

## Séquence d'enseignement de la symbolisation des grandeurs physiques au collège

AMMAR OUARZEDDINE<sup>1</sup>, ABDELMADJID BENSEGHIR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département de tronc commun  
Faculté des sciences de la nature  
Université A. MIRA  
Algérie  
ammар.ouarzeddine@univ-bejaia.dz

<sup>2</sup>Département de physique  
Faculté des sciences  
Université F. ABBAS  
Algérie  
abdelmbenseghir@gmail.com

### RÉSUMÉ

*Cette communication a trait à une séquence d'enseignement visant à aider les élèves du collège à surmonter leurs difficultés de compréhension des formules physiques provoquées par la distension de la conventionalité du choix des symboles des grandeurs physiques correspondant. Malgré la dynamique qui a caractérisé le déroulement de la séquence, les résultats de l'évaluation de cette dernière montrent que plus de la moitié des élèves ont maintenu leur conception inexacte de l'existence des symboles exclusifs, officiels et définitifs de désignation de ces grandeurs. Il nous semble que les pratiques de symbolisation des grandeurs physiques exercées en classes ont constitué un obstacle au changement espéré. Par conséquent, la formation des enseignants du collège sur la confusion du symbolisme des grandeurs physiques pourrait représenter une stratégie didactique adéquate pour permettre aux élèves de remédier aux difficultés soulevées.*

### MOTS-CLÉS

*Grandeurs physiques, symbolisation, conventionalité distendue, séquence d'enseignement, constructivisme*

### ABSTRACT

*This communication relates to a teaching sequence designed to help college students to overcome their difficulties of understanding of the physical formulas caused by the conventionality depended of the choice of the symbolism of the physical magnitudes. Despite the dynamic that has characterized its realization, the results of the assessment of the sequence shows that more than half of the students maintained their misconception relating to the existence of an exclusive, official and definitive symbol for each physical magnitude. It seems that the symbolization practices of these magnitudes exercised in classes has been an obstacle to the hoped change. Therefore, the training of the college teachers on the confusion of the symbolism of physical magnitudes can be an appropriate didactical strategy to allow students to remedy the difficulties raised.*

**KEYWORDS**

*Physical magnitudes, symbolization, conventionality distended, teaching sequence, constructivism*

**INTRODUCTION**

Les formules physiques représentent un outil adéquat de transposition didactique des caractéristiques épistémologiques de la physique. Elles cristallisent les différents aspects constitutifs des phénomènes physiques : un contenu conceptuel lié aux réalités étudiées, un caractère formel relatif à l'expression mathématique des relations physiques et enfin, un langage symbolique de désignation des grandeurs par des symboles littéraux (Ullmo, 1969; Heisenberg, 1971; Bunge, 1975).

Cependant, des difficultés de compréhension des contenus de ces formules rencontrées par des pourcentages importants d'élèves ont constitué une préoccupation pédagogique depuis plusieurs décennies. Parmi les difficultés soulevées, nous soulignons celles ayant rapport au symbolisme des grandeurs physiques induites principalement par la désignation de plusieurs grandeurs par le même symbole (Chaffee et al., 1938; Pache, 1970; Hoffer, 1976; Boulidoires, 1991; Mallinckrodt, 1993).

Cette diversité de grandeurs représentées par le même symbole littéral est susceptible d'aggraver les difficultés rencontrées par les élèves puisque des données de recherche didactique confirment que la majorité des apprenants perçoivent spontanément les contenus désignés par les symboles usuels (Ouarzeddine & Benseghir, 2007). D'une manière plus explicite, ce type de lecture spontanée consiste à attribuer, de façon directe et définitive, un contenu physique bien déterminé aux symboles utilisés habituellement dans l'expression mathématique des relations physiques indépendamment du contexte de la relation physique dans lequel ces symboles sont employés.

En fait, le comportement perceptif d'élèves décrit précédemment est proche de celui du physicien lors de son usage quotidien du symbolisme des grandeurs physiques comme le souligne Lévy-Leblond (1998, p. 75) dans cet extrait : « *Ces graphismes, pourtant à l'origine parfaitement contingents (liés, par exemple à une langue particulière : pourquoi, sinon, noter m une masse ?) finissent par porter une véritable charge ontologique : dans la perception du physicien, E est une énergie, v est une vitesse, etc.* ». Notons, toutefois, que pour ce dernier, la « charge ontologique » du graphisme symbolique des grandeurs physiques est pleinement assumée. Il s'en départit, d'ailleurs, dès que nécessaire par la mise en œuvre des méthodes basées sur l'analyse dimensionnelle ou conceptuelle afin d'identifier le contenu physique désigné par un symbole ambigu.

