

# De la physique du physicien à la physique scolaire

JEAN-JACQUES DUPIN

---

Aix-Marseille Université  
France  
jjdup@orange.fr

---

## SUMMARY

*From the 1960s onwards, the need to modernise science education became apparent throughout the world. Concerning primary and secondary education (grades 1 to 12), proposals in France focused on adapting the knowledge taught to the reality of new current knowledge. Francis Halbwachs, a close collaborator of Jean Piaget, warned that the difficulties of understanding scientific concepts could not be ignored and that students' learning abilities had to be taken into account. He thus actively participated in the development of research in science education in France.*

## KEYWORDS

*Francis Halbwachs, understanding scientific concepts, research in Science Education*

## RÉSUMÉ

*À partir des années 1960, la nécessité de moderniser les enseignements scientifiques s'est imposée à travers le monde. Concernant les enseignements primaires et secondaires (grade 1 à 12), les propositions en France se concentraient sur l'adaptation des savoirs enseignés à la réalité des connaissances actuelles. Francis Halbwachs, proche collaborateur de Jean Piaget, alerta sur le fait que l'on ne pouvait ignorer les difficultés d'appréhension des concepts scientifiques et qu'il fallait prendre en compte les capacités d'apprentissage des élèves. Il participa ainsi activement au développement des recherches en didactique des sciences en France.*

## MOTS CLÉS

*Francis Halbwachs, appréhension des concepts scientifiques, Didactique des Sciences*

### **Cite this article**

Dupin, J.-J. (2025). De la physique du physicien à la physique scolaire. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 19(1), 11-20. <https://doi.org/10.26220/rev.5240>

## **AVANT-PROPOS**

Au début des années 1980, autour de Francis Halbwachs, se sont rassemblés six physiciennes et physiciens<sup>1</sup> appartenant aux Universités de Provence et de la Méditerranée<sup>2</sup> au sein d'un séminaire de didactique de la physique, première étape vers la création du Groupe de Recherche en Didactique de la Physique de Marseille (GRDPM). Ce fut le début d'une longue histoire qui se perpétue, à travers plusieurs élargissements, enrichissements et regroupements, dans l'actuel Laboratoire « Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation » (ADEF, UR467I AMU).

Francis Halbwachs fut l'animateur de ces séminaires et nous avons pu profiter de ses connaissances si riches construites dans ses recherches en physique comme en épistémologie des sciences et en psychologie du développement et épistémologie génétique par sa collaboration étroite avec Jean Piaget. C'est en se frottant à ce maître bienveillant que nous avons fait notre apprentissage de la recherche en didactique. Sa vaste culture et son ouverture d'esprit nous ont permis de nous familiariser avec les diverses approches des questions d'apprentissage, sans nous enfermer dans une « école de pensée » univoque. Quelle humanité, quelle humilité chez ce savant homme dont le comportement tranchait fortement avec celui des mandarins locaux prétentieux encore actifs à cette époque ! Il savait écouter, commenter, discuter, argumenter, corriger éventuellement, cela sans utiliser les arguments d'autorité ni humilier l'interlocuteur avec lequel il dialoguait.

Ce fut pour nous une chance inouïe que de travailler à ses côtés et nous en avons gardé une reconnaissance profonde<sup>3</sup>. Francis fut un chercheur, un didacticien, un humaniste, un résistant contre l'occupant nazi dès 1941 (réseau Vélite-Thermopyles)<sup>4</sup> : il fut une belle et bonne personne.

Presque 40 ans après sa disparition, nous allons tenter de décrire quelques-uns de ses apports décisifs à la didactique de la physique. Compte tenu de la diversité de ses

---

1 Marcel Bénarroche, Jean-Jacques Dupin, Christiane Genin, Samuel Johsua, Jacques Michaud-Bonnet, Andrée Pellet.

2 Ces universités sont maintenant regroupées au sein d'Aix-Marseille Université (AMU), fusion des trois universités locales.

3 Le premier ouvrage que nous publiâmes, S. Johsua et moi-même (Johsua & Dupin, 1989), hélas après son décès, lui fut dédié.

