autres. L'identification quantitative d'une grandeur physique primaire est précédée par deux actions rationnelles: la choix d'un étalon et l'établissement d'une méthode de mesure. Au début, on choisit des étalons empiriques, indépendantes, par exemple: un pas pour la distance, la durée d'une journée pour le temps. On construit des appareils à mesurer ayant comme base des lois du matériel, par exemple: le dynamomètre mesure la force en s'appuyant sur la loi de la déformation élastique et le thermomètre mesure la température empirique en s'appuyant sur la loi de la déformation thermique.

*On fait abstraction de l'évolution historique des étalons de mesure et on utilise les suivantes unités de mesure: le mètre (m) pour la distance, la seconde (s) pour le temps, le newton (N) pour la force et le degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) pour la température empirique.*

La théorie des grandeurs physiques primaires continue par l'acceptation, sans définition, des notions fondamentales de la géométrie et par la définition analytique (optionnelle) des certaines notions auxiliaires ou grandeurs physiques dérivées. Les notions fondamentales de la géométrie euclidienne, acceptées sans définition, sont: le point, la droite, le plan. Les notions auxiliaires de la géométrie sont: la surface, le volume, l'angle plan, l'angle solide. On définit analytiquement les vecteurs: position  $\bar{r}$ , vitesse  $\bar{v} =: \bar{d}\bar{r}/dt$ , accélération  $\bar{a} =: \bar{d}\bar{v}/dt$ . Par exemple, nous définissons  $\bar{v}, \bar{r}, t$  avec des relations de la forme (2) et nous séparons deux relations associées de la définition  $\bar{v} =: \bar{d}\bar{r}/dt$ :

$$v_u =: \frac{r_u}{t_u} \quad \bar{v}_v =: \frac{d\bar{r}_v}{dt_v} \quad (3)$$

La première relation de (3) est algébrique et détermine qualitativement la vitesse  $v$ , c'est-à-dire elle définit l'unité  $v_u$  de vitesse  $v$  comme le rapport des unités mètre et seconde:  $v_u =: \text{m/s}$ . La deuxième relation de (3) est différentielle et elle ne peut pas être utilisée à la détermination quantitative de la vitesse parce qu'on ne peut pas mesurer (identification expérimentale) les différentiels  $d\bar{r}$  et  $dt$ . *Nous observons que la relation différentielle pour valeurs numériques de (3) est similaire à la relation différentielle pour des grandeurs physiques  $\bar{v} =: d\bar{r} / dt$ .*

On constate expérimentalement que la force est un vecteur et on définit le vecteur force  $\bar{F}$ . On exprime le travail élémentaire de la force, comme grandeur de procès  $\delta L$  et le potentiel élémentaire du champ des forces, comme grandeur d'état  $dU$ :

$$\delta L =: \bar{F} d\bar{r} \quad dU =: -\bar{F} d\bar{r} \quad (4)$$

A l'aide de  $r$ ,  $t$ ,  $F$ , on exprime les différentiels des grandeurs physiques dérivées, *l'impulse de la force et l'énergie cinétique* qui s'identifient ultérieurement à l'aide des lois générales :

$$d\bar{p} =: \bar{F} dt \quad dE =: \bar{v} d\bar{p} \quad (5)$$

En s'appuyant sur les relations (4) et (5), il résulte que les grandeurs physiques dérivées  $L$ ,  $U$ ,  $E$  ont la même dimension physique, le travail de la force  $L$  ou l'énergie potentielle  $U$  ou encore l'énergie cinétique  $E$ , et sont mesurées avec la même unité joule (J) = newton  $\times$  mètre. Nous définissons l'énergie totale  $W$  et nous démontrons le théorème de la conservation de l'énergie totale :

$$W = U + E \quad \text{et} \quad dW = 0 \quad (6)$$

Des relations, (5) et (4), il en résulte que  $dE = v F dt = dr F = - dU$  et, à coté de la relation  $dW = dU + dE$ , on démontre la dernière relation (6) qui est la théorème de la conservation de l'énergie totale.

### 3. Les lois générales de la physique

La formulation d'une loi physique nécessite le parcours des trois étapes essentielles du processus de connaissance : a) l'accumulation des observations (l'étape sensorielle), b) l'émission de l'hypothèse scientifique (l'étape rationnelle) et c) la vérification dans la pratique (le critère de la vérité). L'hypothèse scientifique, vérifiée expérimentalement, est déclarée loi physique si elle est indépendante des lois énoncées avant. Une loi générale peut être reconnue parmi les autres parce qu'elle introduit une nouvelle grandeur physique primitive spécifique.

