



Les sciences au lycée

Un siècle de réformes
des mathématiques et de la physique
en France et à l'étranger

Sous la direction de
Bruno Belhoste, Hélène Gispert et Nicole Hulin

vuibert



Les sciences au lycée

Sous la direction de
Bruno Belhoste, Hélène Gispert et Nicole Hulin

Un siècle de réformes des mathématiques et de la physique
en France et à l'étranger

Deux grands moments marquent l'histoire de l'enseignement des sciences au xx^e siècle : les années 1900 où les réformes décisives voient le jour dans de nombreux pays, et les années 1960-70 où, dans le monde entier, l'enseignement des mathématiques et de la physique est radicalement rénové.

Quand, pourquoi et comment décide-t-on ainsi de modifier les programmes scolaires ? Au fil du siècle qu'a-t-on vraiment changé dans l'enseignement des mathématiques et de la physique au lycée ?

En quoi ces réformes reflètent-elles les grands bouleversements scientifiques de l'âge moderne ?

Quel est le poids des particularités nationales dans ces changements ?

Confronter les époques et réfléchir aux réformes passées pour mieux appréhender les questions posées aujourd'hui, tel est l'objectif de ce livre où les diverses approches possibles sont intimement mêlées, qu'elles soient d'ordre historique, philosophique, scientifique ou didactique.



Ouvrage réalisé par le



Service d'histoire de l'éducation

VIUBERT : ISBN 2 7117 8899 7 • INRP : ISBN 2 7342 0514 9



Table des matières

Introduction générale	1
Des années 1900	1
... aux années 1960-1970	2
Et aujourd'hui...	3
Trois axes de réflexion	4

Première partie : Enjeux et contextes des réformes

Introduction	9
Utilité sociale et valeur culturelle des réformes	10
La réforme de 1902 : le positivisme des savants français	11
La caution des « savoirs savants » : les rénovations « nécessaires » des années 1960-1970	12
Comment faire l'histoire des réformes de l'enseignement ? (Antoine Prost)	15
Réforme et changement	15
Les réformes « scientifiques »	17
Les réformes « politiques »	19
Dynamique des réformes	22
Réformer ou conserver ? La place des sciences dans les transformations de l'enseignement secondaire en France (1900-1970) (Bruno Belhoste)	27
La réforme de 1902 et les « humanités scientifiques »	27
L'« égalité scientifique » et la culture générale	32
La démocratisation du second degré, la crise des humanités classiques et la réforme des mathématiques modernes	35
Auguste Comte, le positivisme et l'éducation (Dominique Lecourt)	39
La reine mathématique et sa petite sœur (Michel Atten)	45
De la constitution d'une science	46
De la cristallisation sociale de ces conceptions	48
Une hypothèse de travail	50
Deux remarques en guise de conclusion	52
Constitution de la physique moderne et nouvelle conception de l'enseignement de la discipline (Nicole Hulin)	55
Les changements de la physique. Les étapes de l'évolution	57
Nouvelle structuration de la physique	61
Les physiciens et l'enseignement de leur discipline	62

Réformer l'enseignement secondaire de la physique	63
La prise de conscience bourbakiste, 1930-1960 (André Revuz)	69
Les lacunes de l'enseignement universitaire français des mathématiques dans les années 1930	69
La rénovation bourbakiste	70
Personne n'est parfait	74
Mathématiques « modernes » et sciences humaines (Michel Armatte)	77
Les justifications de la réforme	77
Les acteurs de la réforme : une commission bourbakiste	79
Mathématiques appliquées et réformes des enseignements supérieurs	80
Le structuralisme suscite d'autres mathématiques	82
La critique post-soixante-huitarde des mathématiques	84
Les mathématiques, hier et demain (Jean-Pierre Kahane)	89
Les années 1950-1960	89
Les mathématiques actuelles	92
Les rapports de conjoncture de 1989 et de 1992	94
Structures hier, interactions et modèles aujourd'hui. De quoi demain sera-t-il fait ?	94