4 Francis Halbwachs - Les Français Libres ([francaislibres.net](http://francaislibres.net))

productions, ceci ne prétend pas être un tableau exhaustif de ce que nous lui devons. Nous ne parlerons ici que de ses contributions à la définition du savoir à enseigner aux élèves et de ses rapports au savoir savant.

## **À L'ORDRE DU JOUR, ANNÉES 1960-80 : MODERNISER LES ENSEIGNEMENTS SCIENTIFIQUES**

Au tournant des années soixante, les scientifiques des pays occidentaux se sont mobilisés pour entreprendre un travail de rénovation des enseignements, en particulier en physique, dont les contenus étaient considérés vieillis et les méthodes peu attractives. Aux États-Unis, fut mis en place le Comité d'Études en Sciences Physiques (PSSC), en Grande-Bretagne, le Projet Scientifique Nuffield. Ces travaux débouchèrent sur la publication de programmes d'enseignement pour les niveaux primaire et secondaire, ainsi que de ressources et matériels pédagogiques qui connurent une grande diffusion au niveau international.

En France, les programmes traditionnels encore en vigueur à cette époque apparaissaient comme trop éloignés des états actuels des connaissances savantes. Aussi, un dépoussiérage s'imposait. Le mouvement fut lancé pour réformer les enseignements de mathématique à l'école primaire et secondaire. Menée par des universitaires confirmés, largement dominés par le courant « bourbakiste » alors en pointe en France, la réforme introduisait des considérations ensemblistes et des formalismes qui heurtèrent beaucoup d'enseignants et de parents d'élèves. En outre, ces rédacteurs ignoraient que « *l'intelligence de l'élève fonctionne suivant des processus spécifiques, distincts de ceux du maître* » (Halbwachs, 1975, p. 19). Cette réforme fut massivement rejetée et disparut des classes en quelques années.

En ce qui concernait les sciences physiques, cette réflexion démarra plus tard en France avec les travaux de la Commission Lagarrigue mise en place en 1970 (Hulin, 1991). Cette commission, à travers de nombreuses contributions, proposa en 1976 des nouveaux contenus pour les enseignements scientifiques au collège (classes de 6<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup>, grades 6 et 7). Malgré ces productions de rénovation, force fut de constater que ces travaux de grande qualité n'ont pu se concrétiser sur le terrain par des évolutions importantes des enseignements des sciences. Aussi, dans les années 80, les débats étaient encore vifs à propos des contenus des enseignements des disciplines scientifiques.

Francis Halbwachs participa activement à ces débats et publia en 1974 son ouvrage *La pensée physique chez l'enfant et le savant qui fera date*. Un article publié ensuite dans la Revue Française de Pédagogie (1975) intitulé *La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève* rendit alors plus visible ses travaux.

Parallèlement, Michel Hulin<sup>5</sup> annonça « la physique des physiciens ne s'enseigne pas » (Hulin, 1987). Une telle discipline alliant formalisation complexe et recours à l'expérience n'est pas accessible aux niveaux primaire et secondaire de l'enseignement. Ce que l'on peut faire, c'est une « protophysique », objet d'enseignement à créer. Cette affirmation crûment dite fut très mal comprise, voire considérée comme injurieuse et choqua beaucoup d'enseignants qui se vivaient comme physiciens plus que comme professeurs accompagnant des élèves sur le long cheminement de la formation scientifique.

Plus circonspect, Francis Halbwachs s'efforcera de tracer des chemins pour développer un enseignement scientifique possible. Il interpella alors en affirmant qu'il faut soumettre à la réflexion les deux points en tension : comment intégrer dans l'enseignement les progrès récents des connaissances, comment s'assurer que cela « puisse épouser, autant que possible, les mécanismes spontanés de la pensée de l'élève » (Halbwachs, 1975, *ibid.*).

## LA PHYSIQUE DU PHYSICIEN

Il part du constat que la physique « moderne » est maintenant parvenue à un niveau d'abstraction tel que l'on ne peut la considérer comme source directe des programmes scolaires. Doit-on alors faire référence à des théories anciennes, peut-être plus accessibles mais considérées comme « fausses » (atome de Bohr, électrocinétique, flux de chaleur, etc.) et dénoncées par certains auteurs ? Pour répondre à cette contradiction, Halbwachs renvoie à l'épistémologie de cette science.