Cela ne semble pas être le cas pour la conduite des élèves qui ne peuvent, raisonnablement, faire preuve d'une telle vigilance. Ainsi, cette situation gênante pour les élèves serait en mesure de créer une confusion perceptive des contenus physiques désignés par ces symboles.

Alors, le questionnement principal de ce travail est le suivant : Quelles sont les stratégies didactiques appropriées qui permettront aux élèves de surmonter les difficultés entraînées par l'emploi d'un seul symbole pour représenter plusieurs grandeurs dans les formules physiques ?

À ce propos, l'objectif de cette expérimentation didactique concerne l'acquisition par des élèves du collège d'un savoir « minimum » sur la symbolisation des grandeurs physiques afin de leur permettre d'avoir une certaine vigilance perceptive lors de leur lecture de ce symbolisme et d'utiliser la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier le contenu physique désigné par un symbole confus ou non défini, figurant dans une formule physique.

Nous entamerons ce travail par un bref éclairage théorique des caractéristiques du cadre conventionnel de symbolisation des grandeurs physiques en comparaison avec les règles de désignation symbolique d'autres constituants des sciences physiques tels que les unités de mesure et les éléments chimiques.

## **PROPRIÉTÉ « DISTENDUE » DES RÈGLES DE SYMBOLISATION DES GRANDEURS PHYSIQUES**

Malgré la diversité des définitions attribuées au concept de grandeur physique, celle-ci occupe une place centrale dans l'étude expérimentale des phénomènes physiques (Magneron & Munier, 2008). Ces grandeurs constituent des objets de désignation symbolique afin d'exprimer mathématiquement les relations physiques.

En général, l'idée de conventionalité renvoie à l'institution des règles explicites et officielles à suivre, assortie d'une obligation d'observance pour les usagers. Cette opération est présumée bénéficier d'un cadre conventionnel bien déterminé du choix des symboles de ces grandeurs.

En fait, il n'est pas difficile de constater que cette exigence est loin d'être satisfaite dans le cas de la désignation symbolique des grandeurs physiques car malgré l'existence d'un ensemble de recommandations concernant le choix de ce symbolisme littéral, l'observance des « règles recommandées » est loin d'avoir, en pratique, le caractère d'obligation ferme. Ceci contraste évidemment avec ce qui prévaut pour la symbolisation des unités de mesure et des éléments chimiques. À titre d'illustration, la contradiction soulignée entre la fermeté des règles de désignation symbolique des unités de mesure et la distension de celles de représentation des grandeurs physiques est soulignée plus d'une fois par les auteurs de la brochure du Bureau international des poids et mesures (BIPM) intitulée : *Le système international d'unités* (2006, 8<sup>e</sup> édition, mise à jour en 2014). Dans une note en marge de page, ces auteurs ont apporté la précision suivante : « *Notons que les symboles donnés pour les grandeurs ne sont que recommandés. Par contre, les symboles donnés pour les unités dans cette brochure, ainsi que leur style et leur forme, sont ceux qui doivent obligatoirement être utilisés* » (p. 15)

Une telle contradiction nous permet de dire que les règles conventionnelles distendues du choix du symbolisme des grandeurs physiques sont imposées, moins par des impératifs épistémologiques, que par des exigences pédagogiques ayant trait à la nécessité d'assurer une certaine stabilité dans le choix du symbolisme des grandeurs physiques utilisé dans l'expression des relations physiques par des équations symboliques.

Ceci incite à s'interroger sur la manière dont les élèves peuvent faire face à des situations dans lesquelles une multiplicité d'emploi de symboles est mise en jeu. Dans cette perspective, le contenu de la séquence est une tentative pour aider les élèves à surmonter les difficultés provoquées par la distension des règles de désignation symbolique des grandeurs physiques.

La présente communication se compose d'une brève présentation de la séquence, d'un compte- rendu abrégé de son déroulement et des éléments d'évaluation du travail réalisé.

## **PRÉSENTATION DE LA SÉQUENCE**

La séquence d'enseignement est construite selon le modèle constructiviste d'enseignement (Driver & Oldham, 1986; Johsua & Dupin, 1987; Robardet, 2001). Cette approche didactique

permet aux enseignants d'assurer une grande implication des élèves à travers les débats axés sur le problème posé.

