

***CHANGEMENTS ET RÉSISTANCES À PROPOS DE L'INTÉGRATION DES NOUVELLES
TECHNOLOGIES DANS L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE AU PRIMAIRE***

Teresa Assude

Université de Provence, IUFM d'Aix-Marseille, UMR ADEF
2 av Jules Isaac, 13626 Aix-en-Provence, France
t.assude@aix-mrs.iufm.fr

Résumé : A travers l'étude d'un cas particulier – les calculatrices dans l'enseignement des mathématiques à l'école primaire – il s'agit d'étudier les types de changements et des résistances induits par l'intégration de cet artefact en comparant la situation en France et en Grande-Bretagne. Nous postulons ensuite que le modèle mis en évidence peut s'appliquer à d'autres technologies et à d'autres disciplines scolaires.

Abstract : Comparing French and British mathematics teaching in primary school we study the changes and resistances introduced by the integration of calculators. Then we make the hypothesis that this model can be used for other technologies and other contents.

Mot-clés : changements – résistances – enseignement des mathématiques – calculatrices – école primaire

Keywords : changes – resistances – mathematics teaching – calculators – primary school

1 INTRODUCTION

La calculatrice est un outil qui existe depuis très longtemps dans la société et qui a été introduit dans les programmes français à l'école primaire dès 1985. Or il semble (même s'il n'y a pas d'étude statistique là-dessus) que cet outil, vingt ans plus tard, n'est pas vraiment entré d'une manière systématique dans les classes. Ce phénomène nous interpellait : pourquoi cette résistance ?

Notre travail essaie de répondre à cet étonnement et à cette interpellation. Pour cela nous nous sommes donné comme objectif de préciser les types de changements et de résistances induits par les calculatrices en comparant plusieurs pays (notamment la France et l'Angleterre) au niveau des textes officiels et des représentations des stagiaires. Ce premier aspect sera ensuite élargi à la question de la formation : quel rôle joue la formation pour que les stagiaires commencent à intégrer cet outil dans les classes ? Quels sont les usages des calculatrices qui apparaissent dans les ressources dont disposent les stagiaires (et aussi les enseignants en général), comme par exemple les manuels ou autres documents ? Ce travail est en cours et dans cette communication, nous ne traiterons que du premier aspect.

2 CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Ce travail est fait dans le cadre d'un projet de recherche intitulé « *Genèses d'Usages Professionnels des Technologies chez les Enseignants* » (GUPTEN), piloté par Jean-Baptiste Lagrange (équipe DIDIREM, Université Paris 7) et financé par le Ministère de l'Éducation et de la Recherche. Cette recherche « *se situe dans le cadre de l'étude de la professionnalité enseignante, particulièrement en situation instrumentée. Elle considère des usages émergents des technologies dans deux directions principales : - la conception, l'utilisation et la mutualisation de ressources pédagogiques informatisées ainsi que la constitution de communautés autour de ces ressources chez les enseignants en poste ; - les premiers usages en situation professionnelle par les stagiaires d'IUFM et néo-titulaires. Elle part du constat que peu d'usages réels existent aujourd'hui. L'hypothèse est que, dans les deux directions, il existe des facteurs favorables au développement des pratiques permettant de prévoir une plus grande généralisation mais que certains facteurs faisant obstacle aux usages vont résister. Il s'agit de comprendre comment, à partir de précurseurs favorables et d'obstacles prévisibles, des usages durables des technologies, marquant une certaine rupture avec les pratiques dominantes dans le métier, peuvent se développer.* » (Lagrange et al, 2007)

Dans ce cadre là, nous avons choisi de travailler sur les usages des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques à l'école primaire car le rapport à ce type d'artefact nous interpellait. Comme nous avons dit, nous avons pris une approche comparatiste pour essayer de dégager les types de changements et de résistances aux usages des calculatrices dans les classes du primaire.