Les lois générales de la physique s'énoncent pour des modèles physiques idéalisés appartenant aux trois domaines de la théorie macroscopique: la mécanique, la thermodynamique et l'électrodynamique. Les modèles physiques

idéalisées sont : des points matérielles pour la mécanique, un gaz parfait pour la thermodynamique et des sources idéales (charges électriques et courants électriques) qui créent les champs spécifiques dans vide pour l'électrodynamique. Les grandeurs physiques nécessaires et suffisantes pour l'énonciation des lois générales de la première itération s'appellent *des grandeurs physiques primitives*.

Les lois générales s'énoncent en deux itérations successives ; *l'itération 1* s'énonce pour les états particuliers, statiques et stationnaires, et *l'itération 2* s'énonce pour les états généraux.

Les lois générales de la physique (Tableau 1) sont: deux lois pour mécanique (la loi de la gravitation (7) et la loi de la dynamique (8)), une loi pour thermodynamique (la loi des gaz parfaits (9)) et sept lois pour l'électrodynamique (les lois des forces externe (10), (11), les lois internes d'induction (12), (13), les lois d'évolution (14), (15), la loi de la charge électrique (16)).

*Observation.* Le rapport  $\Delta \bar{F}_B / \Delta l$  de la loi externe (11) est la force linéique (sur l'unité de longueur du conducteur). Le vecteur  $\bar{i}$  de la relation (11) est conventionnelle (le produit du courant  $i$  avec le verseur du conducteur filiforme).

Tableau 1.

**Les lois générales de la physique.**

$$\bar{F}_{12} = \gamma_0 \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \frac{\bar{r}_{12}}{r_{12}} \quad (7) \qquad \bar{F} = m \frac{d^2 \bar{r}}{dt^2} \quad (8)$$

$$pV = N R_0 T \quad (9) \qquad T = T_r + \theta \quad (9)'$$

$$\bar{F}_E = q \bar{E} \quad (10) \qquad \frac{\Delta \bar{F}_B}{\Delta l} = \bar{i} \times \bar{B} \quad (11)$$

$$\bar{D} = \epsilon_0 \bar{E} \quad (12) \qquad \bar{B} = \mu_0 \bar{H} \quad (13)$$

$$\int_{\Gamma} \bar{E} d\bar{s} = - \frac{d}{dt} \iint_{S\Gamma} \bar{B} d\bar{A} \quad (14) \qquad \int_C \bar{H} d\bar{s} = i + \frac{d}{dt} \iint_{S\Gamma} \bar{D} d\bar{A} \quad (15)$$

$$\iint_{\Sigma} \bar{D} d\bar{A} = q \quad (16)$$

Les grandeurs physiques, variables d'état ou constantes physiques, à l'aide desquelles sont exprimées les lois générales du Tableau 1, sont les grandeurs primitives de la physique pragmatique.

## 5. Les grandeurs physiques primitives

Dans la figure 1 on a représenté les sphères des systèmes (des ensembles) des espèces de grandeurs physiques primaires et primitives qui ont comme intersections le système (l'ensemble) des espèces des grandeurs physiques universelles, composé de trois espèces des grandeurs physiques: le vecteur distance  $\bar{r}$ , le temps  $t$  et le vecteur force  $\bar{F}$ . Les espèces de grandeurs primaires qui ne sont pas universelles s'appellent des espèces de grandeurs primaires spécifiques et les espèces de grandeurs primitives qui ne sont pas universelles s'appellent des espèces de grandeurs primitives spécifiques.

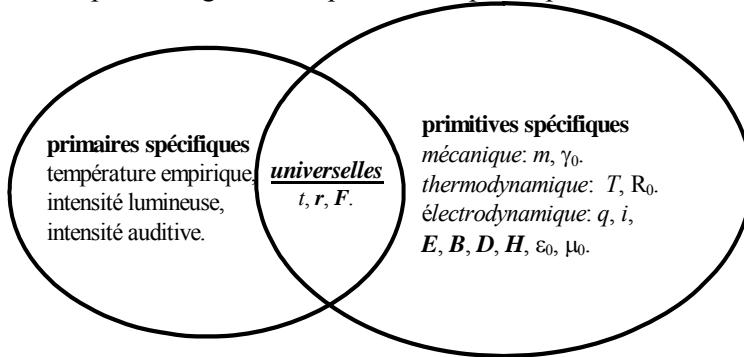


Fig. 1. Les grandeurs physiques primaires, universelles, primitives.