La séquence d'enseignement s'étale sur deux séances : un cours de deux heures suivi d'une heure d'applications. Elle s'adresse à deux groupes d'élèves algériens de 3<sup>ème</sup> année du collège âgés de 14 à 15 ans et d'un effectif total de 64 élèves. Elle est assurée par les enseignants de sciences physiques et technologie pour les deux groupes. La séance du cours est envisagée selon le schéma d'activités suivant :

- présentation du problème du choix du symbolisme des grandeurs physiques ;
- expression des réponses des élèves par l'usage d'un questionnaire papier- crayon ;
- dépouillement collectif des réponses ;
- débats contradictoires encadrés par les enseignants ;
- mise à l'épreuve des réponses des élèves ;
- présentation d'un éclaircissement théorique du problème posé.

Concernant la séance d'applications, la résolution de quatre exercices constitue son contenu. Ces exercices concernent l'utilisation de la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier le contenu physique désigné par un symbole non défini inclus dans une formule physique. Cette méthode a une importance scientifique et pédagogique confirmée (Romani, 1975; Massain, 1982; Serrero, 1987; Sivardière, 1988).

## DÉROULEMENT DE LA SÉQUENCE

### *Présentation du problème et explicitation des prévisions des collégiens*

Après un rappel portant sur la notion de grandeur physique et les unités officielles de mesure de ces grandeurs, les enseignants ont souligné le besoin de désigner les grandeurs physiques par des symboles littéraux pour exprimer les relations physiques par des formules.

Ensuite, ils ont posé les questions suivantes :

Le choix du symbolisme des grandeurs physique est – il soumis à des règles ? Si la réponse est oui, quelles sont ces règles ?

Les enseignants invitent leurs élèves à répondre individuellement à un questionnaire papier-crayon composé d'une seule question (Encadré 1)

### ENCADRÉ 1

#### *Questionnaire – outil de la séquence d'enseignement*

Un mobile effectue un mouvement rectiligne uniforme en parcourant des distances égales pendant des mêmes durées. On définit la vitesse du mobile par le rapport des distances parcourues aux durées correspondantes.

On a les deux expressions :  $v = s/t$  (1)

$$v = d/t$$
 (2)

tels que: la lettre (v) désigne la vitesse et la lettre (t) désigne le temps.

Parmi les propositions suivantes, cochez la case qui correspond au choix que vous considérez correct et justifiez votre réponse.

1-  On peut utiliser les deux expressions 1 et 2 pour exprimer la vitesse du mobile. 2-  On peut utiliser seulement une des expressions précédentes pour exprimer la vitesse du mobile. Laquelle ?

3-  On ne peut pas utiliser les deux expressions 1 et 2 pour exprimer la vitesse du mobile.

Les catégories de réponses des élèves des deux classes sont homogènes. Nous les rassemblons dans le tableau 1.

**TABLEAU 1**  
*Fréquences des choix des propositions exprimées en (%)*

	<b>Proposition 1 (Rép. correcte)</b>	<b>Proposition 2</b>	<b>Proposition 3</b>
Élèves du groupe expérimental (N= 64)	9.5	<b>70.0</b>	20.5

Concernant la proposition 2 adoptée majoritairement par les élèves des deux classes, l'analyse de leurs réponses montre que l'expression  $v = s/t$  a obtenu le choix de la quasi-totalité des élèves.

### ***Phase de débats contradictoires***

Après le dépouillement des réponses des élèves, ceux-ci s'engagent dans un débat axé sur les justifications des réponses données. Dans ce débat contradictoire, qui a pris une part appréciable du temps réservé à la séance du cours, les arguments avancés par la majorité des intervenants concernent principalement l'adéquation ou non des lettres (s) et (d) proposées dans les expressions 1 et 2 pour désigner la distance parcourue par le mobile.

Pour le choix majoritaire de l'expression  $v = s/t$ , le symbole (s) est approprié pour noter la distance. L'un des élèves de cette tendance collective souligne que : « *la lettre (s) est le symbole unifié universellement pour représenter la distance. Les savants ont donné des symboles spécifiques aux grandeurs physiques* ».