Pour aborder ce problème, nous avons analysé d'une part les textes officiels anglais et français pour comparer les discours tenus par rapport aux calculatrices à l'école primaire et plus particulièrement les arguments avancés pour utiliser la calculatrice. D'autre part, nous avons repris et interprété à la lumière de nos questions des articles et des rapports à propos d'un projet de recherche en Angleterre pour introduire les calculatrices à l'école primaire (le projet CAN, voir Assude 2006) Ensuite nous avons élaboré un questionnaire que nous avons fait passer à des professeurs stagiaires (PE2) (environ 100 stagiaires anglais, 40 irlandais, 118 français). Il s'agit de repérer les représentations les plus fréquentes de ces stagiaires relativement à l'usage des calculatrices par les élèves. Nous ne présentons ici que les réponses des 118 PE2 français.

Comme nous allons nous intéresser aux changements et aux résistances induits par l'intégration des TICE dans les classes de mathématiques, nous allons présenter un modèle qui constitue l'ensemble d'indicateurs que nous prenons pour nos premières analyses.

3 LE MODÈLE FADE(V)-PISTE

Les changements peuvent être pris au double sens de l'acte de changer et de l'état qui résulte de cet acte. Le premier sens correspond à des questions comme : pourquoi change-t-on ? Que change-t-on ? Comment

change-t-on ?, questions qui se rapportent aux raisons d'être, aux objets et aux formes du changement. Le deuxième sens répond à des questions comme : les effets attendus des changements ont-ils été réalisés ? Y a-t-il d'autres effets inattendus ?, questions qui correspondent aux résultats, aux effets du changement.

Nous allons considérer un certain nombre d'indicateurs qui nous permettent de construire notre modèle. Ces indicateurs sont les suivants :

- facteurs du changement
- acteurs du changement
- degré du changement
- valeur du changement
- effets du changement

Les *facteurs* du changement peuvent être divers. Le traitement de cette question doit être spécifié par rapport aux objets d'étude mais deux paradigmes du changement social et éducatif ont été identifiés par des sociologues : celui de l'équilibre et celui du conflit. Dans le paradigme de l'équilibre, le changement est vu soit comme une progression vers plus de différenciation et de spécialisation sociale et culturelle soit comme un processus lent et régulateur face aux dysfonctionnements du système. Dans ce paradigme, ce qui est mis en avant est le maintien d'un ordre et d'une stabilité, et la recherche de l'équilibre est faite par des processus régulateurs. Dans le paradigme du conflit, la contradiction émergeant de la tension entre l'ancien et le nouveau est l'un des facteurs essentiels du changement. La notion de conflit est ici essentielle, ainsi que les effets de « retournement » ou les effets « inattendus », c'est-à-dire les résultats des actions qui ne correspondent pas aux buts poursuivis.

Les *acteurs* des changements peuvent être pluriels : ils peuvent être des personnes ou des institutions. Nous nous intéresserons aux élèves, aux enseignants mais aussi aux parents des élèves ou autres acteurs sociaux qui peuvent être à l'origine des changements. Un élément important est l'adhésion ou le refus des changements de la part des acteurs.

Le *degré* du changement est un indicateur important car il nous permet de le situer dans une dialectique ancien-nouveau. Il peut avoir des « petits » changements et des grands changements qui n'induisent pas forcément les mêmes effets et n'induisent pas les mêmes adhésions ou résistances. Lorsque la distance entre l'ancien et le nouveau est trop grande, cela peut provoquer des fortes résistances, voire des oppositions qui peuvent empêcher le changement ou faire reculer certaines avancées.

La *valeur* du changement peut être économique ou symbolique. Dans ce cas, nous nous intéressons au type de rhétorique qu'on peut construire pour légitimer ces changements : ces rhétoriques doivent montrer, par des arguments divers comme des arguments épistémologiques, que le changement vaut la peine. Le coût du changement est aussi un élément à prendre en compte en ce qui concerne la valeur du changement.

Quels sont les *effets* des changements ? Les effets attendus ont-ils été réalisés ? Y a-t-il d'autres effets inattendus ? Les effets du changement peuvent être voulus ou non voulus. Il nous semble important d'insister sur ces derniers effets, les *effets* « *malgré soi* ».