Les grandeurs primitives spécifiques sont partagées dans trois domaines de la physique macroscopique : *la mécanique* avec deux grandeurs primitives spécifiques, la masse  $m$  et la constante physique  $\gamma_0$ , *la thermodynamique*, avec deux grandeurs primitives spécifiques, la température thermodynamique  $T$  et la constante physique  $R_0$  et *l'électrodynamique* avec huit grandeurs primitives spécifiques : la charge électrique  $q$ , le courant électrique  $i$ , les constantes physiques  $\epsilon_0, \mu_0$  et les composantes du champ électromagnétique en vide  $E, D, B, H$ .

### 5.1. L'identification des grandeurs primitives de la mécanique

Les grandeurs primitives de la mécanique sont les trois grandeurs universelles et deux grandeurs primitives spécifiques  $m$  et  $\gamma_0$ . De la relation  $NF=NP-NL$  il en résulte que  $NF=3$  car  $NP=5$  et  $NL=2$ . Les trois grandeurs fondamentales du système des unités de mesure pour la mécanique sont les grandeurs physiques universelles : la distance, le temps, la force. Il n'est pas nécessaire une grandeurs fondamentale spécifique de la mécanique.

A l'aide des lois (7) et (8) nous définissons (détermination qualitative) les grandeurs primitives spécifiques,  $m$  et  $\gamma_0$  en fonction des grandeurs physiques

universelles. Avec la loi (8) nous définissons l'unité de mesure  $m_u =: N \text{ s}^2 \text{ m}^{-1}$  et avec la loi (7) nous définissons la dimension physique  $\gamma_u =: \text{m}^4 \text{ s}^{-4} \text{ N}^{-1}$ . L'identification quantitative (détermination quantitative) des grandeurs primitives spécifiques, la masse  $m$  et la constante  $\gamma$ , nécessite les relations algébriques :

$$F = g_0 m \quad F = \gamma_0 \frac{m^2}{r^2} \quad (17)$$

La première relation (17) résulte des lois générales (7), (8), appliquées à l'étude des corps sur la surface de la Terre. La force  $F$  de la première relation (17) est le poids d'un corps de masse  $m$  dans l'hypothèse  $d^2r/dt^2 = g_0$ , où  $g_0 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$  est l'accélération gravitationnelle terrestre sur la parallèle  $45^\circ$  au niveau de la mer. A l'aide de la première relation (17) et par un pesage (le mesurage de la force de gravitation) on identifie l'étoile de masse, le kilogramme (kg). *L'étoile kg est la masse d'un corps qui pèse 9,81 N sur le 45ème parallèle, au niveau de la mer.*

La dernière relation (17) c'est la loi classique de la gravitation (Newton) pour deux corps aux masses égales  $m_1 = m_2 = m$ . Avec la dernière relation (17) et à l'aide de l'expérience de Cavendish, on détermine la valeur numérique  $\gamma_v = 6,67 \cdot 10^{-11}$ .

Observation. La loi de la gravitation (7) peut être complétée avec deux termes [9], qui contient les distances  $R_2$  et  $R_6$  comme des constantes physiques. Nous avons omis les nouveaux termes, c'est-à-dire nous avons considéré  $R_2 = 0$  et  $R_6 = 0$ . L'identification quantitative des constantes universelles  $R_2$  et  $R_6$  exige l'étude des certains phénomènes spéciaux du microcosme et du macrocosme comme est démontré en [9].

## 5.2. L'identification des grandeurs primitives de la thermodynamique

La loi (9), l'unique loi générale de la thermodynamique, s'énonce pour un volume de gaz parfait, fermé dans une enceinte adiabatique. Le produit  $pV$  (pression  $\times$  volume) a la dimension physique joule (J) =: newton  $\times$  mètre parce que la pression est mesurée dans newton/mètre<sup>2</sup> et le volume est mesuré en mètre<sup>3</sup>. Le nombre  $N$  est une mesure du volume de gaz et  $R_0$  est la constante physique des gaz parfaits. Les grandeurs  $p$ ,  $V$ ,  $N$ ,  $R_0$  sont positivement définies, ainsi que la grandeur d'état  $T$  qui peut avoir seulement des valeurs positives.

Les grandeurs primitives de la thermodynamique sont les suivantes: deux grandeurs universelles, la distance et la force, et deux grandeurs primitives spécifiques, la température thermodynamique ou absolue  $T > 0$  et la constante physique  $R_0$ . En partant de la relation  $NF=NP-NL$  il en résulte  $NF=3$  car  $NP=4$  et  $NL=1$ . Les grandeurs fondamentales pour la thermodynamique sont: la distance, la force et la température  $T$ .