Dans la même catégorie d'élèves, l'adoption du symbole (d) est justifiée par le rejet du symbole (s) car ce dernier est employé habituellement pour désigner la surface ou pour indiquer l'unité de mesure du temps (seconde s).

Pour les élèves qui ont choisi la proposition 3, leur rejet des deux symboles (s) et (d) est argumenté par l'adéquation du symbole (E) pour représenter la distance. Ces élèves ajoutent que le symbole (E) est la lettre initiale du mot espace qui signifie une distance.

Ce point de vue est rejeté par les élèves qui ont choisi la proposition 2. Le motif de ce rejet est exprimé par l'un des élèves de cette catégorie : « *Non, le symbole E représente l'énergie. Donc, il n'est pas permis d'utiliser ce symbole pour désigner la distance* ».

Des considérations liées aux aspects calculatoires ont clairement dominées les commentaires des élèves qui ont répondu correctement à la question posée.

Ces débats ont progressivement conduit à une certaine prise de conscience des élèves du problème de la confusion des règles de représentation des grandeurs physiques. Toutefois, la majorité de ces collégiens semble préserver leurs conceptions initiales ayant trait au sujet de la séquence. Dans ces conditions, une situation d'impasse est perceptible à la fin des débats puisque les questions posées par les enseignants au début de cette expérimentation didactique restent suspendues suite à la persistance des divergences entre les élèves.

### ***Mise à l'épreuve des réponses et réactions des élèves***

La validation des réponses des élèves s'appuie sur l'usage de deux types de documents. Dans le premier document intitulé : *Unités et grandeurs- symboles et normalisation Afnor* rédigé par Dupont et Trotignon (1994), plusieurs tableaux (p. 120- 128) incluant des noms des grandeurs physiques et leurs symboles « recommandés » sont présentés. Dans ces tableaux, une confusion est enregistrée suite à l'emploi répété de plusieurs symboles pour désigner les mêmes grandeurs et la désignation de plusieurs grandeurs par la même notation. Le deuxième type de document utilisé concerne les manuels scolaires de physique (anciennes et nouvelles

éditions) du lycée en Algérie. Dans ces livres de physique, le symbolisme latino- grec employé dans la nouvelle édition (2006) a substitué l'usage des notations de l'alphabet de la langue arabe adoptées dans l'ancienne édition (1996).

Il apparait que la consultation, par les élèves, d'une dizaine d'exemplaires photocopiés de ces tableaux et de ces manuels scolaires a provoqué un certain étonnement chez la plupart de ces apprenants. Des signes de surprise sont visibles sur les visages d'un nombre important de ceux-ci car ils ont remarqué que la désignation des grandeurs physiques ne doit pas forcément obéir à des règles strictes qui interdisent l'utilisation du même symbole pour représenter plusieurs grandeurs ou l'usage de plus d'un symbole pour désigner une seule grandeur physique.

### ***Éclaircissement théorique du problème posé***

Cet éclairage théorique représente une réponse aux questions posées liées à l'obéissance de la symbolisation des grandeurs physiques à des règles bien déterminées. Dans ce cadre, les enseignants ont souligné que la désignation de ces grandeurs « souffre » d'une contrainte qui concerne la distension et le manque de rigueur des règles de leur notation symbolique.

En outre, les enseignants ont précisé que le contenu désigné par un symbole doit être explicite dans les énoncés des exercices. Dans le cas où l'élève rencontre un symbole non défini dans une formule physique, il est nécessaire d'employer la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier la grandeur physique indiquée par le symbole employé à partir de son unité de mesure officielle.

Cet éclairage est suivi par plusieurs exemples d'illustration. Parmi ces exemples, celui qui concerne les deux expressions proposées dans le questionnaire-outil de la séquence. À ce propos, un sentiment d'admiration relatif à la simplicité et à l'efficacité de la méthode de l'analyse dimensionnelle utilisée semble affecter la majorité des élèves. Ces derniers ont certainement remarqué l'aptitude pratique de cette méthode pour démontrer que les deux symboles non-définis (s) et (d) représentent forcément une distance car leur unité de mesure est le mètre.

## **ÉVALUATION FINALE DE LA SÉQUENCE**

### ***Modalités d'évaluation***

L'évaluation de la séquence est réalisée 5 mois après son déroulement. L'outil utilisé dans cette évaluation est un questionnaire papier-crayon composée de deux questions (encadré 2).