Il existe des liens entre les changements (voulus ou non) et les résistances des traditions, des acteurs, des forces d'inertie des systèmes. Ces résistances peuvent être actives ou passives, peuvent être des obstacles mais aussi des leviers pour trouver des équilibres ou pour garder des équilibres structurels ou fonctionnels. Les résistances peuvent être partout et elles se manifestent soit en ce qui concerne les facteurs, ou les acteurs, ou le degré, ou la valeur ou les effets des changements. Les indicateurs que nous allons prendre en compte sont les suivants :

- types de résistances
- actions des résistances

Les *types* de résistances peuvent être divers : nous allons prendre en compte les résistances personnelles, sociales et/ou institutionnelles, épistémologiques, éthiques, économiques, symboliques et temporelles. Les

résistances symboliques ont une importance certaine comme nous l'avons observé car elles peuvent se heurter à des « rituels » culturels depuis très longtemps naturalisés.

Les résistances agissent sur les changements comme des forces, des forces d'opposition, ou des inerties ou des forces d'adhésion. Les *actions* des résistances ne sont pas forcément négatives au changement, elles peuvent être des leviers. Par exemple, le fait de produire des ressources qui montrent aux maîtres comment ils peuvent utiliser les calculatrices pour apprendre les nombres et non seulement pour calculer peut être un moyen de transformer une résistance didactique (au sens strict) – ne pas avoir des moyens d'organisation mathématique et didactique – en une adhésion des acteurs impliqués.

La figure 1 permet de synthétiser les éléments du modèle FADE-(V)-PISTE.

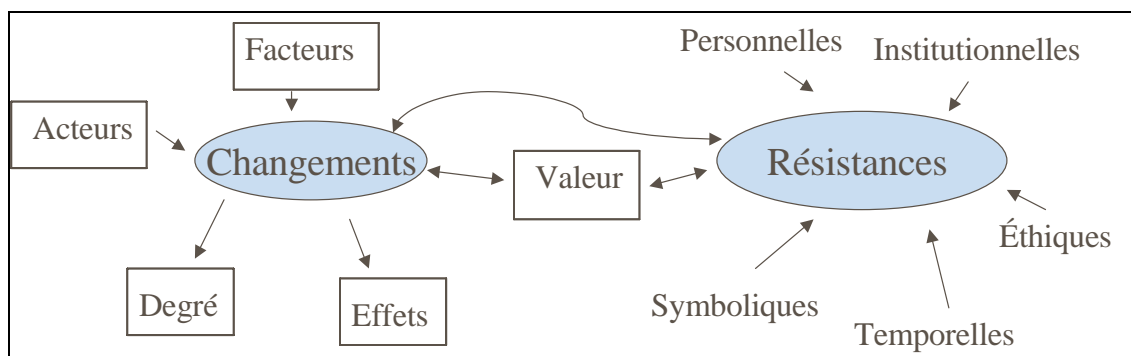


Figure 1 - Modèle FADE-(V)-PISTE

4 TYPES DE CHANGEMENTS ET DE RÉSISTANCES

L'intégration de la calculatrice concerne plusieurs types de changements : des changements *épistémologiques et didactiques* car le calcul doit être repensé du point de vue du travail mathématique (relations entre différents moyens de calcul) ; des changements *cognitifs* et personnels en ce qui concerne les attitudes et motivations des élèves, l'apprentissage du calcul mental, la résolution de problèmes et la compréhension des nombres ; des changements *pédagogiques* car les méthodes de calcul posées ne doivent pas être le but unique et essentiel de l'apprentissage du calcul ; des changements *matériels* qui impliquent des changements *éthiques* car la disponibilité des calculatrices implique un nouveau partage de responsabilités. Ces changements impliquent plusieurs acteurs : les élèves, les maîtres essentiellement mais les parents peuvent avoir un rôle. L'usage des calculatrices concerne les élèves car ils doivent avoir un autre rapport au calcul (mental, instrumenté et posé) mais cela implique aussi que les maîtres s'investissent et changent leurs pratiques en proposant des activités diverses. Le degré des changements dans les pratiques des enseignants est plus ou moins grand selon la distance entre ce que l'enseignant faisait auparavant et ce qu'il va faire par la suite (« juste distance » entre l'ancien et le nouveau).

L'introduction des calculatrices se heurte à une forte *résistance symbolique* : représentation des mathématiques enseignées à l'école primaire à travers deux rituels, celui de l'apprentissage des tables de multiplication et celui de l'apprentissage des techniques opératoires traditionnelles. Cette ritualisation des mathématiques enseignées est très ancrée dans la culture des enseignants et même des parents et l'introduction des calculatrices casse cette ritualisation : « nos enfants vont-ils apprendre à calculer ? », « comment allons-nous reconnaître que nos enfants ont bien appris à calculer ? ».