La température thermodynamique  $T$  a la même unité de mesure que la température empirique  $\theta$ , c'est-a-dire *kelvin* (K) = *degré celsius* ( $^{\circ}\text{C}$ ) mais les états de référence sont différents: zéro absolu pour la référence thermodynamique et le point triple de l'eau pour la référence empirique. La relation auxiliaires (9)' résulte de la relation générale  $T - T_r = \theta - \theta_r$ , écrite pour l'état empirique dans lequel  $\theta_r = 0$  et  $T_r > 0$ . Les constantes physiques  $R$  et  $T_r$  sont identifiées à l'aide des mesurages des deux états 1 et 2 et d'un gaz parfait qui a le volume  $1 \text{ m}^3$  dans des conditions normales de pression et de température. On considère  $N=1$  dans la loi (9), on élimine  $T$  à l'aide de la relation (9)' et on obtient:  $pV = R_0(T_r + \theta)$ . On écrit la dernière relation pour deux états 1 et 2 du gaz parfait.

$$p_1 V_1 = R_0(T_r + \theta_1) \quad p_2 V_2 = R_0(T_r + \theta_2) \quad (18)$$

On mesure les pressions  $p_1$ ,  $p_2$ , les volumes  $V_1$ ,  $V_2$ , les températures empiriques  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , et on résout le système d'équations par rapport à  $T_r$  et  $R_0$ . Les résultats sont  $T_r = 273,15 \text{ K}$  et  $R_0 = 0,37 \cdot 10^6 \text{ J/K}$ .

### 5.3. L'identification des grandeurs primitives de l'électrodynamique

De la relation  $NF=NP-NL$  résulte que  $NF=4$  car  $NP=12$  et  $NL=8$ . Les trois premières grandeurs fondamentales sont des grandeurs universelles et la dernière grandeur fondamentale peut être le courant électrique. Le premier étalon de courant électrique, l'ampère électrochimique, a été identifié à l'aide d'un voltamètre

Conformément avec un principe épistémologique, on ne peut pas utiliser des relations différentielles à l'identification des grandeurs primitives. On supprime les dérivées temporelles des lois d'évolution (14) et (15) et nous démontrons deux relations algébriques (le théorème de Coulomb et le théorème d'Ampère) entre deux paires de grandeurs primitives  $q, \varepsilon_0$  et  $i, \mu_0$ :

$$\bar{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{qQ}{r^2} n \quad \frac{\Delta\bar{F}}{\Delta l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{iI}{r} u \quad (19)$$

A l'aide des relations (19) et des expériences de Coulomb et Ampère on démontre que les grandeurs primitives  $\varepsilon_0$ ,  $\mu_0$  sont des constantes physiques. On démontre que  $c_0$  est une constante physique universelle avec la dimension physique  $m/s$ . L'identification quantitative de la constante  $c_0$  exige une expérience (Foucault ou Fizeau) et on obtient  $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

Avec l'étalon ampère électrolytique et à l'aide d'expérience d'Ampère, on identifie la constante  $\mu_0$ . On calcule  $\varepsilon_0$  et à l'aide d'expérience de Coulomb on identifie étalon cohérent coulomb (C).

En final, nous définissons les unités de mesures pour les composantes du champ électromagnétique  $E$ ,  $D$  de (10), (12) et  $B$ ,  $H$  de (11), (13).

## 6. Conclusions

Au cours de l'exposition de la physique pragmatique nous avons fait peu de références à la physique traditionnelle. Ici nous voulons commenter deux thèmes d'intérêt commun : le principe du déterminisme dans la physique et le rôle des postulats dans la théorie de la physique.

**Le principe du déterminisme.** La relation de contrôle  $NF=NP-NL$  est la «*pierre d'essai*» de la physique pragmatique. La relation dépend de quatre sélections qui se conditionnent réciproquement: la sélection des grandeurs physiques universelles, la sélection des lois générales, la sélection des grandeurs physiques primitives, la sélection des grandeurs physiques déterminantes (fondamentales). **La vérification de la relation de contrôle est une preuve que la théorie pragmatique de la physique confirme le principe du déterminisme.**

Nous avons utilisé la relation de contrôle à la détermination du nombre de grandeurs fondamentales pour les trois domaines de la physique macroscopique: la mécanique, la thermodynamique, l'électrodynamique. Nous avons constaté que la mécanique n'exige pas une grandeur fondamentale spécifique car les grandeurs primitives  $m$  et  $\gamma_0$  s'identifient seulement en fonction des grandeurs physiques universelles. La mécanique est dans une situation spéciale face à la thermodynamique et à l'électrodynamique. Nous pouvons considérer que la mécanique est une composante universelle de la théorie macroscopique et la thermodynamique et l'électrodynamique sont des composantes spécifiques qui exigent la sélection des grandeurs fondamentales spécifiques: la température thermodynamique et le courant électrique.