Le travail du physicien consiste à construire des modèles théoriques : « Un modèle théorique est construit de façon à pouvoir être mis en correspondance avec un situation physique réelle...sur laquelle nous savons opérer... des transformations qui constituent une pratique expérimentale » (Halbwachs, 1975, *ibid.* p. 20). Le modèle est construit explicitement pour comprendre les problèmes liés à une situation ou une classe de situations et pour pouvoir agir sur cette situation. *Le modèle représente la situation.* Comme les situations sont toujours très complexes, « le modèle ne peut être considéré comme une représentation exacte et complète de la situation » (*ibid.*). Lorsque des divergences apparaissent (précisions expérimentales meilleures, phénomènes nouveaux, etc.), la construction d'un nouveau modèle s'impose. Mais ce nouveau modèle doit impérativement rendre compte du modèle initial qui sera alors vu comme une approximation ou un cas particulier du nouveau modèle. Pour Halbwachs « la théorie physique apparaît ainsi comme constituée de *modèles emboîtés* » (*ibid.*).

---

5 Michel Hulin a fortement aidé à la reconnaissance des recherches en didactique en France. Scientifique reconnu, directeur du laboratoire des Physique des Solides à l'École Normale Supérieure de Paris, directeur du palais de la Découverte, il fut un des rares scientifiques renommés à soutenir et à participer à ces recherches.

Contrairement à la vision de nombreux enseignants, *le modèle n'est pas la réalité*, position héritée du positivisme longtemps dominant dans l'université française. Les lois de la physique ne sont pas inscrites dans le fait observé, elles sont construites par le physicien. La conséquence sur les contenus d'enseignement est que l'on ne doit pas considérer les anciens modèles comme « faux » mais comme adaptés à une situation précise.

En conséquence, moderniser l'enseignement de la physique ne peut se confondre avec enseigner la physique moderne, erreur qui entraîna l'échec de la réforme des enseignements de mathématiques. Un modèle reconnu comme cohérent pour rendre compte de situations données, est enseignable même s'il est emboîté dans un nouveau modèle qui rend compte de situations nouvelles. Le modèle de l'électrocinétique est adéquat à une toute une classe de problèmes, celui du rayon lumineux aussi et ne devient pas caduc depuis qu'il est emboîté dans un modèle électromagnétique. On peut donc enseigner un modèle à condition d'indiquer clairement les situations qu'il décrit et donc aussi ses limites.

## LA PHYSIQUE DE L'ÉLÈVE

Gardons en mémoire que ces écrits de Halbwachs remontent à 1974, il y a 50 ans ! Nous reviendrons plus loin sur ce qu'il en est advenu en France...

Pour Halbwachs, la question de la « physique de l'élève » se décompose en deux sous-questions : « celle des motivations psychologiques de l'élève, des problèmes physiques qu'on peut l'amener à se poser dans le cadre de ses préoccupations d'enfant ou d'adolescent, celle d'autre part des objectifs d'un enseignement de la physique pour le futur adulte qu'il sera » (Halbwachs, 1975, p. 22). Cela implique un choix politique et une vision de société. Il est évident que si l'objectif affiché est de sélectionner des physiciens futurs chercheurs, enseignants ou ingénieurs, on s'inscrit dans une « option sélectionniste » où l'on s'efforce de faire passer le maximum de contenus de la « physique du physicien », sans trop se préoccuper des « élèves tout-venant ». À l'opposé, il défend une approche « culturelle » de l'enseignement de la physique. Il s'agit pour lui de favoriser « les aptitudes des futurs adultes à enrichir leur vie personnelle et sociale ; ceci par l'acquisition, au cours de leur scolarité, d'une culture générale qui soit centrée sur une prise de conscience – une compréhension – de leur environnement matériel et social » (ibidem)<sup>6</sup>. Cela ne signifie pas de se limiter aux seules « réalités de la vie quotidienne », mais de procéder à « une exploration par couches concentriques, dans laquelle les couches les plus externes au sujet soient introduites comme des explica-

---

6 C'est d'ailleurs la même option choisie par Hulin (cf supra) dans ce qu'il appela plus tard la « protophysique ».

tions successives des couches plus proches du sujet ».