Une représentation sociale qui est aussi partagée par certains professeurs et parents est celle qui associe l'utilisation des calculatrices au fait d'empêcher les élèves d'apprendre à calculer. Cette représentation peut se transformer en *résistance sociale ou personnelle* surtout de la part des professeurs qui ne sont pas du tout convaincus du gain apporté par l'usage des calculatrices et estiment qu'il faut continuer à enseigner les techniques opératoires. Cette résistance se focalise sur la question « Les élèves vont-ils mieux apprendre à calculer avec les calculatrices ? », question à laquelle est difficile à répondre sans faire des travaux de recherche. Une autre résistance est une *résistance éthique*. La disponibilité des calculatrices et la responsabilité du choix d'utilisation par l'élève se heurtait aussi au mode de fonctionnement de l'école primaire où le partage des responsabilités entre le maître et l'élève est bien délimité. Cette résistance

s'oppose à ce changement éthique qui implique que l'élève ait plus de responsabilités dans son apprentissage.

Ces résistances suscitent des oppositions très fortes à cette introduction des calculatrices en raison des effets que cela impliquerait du point de vue des rituels, des représentations et de la responsabilité.

Certaines résistances viennent de l'implémentation dans les classes et de l'organisation du travail mathématique. Les techniques opératoires ont montré leur efficacité, leur stabilité dans le curriculum. Ces techniques, lorsqu'on les apprend sans difficulté, sont des techniques concises par rapport à d'autres techniques écrites, et en plus les techniques traditionnelles sont communes à tous les élèves. Or utiliser des techniques personnelles implique qu'il peut y avoir une multitude de réponses pour le même type de tâches. Le professeur ne peut pas faire alors l'économie de faire parler les élèves sur leurs techniques, d'instaurer un partage et une communication sur ces techniques. Cette multitude de réponses introduit une complexité dans la gestion du travail mathématique de l'élève. Ces difficultés de gestion nourrissent autant de *résistances institutionnelles et personnelles* au changement. Quels sont les moyens de vérifier et de corriger les erreurs que les élèves peuvent commettre en utilisant les calculatrices ? Les techniques opératoires permettent à l'élève et au professeur de corriger les erreurs éventuelles car il y a une trace, une mémoire du travail de l'élève. Or si l'on utilise les calculatrices cette trace n'est pas visible. Les techniques écrites ont à la fois une dimension instrumentale (elles permettent de faire le calcul) et une dimension ostensive (elles permettent de montrer ce qu'on a fait, c'est une mémoire du travail accompli). Or l'usage des calculatrices a bien une dimension instrumentale mais non une dimension ostensive, et si les élèves se trompent, les maîtres n'ont pas le moyen de vérifier où ils se sont trompés. Les enseignants peuvent surmonter cette difficulté s'ils pensent que cela en vaut la peine, en demandant aux élèves de garder certaines traces de leurs calculs.

D'autres résistances sont liées à la méconnaissance de ce qu'on peut faire d'autre avec les calculatrices que de calculer, par exemple faire travailler sur les propriétés des nombres. Le fait de ne pas avoir de ressources pour faire autre chose que ce qu'on sait faire peut devenir une résistance pour changer. Que faire faire alors aux élèves ? Quels sont les types de tâches ? Quelles relations entre la dimension instrumentale et la dimension conceptuelle ? Comment évaluer les élèves ? Quelle est la progression à mettre en œuvre ? Une autre résistance personnelle est celle de pouvoir accepter qu'on peut ne pas savoir tout de suite donner une réponse aux élèves s'ils demandent comment utiliser certaines touches de la calculatrice ou s'ils demandent certains savoirs pour lesquels on n'a pas la réponse : par exemple, que répondre aux élèves sur les nombres négatifs qu'ils vont rencontrer probablement avec les calculatrices ? Il y a aussi des résistances personnelles au « *trop de changement* » : si la distance est trop grande entre ce qu'on fait et ce que les changements induisent, beaucoup de professeurs peuvent être réticents au changement.