La physique traditionnelle ne vérifie pas une relation de contrôle de la forme (1) ou d'autre forme. Le nombre des grandeurs fondamentales de la physique traditionnelle est 7 et le nombre des lois générales n'est pas précisé et il varie d'un auteur à l'autre. Les grandeurs fondamentales et les unités fondamentales de la physique traditionnelle sont [5]: (1) la longueur et *le mètre (m)*, 2) le temps et *la seconde (s)*, 3) la masse et *le kilogramme (kg)*, 4) la température thermodynamique et *le kelvin (k)*, 5) le courant électrique et *l'ampère (A)*, 6) l'intensité de la lumière et *la candela (cd)* 7) la quantité de substance et *la mole (mol)*.

La sélection de la masse comme grandeurs fondamentale crée des difficultés théoriques et pratiques dans la théorie traditionnelle. La force est identifiée à l'aide des lois de la mécanique et elle est considérée une grandeur primitive de la mécanique. La thermodynamique et l'électrodynamique doivent être incluses dans la mécanique parce que la force est indispensable dans les expressions des lois générales. Les deux dernières grandeurs physiques, l'intensité de la lumière et la quantité de substance, se définissent comme grandeurs dérivées, mais elles sont sélectionnées comme grandeurs physiques fondamentales.

Dans une présentation rapide de la physique pragmatique nous pouvons considérer que les lois générales sont des postulats. Nous vérifions la relation de contrôle et nous constatons que le principe du déterminisme est confirmé. Cela veut dire que cette voie rapide d'élaboration de la physique pragmatique, appuyée sur l'inspiration, élude les trois pas essentiels du procès de connaissance et c'est pour cela qu'elle ne peut être acceptée que provisoirement, jusqu'à la vérification analytique des postulats.

La physique traditionnelle contient des postulats qui attendent des confirmations ou des infirmations théoriques. Voilà trois postulats appuyés sur l'inspiration, qui ont été confirmés expérimentalement, mais ils ont resté sans des démonstration analytique dans la théorie traditionnelle: le postulat d'Einstein en ce qui concerne la constante universelle  $c_0$ , le postulat de Planck en ce qui concerne la constante universelle  $h$ , le postulat de Bohr en ce qui concerne le saut spontané de l'électron sur des orbites atomiques. Le succès obtenu par ces trois physiciens a ouvert la voie à l'élaboration des théories relativistes et quantiques qui s'appuient sur des postulats.

Les ouvrages pragmatiques [6]-[9] ont commencé l'action d'élimination des postulats de la physique traditionnelle. Ils ont été démontrées comme théorèmes les trois postulats cités et ont été rejeté deux postulats qui transgressent les lois et les principes de la physique pragmatique: le postulat de la relativité d'Einstein et le postulat de la dualité de De Broglie. Le rejet des postulats fondamentaux de la relativité et de la dualité signifie le rejet des théories relativistes et quantiques suivies de toutes leurs conséquences.

L'action d'élimination des postulats traditionnels a eu un effet positif sur la physique pragmatique parce qu'elle a ouvert la voie aux contributions fondamentales, par exemple: 1) le complètement par deux termes de la loi de la gravitation 2) la genèse du magnétisme terrestre 3) le calcul de la radiation neutrino 4) le calcul de l'énergie libre du neutron et autres.

## B I B L I O G R A P H I E

- [1] M.I. Popescu , Fizica, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
- [2] N.I. Popescu, Gravitația, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1982.
- [3] E. Potolea, Legile și principiile fizicii, Editura Adevărul S.A., București, 2001.
- [4] E. Potolea , Contribuții la teoria fizicii, Editura Cartea Universitară, București, 2002.
- [5] BIPM (Bureau International des Poids et Mesures), Sistemul internațional de unități de măsură (SI), Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- [6] E. Potolea, Electrodynamics in Formulae, International Journal of Electrical Engineering Education, Manchester University Press, No. 3 July, vol. 34, 1997, p. 195-203.
- [7] E. Potolea, D. Cioflica , Defining and Identifying Energy, CIEM ,București , vol II, 2003, p 5-61 la 5-68
- [8] E. Potolea, Relativist Physics and Quantico Physics, two Problematic Utopias in Nuclear Energetics, Inter-Ing ,Universitatea Petru Maior, Târgu Mureș, 2003, p. 11-19.
- [9] E. Potolea , La loi de la gravitation, les ceintures Van Allen, le magnétisme terrestre. U.P.B. Sci. Bull., Serie C, vol 64, No. 3, 2002, p.69-79.