Deuxième partie : Les réformes en France : principes et réalités

Introduction	101
Permanences et décalages	101
Enseignement concret ou expérimental, enseignement théorique	102
Bilan des réformes : Échec ou réussite ?	104
L'enseignement de la physique : d'une réforme à l'autre, permanences et décalages (Nicole Hulin)	107
Contexte général	108
Les commissions de réforme	108
Les sociétés savantes et la réforme	109
Les objectifs	110
L'unité de la science, l'unité de la physique	111
Physique enseignée, physique savante	112
Une physique expérimentale	114
La référence à l'histoire des sciences	115
Permanences et décalages	116
La place de la géométrie dans l'enseignement des mathématiques en France : de la réforme de 1902 à la réforme des mathématiques modernes (Rudolf Bkouche)	121
La réforme de 1902	122
La réforme des mathématiques modernes	125
Comparaison des principes des deux réformes	132
L'évolution des conceptions des physiciens et l'enseignement des circuits électriques (Samuel Johsua)	139
Les quatre introductions de l'électrocinétique	140
Le succès de « l'introduction énergétique »	144
Quel jugement porter sur les arguments échangés ?	146
Un fleuron de l'enseignement de la physique au lycée	147

Des règles de changement ?	149
Les exercices pratiques dans la réforme de 1902 (Claudette Balpe)	153
Une initiation à la méthode expérimentale	154
L'organisation des exercices pratiques	156
Une réflexion nouvelle sur la profession	160
Similitudes et différences des objectifs en physique dans les deux moments de réformes (Édith Saltiel)	165
Le principe d'inertie	166
Le principe d'inertie et les expériences d'accompagnement	169
Le principe d'inertie et la vie quotidienne	173
La réforme des mathématiques modernes, discours, polémiques et réalités (Patrick Trabal)	179
Un enseignement dogmatique ?	181
Abstraction et finalités de l'enseignement mathématique	183
Des intentions et des réalités	185
Des mathématiques sélectives ?	188
Réformes et contre-réformes de l'enseignement de l'analyse au lycée (1902-1994) (Michèle Artigue)	195
La réforme de 1902	196
La réforme des années 1960	201
La réforme des mathématiques modernes des années 1970	205
La contre-réforme des années 1980	208
Un moment du développement de l'enseignement scientifique et technologique : les débats de la Commission Lagarrigue sur la technologie (Jean-Louis Martinand) 217	
Les années 1960, la création d'un enseignement de technologie	218
Les premières discussions à la Commission Lagarrigue	219
Pour une « initiation aux sciences et techniques (IST) »	220
Péripiéties	223
 Troisième partie : Regards sur l'enseignement scientifique hors de France 	
Introduction	229
Dimension internationale et spécificités nationales	229
Place et rôle des mathématiques dans l'enseignement : l'exception française	231
Le bilan des réformes : des acteurs incontournables, les élèves et les enseignants	233
La réforme de l'enseignement des mathématiques en Allemagne dans les années 1900-1914 et son rôle dynamique dans le mouvement international de réforme (Gert Schubring)	235
Une dimension sous-jacente : la crise de la modernisation en Allemagne	237
Les mathématiques scolaires comme indicateur de crise	239
L'évolution de la stratégie de Klein	242
Réformer les programmes de mathématiques aux U.S.A. depuis 1900 : réalité et imaginaire (Jeremy Kilpatrick)	247
La pédagogie des mathématiques comme spécialité professionnelle	248
Unifier l'enseignement des mathématiques	249

Le mouvement des mathématiques modernes	251
Changements réels et imaginaires	252
Des métaphores pour les changements dans les programmes	253
Les mathématiques dans l'enseignement secondaire supérieur en Italie : une réforme par siècle (Fulvia Furinghetti)	257
Le système scolaire en Italie	258
Les premières décennies du XX ^e siècle : des demi-réformes	259
1923, la réforme accomplie : les mathématiques reléguées au grenier	262
La réforme à accomplir	265
Les Anglo-saxons sont-ils différents ? (Jon Ogborn)	271
Le droit à l'erreur	273
Différents types de réformes	274
Les conditions du changement	276
Exemples de réformes en physique	278
Les anglo-saxons sont-ils différents ?	283
De nouvelles orientations dans l'enseignement de la physique : le PSSC 30 ans après (Anthony P. French)	285
Le démarrage	286
La création du cours	287
Développement aux États-Unis et à l'étranger	289
Quelques leçons à tirer du PSSC	290
Recommandations pour de futures réformes	291
Les changements dans l'enseignement des sciences physiques, en Allemagne, pendant les années 1960 (Werner B. Schneider)	295
Organisation de l'enseignement dans les deux Allemagne	295
L'enseignement en RFA au début des années 1960	297
Origine des changements	297
Réformes et développements de l'enseignement mathématique en R.F.A. depuis 1950 (Christine Keitel)	301
Les premières recommandations de la Kulturministerkonferenz	302
Les recommandations de 1968 : « Des mathématiques pour tous »	303
Instructions officielles et manuels	304
Une réforme bureaucratique	306
L'après-réforme	307
La réforme de Kolmogorov de l'enseignement des mathématiques en Union soviétique (Svetlana Petrova)	309
La mise en route de la réforme Kolmogorov	310
L'abandon de la réforme Kolmogorov	313
Mathématiques modernes et enseignement : le cas de la Belgique (Guy Noël)	317
La personnalisation	317
La cohérence	318
Le recyclage	319
Un semi-échec	320
Index des noms cités	323