5 REPRÉSENTATIONS DES PROFESSEURS STAGIAIRES FRANÇAIS

La population française est formée par 118 de PE2 de l'académie d'Aix-Marseille. C'est un effectif réduit au niveau nation et environ un cinquième des PE2 de cette académie. Cette population de PE2, est convaincue de l'importance d'utiliser les calculatrices à l'école primaire (87% disent oui) mais l'obligation de le faire est encore plus importante (92%). Il existe toutefois certains PE2 qui affirment que ce serait mieux d'introduire cet outil au collège (4%). Si cette importance est « acquise » (au moins dans le discours) il demeure toutefois un certain nombre d'eux qui considèrent que la calculatrice est un obstacle pour que l'élève apprenne à calculer (14%) et que la calculatrice est un bon moyen de calcul dans la vie de tous les jours mais pas à l'école (15%). Ce pourcentage est encore plus important pour opposer calcul mental et calcul instrumenté car 35% affirment que cet outil est un obstacle au calcul mental. Pour 94% d'entre eux, il ne faut pas utiliser la calculatrice à l'école de la même manière qu'on l'utilise dans la vie et 65% considèrent qu'il ne faut pas utiliser une calculatrice durant l'apprentissage initial des techniques opératoires. Même si ces stagiaires pensent que les élèves apprennent à se servir de cet outil en dehors de l'école (47%), ils affirment que les enseignants doivent apprendre aux élèves à se servir d'une calculatrice (97%).

Nous allons donner quelques arguments qui apparaissent dans les réponses des PE2 à partir de citations prises dans les questionnaires :

5.1 Inventaire des arguments qui semblent importants pour justifier l'utilisation de la calculatrice

- « les technologies de plus en plus présentes »
- « vérifier ses résultats »
- « pour une meilleure estimation de l'ordre des grandeurs »
- « travailler la numération »
- « soulager la surcharge cognitive liée à des calculs longs »
- « permettre de faire des problèmes difficiles »
- « résolution de problèmes : pour que l'opération ne soit pas un obstacle »
- « résoudre des problèmes sans connaître les techniques opératoires dans le but seul de comprendre le sens des opérations »
- « outils de calcul dans la vie quotidienne »
- « si l'objectif est autre que de calculer (exemple chercher) »
- « elle permet de proposer des exercices avec des nombres plus élevés »
- « se préparer à son utilisation au collège »
- « autocorrection »
- « familiarisation avec l'outil technologique »
- « être au courant de son existence et de ses possibilités »
- « apprendre à se servir de l'outil »
- « quand le sujet de la séance n'est pas du domaine mathématique, cela peut être utile »
- « avoir un résultat sans savoir la technique opératoire (exemple la division de grands nombres)
- « rapidité des calculs »
- « palliatif aux calculs non maîtrisés »

5.2 Inventaire des arguments qui semblent importants contre l'utilisation de la calculatrice

- « empêche le calcul mental, la réflexion si les élèves ont toujours à disposition des calculatrices »
- « c'est la facilité »
- « obstacle aux apprentissages »
- « n'aide pas la recherche personnelle et à l'effort intellectuel nécessaire »
- « favoriser le calcul mental et posé »
- « ne plus faire de calcul mental et de calcul posé »
- « elle ne remplace pas l'apprentissage de la technique opératoire »
- « y avoir recours pour n'importe quelle situation »
- « nécessité de comprendre les procédures de calcul et les modes opératoires »
- « grands nombres qui n'entrent pas à l'écran »
- « un certain nombre de résultats sont à mémoriser (tables) car sont plus rapidement retrouvés que si on les calcule à la calculatrice »
- « si la calculatrice est trop utilisée, elle devient un moyen de facilité pour l'élève qui n'aura pas compris le sens de ce qu'il calcule »

- « il ne faut pas l'utiliser à n'importe quel moment »
- « peut enlever l'intérêt de poser par écrit une opération »
- « systématiser son utilisation au détriment du calcul mental »
- « faire que les élèves n'en deviennent pas dépendants »

Cet inventaire d'arguments n'est pas exhaustif et nous retrouvons les arguments donnés par l'institution. Ces PE2 ont répondu à ce questionnaire avant une formation (en PE2) aux usages des calculatrices mais ils avaient déjà eu une formation en PE1 (au moins une partie d'entre eux, non quantifiée). D'ailleurs dans le dispositif de formation de ces groupes, le questionnaire est un moyen de lancer ce travail. Ces stagiaires semblent sensibles aux apports de la calculatrice (identification des facteurs ou de la valeur des changements) mais des résistances symboliques et éthiques apparaissent souvent. Cela concerne une opposition entre le calcul instrumenté et le calcul mental ou posé qui n'apparaît pas dans les textes officiels et la question de la disponibilité des calculatrices (« il ne faut pas l'utiliser à n'importe quel moment », « il ne faut pas l'utiliser comme dans la vie de tous les jours ») ou de la systématisation de l'usage (« moyen de facilité »).