De fait, cette culture générale doit, selon lui, s'appuyer sur « deux disciplines spécifiques :

- La technologie qui vise à expliciter et à schématiser tous les problèmes liés à la pratique (pratique sociale éventuellement) des objets techniques, à l'organisation finalisées de leurs fonctions d'utilisation, aux questions générales posées par leur fabrication.
- Les sciences physiques qui atteignent les propriétés générales des matériaux et des formes diverses de l'énergie, propriétés qui sont mises en œuvre dans la fabrication et l'utilisation, des objets techniques, et sans la connaissance desquelles ces objets seraient impossibles à construire et à faire fonctionner » (ibid., p23).

Une telle approche pose d'une façon nouvelle les questions physiques à introduire dans l'enseignement : « À chaque niveau d'approfondissement de l'exploration du monde technique, correspondra un niveau de la connaissance théorique à introduire, sans qu'on n'ait jamais à se poser des questions sur la théorie « vraie » sous-jacente » (ibid.). Ainsi, dans l'étude d'objets techniques utilisant par exemple la lumière ou l'électricité, on choisira les modèles adaptés dans la panoplie des modèles emboîtés du physicien. Dans ces exemples, on peut avoir besoin de faire appel à l'électromagnétisme : « les choix des niveaux successifs auxquels on doit prendre les modèles de la physique à introduire dans l'enseignement, va être déterminé par les couches successives du monde technique à explorer. L'introduction – et l'époque de l'introduction dans l'enseignement – des techniques modernes va donc conditionner clairement l'introduction des modèles modernes de la physique » (ibidem, p. 24).

## **L'ÉLÈVE, UN SUJET PSYCHOLOGIQUE**

Halbwachs se réfère bien sûr à la théorie piagétienne de l'apprentissage. Aussi, dit-il :

« La définition de l'apprentissage proposée par Piaget dans son article-programme de 1959 (Études d'Épistémologie Génétique, Tome VII) repose avant tout sur l'analyse des facteurs de développement et sur la distinction entre facteurs endogènes ou facteurs de maturation, et facteurs exogènes ou facteurs d'acquisition. C'est parmi ces derniers qu'on doit situer et caractériser les processus d'apprentissage. Mais dès le début de l'analyse, Piaget insiste - et pour nous c'est essentiel - sur les dangers de cette classification, si elle veut faire croire qu'on a réellement dissocié les facteurs en deux classes effectivement séparées. Les données exogènes n'entrent dans la connaissance qu'en s'assimilant aux structures déjà acquises du système cognitif, c'est-à-dire en s'adaptant à ce qui est déjà présent dans la pensée, donc en faisant intervenir un aspect endogène » (Halbwachs, 1981, p. 25).

L'intelligence de l'enfant, et de l'élève, n'est pas une page blanche. À travers toutes ses expériences quotidiennes, en coordonnant ses actions qui sont efficaces à son échelle, en y intégrant éventuellement des connaissances assimilées, il/elle construit ses propres connaissances et règles d'action lui permettant d'agir dans son environnement. Cependant, ce « *donné préexistant* », généralement inconnu du maître, n'est pas toujours adéquat aux modèles et structures des connaissances scientifiques. La « *physique du maître* » se place « au point où se rencontrent – et parfois entrent en conflit – la structure de la physique du physicien (modèles emboîtés) et ce que nous avons appelé la structure d'accueil qui caractérise sur le plan psychologique la physique de l'élève » (ibid, p. 25).