Les changements dans l'enseignement des sciences physiques, en Allemagne, pendant les années 1960

Werner B. SCHNEIDER

Afin de mieux comprendre les réformes menées en Allemagne pendant les années 1960, il est nécessaire de rappeler brièvement l'organisation de l'enseignement et son évolution après 1945. Le système d'enseignement était alors complètement désorganisé et la reprise s'est effectuée avec des conditions initiales différentes pour les quatre zones d'occupation.

ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT DANS LES DEUX ALLEMAGNE

Un des principes fondamentaux de la constitution de la République fédérale allemande (RFA), fondée en 1949, est le fédéralisme. Le système d'éducation est placé sous la responsabilité de chaque *Land*. Le fédéralisme d'une part, les différences entre les zones après 1945 d'autre part, ont entraîné un développement particulièrement divergent en Allemagne de l'Ouest (programmes, organisation, horaires des classes, manuels, etc.). Seule la structure du système scolaire était commune à tous les *Länder*, celle-ci se basant, pour l'essentiel, sur les idées pédagogiques développées dans les années 1920 et même avant.

Les quatre premières années scolaires (A, cf. figure 1, page suivante) commencent pour tous à l'âge de 6 ans. Ensuite, les élèves, selon leurs résultats, peuvent opter entre trois filières : *Gymnasium*, *Realschule*, *Hauptschule* (filières B, C et D, cf. figure 1). La filière B (*Gymnasium*) se termine avec le baccalauréat (*Abitur*) et la filière C (*Realschule*) avec un examen nommé *Mittlere Reife*.

Après sa fondation en 1949, la République démocratique allemande (RDA) développe un système scolaire très différent de celui de la RFA. Le système est basé sur les conceptions socialistes d'une école unique développées vers la fin du XIX^e siècle. S'y sont ajoutées les idées d'une éducation polytechnique, en liaison directe avec les nécessités de la production et l'idéologie du marxisme-léninisme. L'organisation

de ce système d'éducation est centralisée et valable pour toute la RDA (programme unique, mêmes manuels, etc.). La structure est schématisée sur la figure 1.

Le point essentiel est la formation unique (*zehnklassige allgemeinbildende polytechnische Oberschule*, E sur la figure 1) reçue par tous les élèves durant les dix premières années scolaires et sanctionnée par un examen. Ensuite s'ouvre la possibilité de poursuivre, pendant deux ans, un cycle supérieur (*erweiterte Oberschule*, F sur la figure 1) qui prépare au baccalauréat.

Les deux systèmes allemands offrent à peu près le même nombre d'heures de cours par semaine. À partir de la 5^e année d'école, les élèves ont 30-36 heures d'école par semaine, réparties sur 6 jours (ici une « heure » signifie 45 minutes de cours). Les cours ont lieu, normalement, dans la matinée.

En RFA, à la fin des années 1950, l'enseignement de la physique commence (en moyenne pour les différents *Länder*) en 8^e année scolaire à raison de 2 heures par semaine, et ceci jusqu'au baccalauréat. Le nombre d'heures et la répartition sur les classes ont été modifiés pendant les années 1960.

âge : 6 ans

Nombre d'années scolaires

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					B : Gymnasium								
					Unter- u Mittelstufe						Oberstufe		
RFA	A : Grundschule				C : Realschule								
					D : Hauptschule								
RDA	E : allgemeinbildende polytechn. Oberstufe										F : erweiterte Oberstufe		

Fig. 1 : Structure des systèmes scolaires allemands

RFA : République fédérale allemande (Allemagne de l'Ouest)

RDA : République démocratique allemande (Allemagne de l'Est)

En RDA, l'enseignement de la physique commence en 6^e année scolaire à raison de 3 heures par semaine, 2 heures en 7^e et 8^e, 3 heures en 9^e et 10^e et 3 heures en 11^e et 12^e. L'enseignement des sciences physiques est pratiquement le seul qui ne soit pas influencé par l'idéologie, et la physique est enseignée comme dans les pays non socialistes. La structure du système scolaire, surtout pour l'enseignement de la physique, n'a pas beaucoup changé depuis les années 1960 jusqu'à la réunification en 1990, à part quelques modifications peu importantes.