6 GENÈSES D'USAGES PROFESSIONNELS DES TECHNOLOGIES

Ce travail met en évidence un certain nombre de conditions pour l'émergence d'usages professionnels mais nous ne pouvons pas les généraliser car nous considérons notre travail comme une étude de cas. Voilà ces conditions :

- conditions « matérielles »
- conditions « économiques »
- conditions « didactiques »

Presque 90% des stagiaires affirment qu'ils pensent utiliser la calculatrice dans leur pratique professionnelle. Nous ne savons pas ce qu'il en sera réellement mais il semble que les conditions existent pour générer des usages professionnelles. Des conditions « matérielles » car les calculatrices sont des outils accessibles et disponibles, que les élèves peuvent avoir facilement : il y a un degré d'accessibilité matérielle qui est important (on n'a pas besoin de sortir de sa classe, etc.). Des conditions « économiques » qui permettent aux stagiaires d'attribuer une valeur d'usage à la calculatrice : ils attribuent une valeur à l'usage qu'on peut en faire, ce qu'on gagne en le faisant. Des conditions « didactiques » puisque ils ont une idée des emplois qu'on peut en faire avec les élèves.

Nous allons donner deux exemples paradigmatiques de la formulation par des stagiaires de l'importance de ces conditions. Un stagiaire affirme qu'il va utiliser la calculatrice dans sa pratique professionnelle à n'importe quel niveau de classe : « Je pense qu'il est important d'utiliser la calculatrice à l'école primaire mais il faut bien choisir les situations dans lesquelles on l'utilise. On peut par exemple l'utiliser dans la résolution de problèmes pour alléger les calculs et permettre aux élèves de se centrer sur la procédure de résolution. » Un autre affirme aussi : « Faire que les élèves n'en deviennent pas dépendants mais qu'ils sachent l'utiliser à bon escient : comme outil de vérification ou comme aide pour aller plus vite (faciliter les calculs dans des problèmes avec beaucoup de nombres) ».

Ces exemples montrent que la valeur d'usage est vraiment importante ainsi que le fait d'envisager des situations d'enseignement et d'apprentissage où la calculatrice est mise en usage effectivement et efficacement.

7 BIBLIOGRAPHIE

ASSUDE T. Formation, recherche et enseignement : changements, stabilités et résistances à propos de l'arithmétique. In : ROUCHIER A (ed). *Actes de la XXIIIème Ecole d'été de didactique des mathématiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage, 2007, (sous presse).

ASSUDE T. Mudanças e resistências na evolução do currículo de matemática. Estudo de caso sobre as calculadoras na escola primária. In : PONTE JP & VEIA L.. *Currículo e Desenvolvimento Curricular em Matemática*. Lisboa, 2007, (sous presse).

GUIN D & TROUCHE L Coord. *Calculatrices symboliques. Transformer un outil en un instrument de travail informatique : un problème didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage, 2002, 391pages.

LAGRANGE JB, BESSIERES D et al (ed). *Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants*. Rapport intermédiaire du projet GUPTEN. Janvier 2007.

RUTHVEN K. The Pedagogy of Calculator Use. In : THOMPSON I (ed) *Issues in teaching numeracy in primary schools*. Buckingham : Open University Press, 1999, pp.195-206.

SHUARD H, WALSH A, GOODWIN J & WORCESTER V. *Calculators, Children and Mathematics*. London: Simon & Schuster Ltd, 1991.

SHUARD H. *Primary Mathematics Today and Tomorrow*. London: SCDC publications, Longman, 1986.

THOMPSON (ed), *Issues in Teaching Numeracy in Primary Schools*. Buckingham: Open University Press, 1999.