Aussi, à partir des années 1970, de nombreux travaux de recherche ont été menés à travers le monde pour étudier ce que l'on a communément appelé, en didactique de la physique, les « conceptions de l'élève » (Johsua & Dupin, 1993, pp. 121-192). Construites par le sujet grâce à son interaction avec son environnement (naturel et technique), elles sont validées et assimilées par lui si elles peuvent guider avec efficacité ses actions. Cependant, les conceptions sont rarement en concordance avec les modèles du physicien. Si elles sont inconnues du maître, elles peuvent s'imposer comme obstacle à l'apprentissage du modèle ciblé. La littérature est ainsi très fournie sur des domaines variés (mécanique, optique, électricité, états de la matière, thermique, etc.).

## UTILISER LE « DONNÉ PRÉEXISTANT »

Cette référence au déjà-là chez l'élève et son utilité pour l'enseignant, l'amena à faire des propositions iconoclastes pour l'époque. Par exemple, après un rappel historique sur la découverte de la constance de la quantité de chaleur qui passa par l'étape d'une théorie considérant la chaleur comme une substance (le fluide calorique passant du corps chaud au corps froid), il ajoute (Halbwachs, 1978, p. 35) : « les enfants jeunes arrivent eux aussi, et très facilement, à affirmer la conservation de la quantité de chaleur, ..., en la considérant très généralement comme une substance, une matière qui coule. Et par conséquent nous avons là un chemin de compréhension didactique ». Cette déclaration devant une commission institutionnelle déclencha bien sûr des réactions outrées (« Monsieur Halbwachs vous ressuscitez le calorique ! » dit un Inspecteur général de l'Éducation nationale choqué). Il argumenta alors, en faisant référence à une recherche qu'il mena, « je ressuscite le calorique parce que l'expérience montre que les enfants ont cette idée d'une substance, elle peut leur être très utile, elle peut leur servir de support pour l'idée de conservation – idée que sans cela on est obligé de poser comme un principe ou un postulat ». Il est évidemment impossible de vérifier cette conservation par l'expérience puisque, avec des enfants, on ne sait pas mesurer

les quantités de chaleur : « Cette substantialisation est une intuition très forte qui mène l'enfant de façon effective à se former la notion de chaleur et à sa quantification ». C'est donc une étape importante dans la construction des apprentissages et il serait dommage de s'en priver avant d'aller plus loin.

Il travailla aussi autour du concept de force (Halbwachs, 1975, p. 26). Ce concept « est d'abord atteint à partir de forces de nature particulière : force musculaire, force de traction d'un véhicule, force transmise par un fil, force magnétique, force de pesanteur (celle-là très difficile à relier aux autres) ». Ces différentes forces ont des propriétés communes (mouvement de corps pesants, déformation de ressorts, etc.)<sup>7</sup>. On peut alors « former un concept général, la force, définie par la capacité de produire des effets déterminés. C'est un abstrait empirique »<sup>8</sup>. Or, dit-il, dans l'enseignement français -en 1975- on veut enseigner « la force en tant que vecteur, schématisable par une flèche, qu'on sait composer avec d'autres, projeter, etc. C'est du domaine de l'abstraction réfléchissante. Elle suppose la capacité de former des règles générales portant sur les opérations sur les forces ». Cette capacité arrive beaucoup plus tard. Il ajoute<sup>9</sup> alors que « la démarche aujourd'hui classique qui consiste à ne se croire autorisé à introduire la force dans l'enseignement qu'après que le calcul vectoriel aura été enseigné par les mathématiciens, sous la forme abstraite des espaces vectoriels, fait appel au type le plus élevé d'abstraction, l'axiomatisation, appelée par Piaget abstraction réfléchie. Cela viole ainsi la démarche spontanée de l'intelligence, avec les résultats déplorables que les physiciens peuvent constater tous les jours et qui pèsent encore sur la physique de l'étudiant, au moins à son entrée à l'université ».