Étant donné que le système scolaire n'a pas subi de réformes en RDA, en particulier pour ce qui concerne la physique au cours des années 1960-1970, nous nous limiterons désormais au cas de la RFA.

L'ENSEIGNEMENT EN RFA AU DÉBUT DES ANNÉES 1960

Les années 1950 sont caractérisées par une consolidation du système d'enseignement en RFA. En physique, il faut préparer de nouveaux manuels, réparer, acquérir et construire de nouveaux appareils pour pouvoir faire des expériences. Dans cette phase de reconstruction, il ne reste pratiquement pas de place pour les innovations. Cependant, on constate alors, avec beaucoup d'inquiétude, les divergences, le manque de cohésion du système scolaire en RFA et surtout son inadaptation aux besoins de la société dans un pays industrialisé.

Plusieurs commissions sont constituées pour préparer des réformes du système éducatif. La commission la plus importante est créée par l'état fédéral (*Deutscher Ausschuß für das Erziehungs- und Bildungswesen*). Cette commission publie, en 1960, un accord cadre (*Saarbrücker Rahmenplan*) sur les réformes envisagées. Cette proposition est basée sur les intentions suivantes : limitation du nombre de matières, restriction du contenu des matières par un choix paradigmatique, limitation à un noyau dur de connaissances, transformation de cours obligatoires en cours optionnels ou facultatifs.

Pour mettre en œuvre cette proposition, la commission conseille une réorganisation de tout le système scolaire. Cette suggestion est vivement contestée — par exemple par le *Förderverein für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*, la *Kultusministerkonferenz*, le *Philologenverband*, les Universités et le *Gesprächskreis Wissenschaft und Wirtschaft des Bundesverbandes der deutschen Industrie und des Stifterverbands für die Wissenschaft* —, et peu acceptée par la société. Mais les discussions entraînent cependant quelques modifications importantes pendant les années 1960. Ce n'est qu'en 1972 qu'on décide, sur la base de cet accord cadre, de changer complètement le système scolaire dans toute la RFA, essentiellement pour les trois années précédant le baccalauréat.

L'évolution de l'enseignement de la physique dans les années 1960 n'est pas révolutionnaire. Il n'y a pas de réformes importantes, mais des modifications, mieux décrites par le terme de « changement ».

ORIGINE DES CHANGEMENTS

Les changements introduits ont différentes origines. L'une d'elles réside dans la réforme de l'organisation du système scolaire. Une des modifications apportées, à la suite des propositions de l'accord cadre de 1960, concerne les trois années avant le baccalauréat au *Gymnasium*, avec l'introduction de filières de spécialisation en mathématiques et sciences expérimentales (incluant physique, chimie, biologie) d'une part et en langues vivantes ou anciennes d'autre part.

Cette réforme est accompagnée d'une augmentation de l'horaire des sciences physiques dans les branches mathématiques-sciences physiques et naturelles (3 heures

en 11^e, 5 heures en 12^e et 13^e années scolaires, par semaine) et par une diminution assez importante dans les autres sections (2 heures seulement par semaine en 11^e et disparition en 12^e et 13^e années scolaires). Ces changements d'horaires n'ont pas entraîné d'innovations dans l'enseignement de la physique. On a seulement augmenté ou réduit le contenu des programmes.

À première vue ce changement semble positif pour une formation approfondie en physique, conformément à un souhait largement partagé. En réalité, la majorité des élèves choisissant la filière langues, nombreux sont les jeunes qui, à la sortie du *Gymnasium*, ont une formation insuffisante en sciences physiques et naturelles et principalement en physique. Finalement, cette réforme n'a pas apporté les résultats escomptés.

Une autre cause des changements survenus dans les années 1960 dans l'enseignement de la physique est l'amélioration des conditions de cet enseignement et de l'équipement expérimental. Vers 1960 l'état fédéral fait un énorme effort budgétaire pour moderniser et compléter le matériel expérimental pour la physique et les autres sciences expérimentales, et ceci en priorité dans les *Gymnasien*. De plus, des salles spécialisées pour l'enseignement de la physique et pour les travaux pratiques sont construites dans les établissements. En particulier, un établissement sur deux, soit environ 750 *Gymnasien*, a reçu une somme de 12 000 DM pour acheter du matériel ce qui a permis d'introduire un enseignement de physique moderne — physique atomique et nucléaire remplaçant l'étude des vibrations, oscillations et ondes.