Pour pouvoir comparer les réponses des élèves concernés par la séquence d'enseignement et estimer l'impact du travail réalisé sur leurs conceptions ayant trait au symbolisme des grandeurs physiques, nous avons soumis ce questionnaire à un groupe d'élèves témoins de 3<sup>ème</sup> année du collège d'un nombre  $N = 66$ .

### ***Résultats***

*Désignation symbolique de l'intensité du courant électrique* : Presque la totalité des élèves du groupe témoin considèrent que le symbole (i) est le symbole « adéquat et officiel » de l'intensité du courant électrique. Aucun élève de ce groupe n'a choisi la réponse correcte (proposition 1). Concernant les élèves du groupe expérimental, la majorité de ceux-ci optent pour le même choix spontané en soulevant dans leurs justifications une certaine adéquation du symbole (i) pour désigner l'intensité du courant électrique. Cependant, une partie significative, qui avoisine un quart de ces élèves, explicite la possibilité de représenter l'intensité du courant électrique par les symboles proposés.

**ENCADRÉ 2***Questionnaire d'évaluation de la séquence d'enseignement***Question 1**

On a la grandeur physique suivante : intensité du courant électrique.

On a les lettres suivantes : f r i m

Cochez la case qui correspond à la proposition que vous considérez correcte.

1-  Il est possible de représenter l'intensité du courant électrique par l'utilisation de toutes les lettres précédentes.

2-  Il est possible de représenter l'intensité du courant électrique par l'utilisation seulement d'une ou plus des lettres précédentes. Déterminez la lettre ou les lettres choisie (s).

3-  Il n'est pas possible de représenter l'intensité du courant électrique par l'utilisation de toutes les lettres précédentes.

4-  Autre cas, lequel ?

Justifiez votre réponse.

**Question 2**

L'énoncé suivant exprime le contenu d'une relation physique :

« La puissance de transfert énergétique d'une ampoule traversée par un courant électrique continu est égale à l'énergie électrique divisée par la durée de sa transformation »

On a l'expression symbolique suivante :  $C = E/t$

La lettre (E) désigne la quantité d'énergie transformée et la lettre (t) représente la durée de sa transformation.

Peut-on utiliser cette expression symbolique pour exprimer le contenu physique de l'énoncé précédent ?

Oui

Non

Pourquoi ?

**TABLEAU 2**

*Question 1 : Fréquences des choix des propositions exprimées en (%)*

	N	Proposition 1 (Rép. Correcte)	Proposition 2	Proposition 3	Proposition 4
Élèves du groupe expérimental	62*	22.5	72.5	2.0	3.0
Élèves du groupe témoin	66	00	94	3.0	3.0

\* : Absence de deux élèves le jour de l'évaluation de la séquence

L'un de ces collégiens souligne qu' : « Il n'y a pas de règles bien déterminées de symbolisation des grandeurs physiques. Donc, il n'existe pas de loi spéciale pour désigner ces grandeurs. Alors, l'intensité du courant électrique peut être représentée par i, r, f ou m. Il n'est pas obligatoire qu'il y ait des symboles spécifiques des grandeurs physiques ».

Dans le même sens, d'autres élèves de cette catégorie soulignent clairement que l'unité de mesure de l'intensité du courant électrique est invariable (l'ampère), ce qui permet de désigner cette grandeur par les symboles proposés.

- *Identification de la grandeur physique désignée par un symbole ambigu* : Presque la moitié des élèves du groupe expérimental choisit la réponse correcte. Toutefois, ce choix correct n'est adopté que par près du tiers des élèves du groupe témoin.

**TABLEAU 3**

*Question 2 : Fréquences des réponses « Oui » et « Non » exprimées en (%)*

	N	Oui (Réponse correcte)	Non	Divers
Élèves du groupe expérimental	62	48.5	51.0	6.5
Élèves du groupe témoin	66	32.0	66.5	1.5

La plupart des élèves du groupe expérimental justifient leur réponse correcte par la possibilité de représenter la puissance électrique de l'ampoule par plusieurs symboles. Dans ce cadre, malgré leur utilisation usuelle du symbole (P) pour indiquer cette grandeur électrique, un élève de ce groupe précise que : « *Selon le cours de la puissance électrique qu'on a eu,  $P = E/t$ . Alors dans l'expression donnée, on trouve :  $C = E/t$ . On peut utiliser n'importe quel symbole pour représenter la puissance électrique puisqu'il n'y a pas de règle officielle à respecter dans la symbolisation des grandeurs en physique. Chaque grandeur est susceptible d'être désignée par des symboles différents* ».