## EN GUISE DE CONCLUSION

Ces débats sur les objectifs de l'éducation et les contenus des enseignements ont été fréquents depuis l'époque des travaux évoqués ci-dessus. Les travaux de Francis Halbwachs ont ouvert la voie. Les recherches didactiques et pédagogiques ont approfondi les connaissances. Par exemple, en France, en mathématiques, Yves Chevallard (1985) introduisit le concept de *transposition didactique* pour théoriser le fait que la matière enseignée n'est pas un avatar simplifié du savoir savant mais un objet culturel construit spécifiquement pour l'enseignement. Bien sûr, cet objet a à voir avec l'objet savant qui, dans certain cas, in fine, le justifie, mais peut avoir aussi sa vie propre. Ce concept,

7 Pour cela, Halbwachs préconise de commencer par les aspects dynamiques et de traiter la statique après

8 Des travaux de l'école piagétienne montrent que cette capacité apparaîtrait entre 12 et 14 ans. Cette dernière notion renvoie à Piaget qui parle d'abstraction empirique et d'abstraction réfléchiante, dans le cadre de sa théorie des stades.

9 Ceci date de 1975. Des modifications ont pu avoir eu lieu depuis, face aux difficultés rencontrées par les élèves ... et les professeurs.



construit pour les mathématiques, diffusa vers les sciences physiques et suscita de nombreux travaux et débats. Martinand (1986, 1989) le discuta en le confrontant en particulier aux enseignements de technologie. D'autres recherches, étudiant de près les pratiques enseignantes, ont introduit les notions de « curriculum réel, formel et caché » (Perrenoud, 1994, 1998). L'enjeu était aussi de dynamiser la formation des maîtres.

Tout cela tente de montrer l'importance des travaux de Francis Halbwachs. Pourtant, des pans entiers de ses productions scientifiques ne sont pas évoqués ici. Nous n'avons parlé ici que de sa théorie des modèles emboîtés, mais ses travaux en épistémologie ont été très vastes et variés (Monod et al., 1972). Nous n'avons rien dit de ses réflexions sur la notion de causalité (Bunge et al., 1971) si importante dans l'approche didactique. C'est pourquoi la parution de cette revue me semble bienvenue.

Francis Halbwachs a été un des pionniers du développement des recherches en didactique en France. Ses écrits qui datent de 50 ans et plus restent d'actualité. L'enseignement en France a vécu de nombreuses réformes depuis cette époque. Les recherches en éducation ont été favorisées ou oubliées, au gré des alternances politiques et des changements de ministres. Ce qui caractérise toujours les débats en France, c'est la méconnaissance des productions de la recherche par les décideurs et ceux qui parlent de l'école. Ne connaissant rien sur les questions d'apprentissage, ils continuent à asséner des banalités sur retour aux enseignements fondamentaux, sans jamais s'interroger sur les contenus à enseigner et sur les méthodes à développer, sans jamais clarifier les objectifs fixés à ces enseignements (sélection d'une élite versus formation citoyenne).

## RÉFÉRENCES

- Bunge, M., Halbwachs, F., & Khun, T. (1971) *Les théories de la causalité*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Halbwachs, F. (1974). *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Halbwachs, F. (1975). La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève. *Revue Française de Pédagogie*, 33, 19-29.
- Halbwachs, F. (1978). Structure de la matière enseignée et développement conceptuel. *Revue Française de Pédagogie*, 45, 33-36.
- Halbwachs, F. (1981). Apprentissage des structures et apprentissage des significations. *Revue Française de Pédagogie*, 57, 5-21
- Hulin, M. (1987). La physique ou l'enseignement impossible. *Séminaire de Philosophie et Mathématiques*, 11, 1-30. [http://www.numdam.org/item?id=SPHM\\_1987\\_\\_II\\_AI\\_0](http://www.numdam.org/item?id=SPHM_1987__II_AI_0).
- Hulin, N. (1991). La constitution et les débuts de la Commission Lagarrigue. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 85(730), 11-29.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : Le « débat scientifique dans la classe*

- et l'apprentissage de la physique* ». Berne : Peter Lang.
- Johsua, S. & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne: Petre Lang.
- Martinand, J.-L. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques. *Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, 2, 23-29.
- Monod, J., Caveinc, M., Halbwachs, F. et al. (1972). *Épistémologie et marxisme*. Paris: Union Générale d'Éditions.
- Perrenoud, P. (1994). Curriculum : Le réel, le formel, le caché. In J. Houssaye (Dir.), *La pédagogie : Une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp. 61-76). Paris: ESF.
- Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir des pratiques : Des savoirs aux compétences. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 24(3), 487-514.