L'utilisation des appareils modernes tels que le μ -voltmètre, le μ -ampèremètre, le chronomètre électronique, le compteur électronique, etc., accompagnée de l'introduction de la physique moderne a provoqué une renaissance très importante de l'aspect expérimental des sciences physiques et entraîné une vague d'enthousiasme chez les enseignants. Cette vague d'enthousiasme a beaucoup influencé l'enseignement de la physique, en motivant élèves et professeurs. La motivation des professeurs, leur activité, se perçoivent à travers les nombreux articles sur les aspects expérimentaux et méthodiques publiés dans les journaux didactiques de cette époque. Une grande partie de ces propositions a été intégrée peu à peu dans les programmes.

Les années 1960 sont caractérisées également par des innovations apportées grâce à l'introduction de nouveaux médias dans l'enseignement. On utilise du matériel moderne conçu pour améliorer la visualisation comme le rétroprojecteur et le matériel audiovisuel. Mais les livres d'élèves, surtout, ont beaucoup changé. On peut noter une amélioration dans la présentation de la physique : utilisation des couleurs, illustrations, mise en page. L'utilisation d'un vocabulaire scientifique plus abstrait, une orientation de plus en plus marquée vers les calculs dans les problèmes posés sont d'autres caractéristiques de ces nouveaux manuels.

À l'étranger, au cours de ces années 1960, à la suite du « choc spoutnik », beaucoup d'activités sont lancées pour moderniser les programmes d'enseignement de la physique. En Allemagne, des professeurs prennent peu à peu connaissance de ces nouvelles idées grâce à la traduction et à l'introduction des publications du PSSC et du projet Nuffield, mais l'influence sur les programmes est négligeable. Cependant, sous l'impulsion des réformes étrangères pour l'enseignement des sciences physiques et naturelles — accueillies favorablement par l'opinion publique —, est fondé, à Kiel en 1965, un institut national pour la pédagogie des sciences physiques et naturelles ayant pour mission la préparation des nécessaires réformes. Une de ses premières activités a été de développer un curriculum pour les trois premières années d'enseignement de la physique en introduisant les idées développées à l'étranger. Mais, en raison du fédéralisme allemand, cette institution n'a pas eu une influence importante sur les programmes de physique dans les différents *Länder*. Seules quelques idées ont été incluses dans les programmes, telle que celle d'un « curriculum spiraliqne ». Une autre influence s'est exercée sur l'enseignement de la physique, pour un certain temps, celle de « l'enseignement programmé » venant des USA.

Par ailleurs, le succès d'une réforme ou d'un changement dépend beaucoup des circonstances externes, comme l'engagement des professeurs ou l'intérêt et la motivation des élèves. Au début des années 1960, on constate un vif intérêt pour la physique et les sciences expérimentales, qui est amplifié par la vague d'enthousiasme des professeurs. Tout change à partir de la fin des années 1960. Les élèves perdent de plus en plus d'intérêt pour la physique en raison d'un courant hostile à la technique, et par conséquent à la physique, ce qui perdure encore aujourd'hui.

L'enthousiasme, manifesté par les enseignants au cours des années 1960, retombe à la fin de la décennie en raison de l'accroissement très important et trop rapide du nombre d'élèves, ce qui provoque un déficit notable en professeurs et un manque de places dans les salles spécialisées. Ainsi, beaucoup d'innovations, commencées au début des années 1960, se perdent dans les sables à la fin de la décennie.

En fin de compte, l'enseignement de la physique en Allemagne n'a subi que des modifications légères pendant les années 1960, surtout en RDA. D'ailleurs les changements sont plutôt des modifications du contenu des programmes que l'introduction de nouvelles idées didactiques ou méthodiques. La seule modification méthodique s'effectue vers la fin des années 1960 avec l'introduction d'un « curriculum spiraliqne » dans les programmes pour les classes de la 8^e à la 10^e année scolaire. La réforme de 1972, qui touche seulement les trois dernières années avant le baccalauréat a, entre autres, introduit des cours optionnels. À la surprise générale, les élèves ont choisi de moins en moins le cours de physique, et cette tendance persiste aujourd'hui.

Il en résulte que l'enseignement de la physique a perdu beaucoup de son importance. Actuellement, on discute de l'opportunité de rendre obligatoires les cours de physique ; on modifie les programmes des trois premières années d'enseignement de la physique afin d'introduire des sujets pluridisciplinaires ; enfin, la structure d'un « curriculum spiraliqne » est abandonnée.

Bibliographie

- Klein (A.), *Ringem um die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung*, Bonn, Dümmler Verlag, 1991.
- Töpfer (E.) und Bruhn (J.), *Methodik des Physikunterrichts*, Heidelberg, Quelle et Meyer Verlag, 1979.
- Willer (J.), *Physik und menschliche Bildung*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1990.