Contrairement à ces arguments, les justifications présentées par les élèves du groupe témoin s'appuient sur deux considérations : la conformité formelle de l'expression  $C = E/t$  avec le contenu de l'énoncé de la question 2 et son aspect calculatoire. Aucune allusion à la possibilité de représenter la puissance électrique par plus d'un symbole n'est soulignée.

Concernant le choix de la réponse « Non », les justifications avancées par les élèves des deux groupes, expérimental et témoin, se focalisent sur le rejet du symbole (C) car ces collégiens considèrent que (P) est le symbole officiel et définitif de dénotation de la puissance électrique.

## CONCLUSION

La séquence d'enseignement de type constructiviste réalisée est caractérisée par des débats contradictoires des élèves afin de leur permettre d'explicitier leurs conceptions liées à la symbolisation des grandeurs physiques.

Les résultats de l'évaluation de ce travail montrent que, malgré une amélioration qualitative relativement limitée enregistrée, une dominance des conceptions inexacts des élèves ayant rapport à l'existence d'un symbole unique, conventionnel et universel pour chaque grandeur physique persiste. Pour atténuer l'effet négatif de cette conception spontanée, il est important que les enseignants du collège insistent, d'un temps à un autre, sur le caractère officiel des unités de mesure des grandeurs physiques et l'instabilité relative du symbolisme de ces grandeurs. À ce propos, l'usage de la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier le contenu physique des symboles ambigus est fortement recommandé.

La mise en œuvre de cette stratégie didactique exige, en premier lieu, une formation initiale des enseignants des sciences physiques du collège axée sur ces aspects implicites de la physique.

## RÉFÉRENCES

- Boulidoires, B. (1991). Les notions symboliques relatives à l'énergie dans quelques manuels de physique. In *Actes du 1<sup>er</sup> séminaire national de recherche en didactique des sciences physiques* (pp. 25-34). Grenoble: Université Joseph Fourier Grenoble.
- Bunge, M. (1975). *Philosophie de la physique*. Paris: Seuil.
- Bureau International des Poids et Mesures - BIPM (2006). Brochure sur le SI : le système international d'unités (8<sup>ème</sup> édition). Retrieved from <http://www.bipm.org/fr/publications/si-brochure/>.
- Chaffee, E.-L., Foster, A.-W., Gale, G.-O., Jones, A.-T., Lenzen, V.-F., Mitchell Roller, D., & Hugues, H.-K. (1938). Letter symbols for physics. *American Journal of Physics*, 6, 217.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Dupont, B., & Trotignon, J.-P. (1994). *Unités et grandeurs – symboles et normalisation*. Paris: Nathan Afnor.
- Heisenberg, W. (1971). *Physique et philosophie*. Paris: Albin Michel.
- Hoffer, A. (1976). On the use of symbols to represent quantities, properties and adjectives encountered in physics. *American Journal of Physics*, 44(8), 759-761.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1987). Taking into account student conceptions in instructional strategy: an example in physics. *Cognition and Instruction*, 4(2), 117-135.
- Lévy-Leblond, J.- M. (1998). La nature prise à la lettre. *Alliage*, 37/38, 71-82.
- Magneron, N., & Munier, V. (2008). Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 47, 7-24.
- Mallinckrodt, A.-J. (1993). Separate symbols for separate concepts. *American Journal of Physics*, 61, 760.
- Massain, R. (1982). *Physique et physiciens*. Paris: Magnard.
- Ouarzeddine, A., & Benseghir, A. (2007). Symbolisme des grandeurs physiques : statut sémantique et perception des élèves. *Didaskalia*, 30, 67- 88.
- Pache, C. (1970). *Introduction au système international d'unités SI ou MKSA*. Lausanne: Spes S.A, David Perret.
- Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation problème. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 836, 1173-1190.
- Romani, L. (1975). *Théorie générale de l'univers physique - Réduction à la cinématique. Tome 1 : Principes et méthodes*. Paris: Libraire scientifique et technique Albert Blanchard.
- Serrero, M. (1987). Critères de pertinence en physique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 699, 1229-1235.
- Sivardière, J. (1988). Utilisation de l'analyse dimensionnelle. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 702, 295-308.
- Ullmo, J. (1969). *La pensée scientifique moderne*. Paris: Flammarion.