

# Enjeux pour le développement de compétences pour l'intégration de ressources numériques chez des enseignants de mathématiques

Ana Isabel **Sacristán**

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav), [asacrist@cinvestav.mx](mailto:asacrist@cinvestav.mx)

## Résumé

Depuis une dizaine d'années, j'ai participé, au Mexique, à divers programmes de formation d'enseignants de mathématiques pour l'intégration de ressources numériques dans leurs pratiques enseignantes, où l'on a suivi les difficultés auxquelles beaucoup de ces enseignants font face dans leur pratique. On a observé que le développement de compétences technologiques et didactiques pour une utilisation significative des ressources numériques dans les pratiques enseignantes des professeurs de mathématiques est assez complexe et exige une période d'adaptation de plusieurs années. Parmi les difficultés identifiées se trouvent les suivantes : au Mexique, beaucoup d'enseignants, surtout ceux d'éducation primaire et du premier cycle du secondaire des écoles publiques, ont des notions de base très limitées à la fois sur l'utilisation des TIC et sur les mathématiques, ce qui explique que les programmes de formation soient plus difficiles à réaliser. De plus, la plupart des programmes de formation sont trop courts, en dépit du besoin d'un soutien continu des enseignants. On trouve donc beaucoup de peurs et d'insécurité chez les enseignants, ce qui conduit à ce qu'ils évitent les usages des ressources numériques dans leur pratique. Une intégration significative des ressources numériques implique aussi un changement des méthodes d'enseignement, mais il est très difficile de changer les cultures scolaires existantes.

## Mots clés

Intégration technologique, enseignants de mathématiques, compétences, formation professionnelle, ressources numériques

## 1. Introduction

L'intégration des ressources numériques dans les salles de classe est, évidemment, une nécessité inhérente au monde contemporain. Mais cette intégration, si l'on veut qu'elle soit effective, n'est pas simple. Ici, j'aborde le thème de l'intégration des ressources numériques dans l'enseignement des mathématiques, et les enjeux qui se présentent pour le développement de compétences chez les enseignants, surtout dans des pays comme le mien : le Mexique. J'aborde ce thème à partir de données résultant de ma participation à divers programmes (locaux ainsi que nationaux) de formation d'enseignants et de recherches à ce sujet, où l'on a suivi les enjeux auxquels beaucoup de ces enseignants ont à faire face quand ils essaient d'utiliser les ressources numériques dans leur pratique. Il s'agit donc d'une synthèse de résultats et d'observations dérivés de mes expériences personnelles pendant dix ans.

## 2. Contexte et aspects méthodologiques

En 1997, un programme national a été mis en place au Mexique par le Ministère d'Éducation nommé « Enseignement des Mathématiques avec Technologies (EMAT) » à utiliser dans les écoles du premier cycle du secondaire (étudiants de 12-15 ans), des ressources numériques – en particulier des logiciels « expressifs universels », tels que les tableurs numériques, les logiciels de géométrie dynamique, les calculatrices graphiques et l'environnement de programmation Logo – avec un modèle pédagogique et un modèle d'intégration avec formation et support pour les enseignants (Rojano, 2006). Ce programme a été commandité par le gouvernement fédéral jusqu'au début de 2007 et se poursuit encore au niveau régional dans plusieurs zones du pays. Pendant les années 2001 à 2006, j'ai participé à ce programme comme spécialiste nationale en développant du matériel didactique pour EMAT, et en conduisant, dans plusieurs régions du Mexique, des ateliers de formation pour les enseignants d'écoles publiques visant à permettre l'utilisation des ressources numériques et du matériel d'EMAT. Durant cette période, j'ai aussi conduit des observations hebdomadaires pendant deux ans dans deux des écoles participantes au programme, en suivant le travail en classe de neuf enseignants (voir Sacristán & Esparza, 2006). De 2007 jusqu'à ce jour, j'ai conduit encore d'autres ateliers de formation d'enseignants commandités par des autorités régionales, ou des institutions privées, avec le même but : j'ai ainsi participé à la formation de plus d'un millier d'enseignants pour le programme EMAT.

Relativement à ce programme, pendant les années 2004-2007, j'ai agi comme coresponsable d'un projet d'évaluation nationale de la mise en pratique, dans tout le pays, des programmes d'Enseignement avec Technologies pour les Mathématiques et les Sciences, dont EMAT, où deux des questions de recherche étaient : comment les enseignants assimilaient-ils les idées principales du programme? Et comment utilisaient-ils les ressources numériques du programme dans leurs classes? Au cours de ce projet (voir Trigueros & Sacristán, 2008), on a effectué des observations et conduit des entretiens avec les enseignants et certains étudiants de vingt écoles dans différentes régions du pays. Pour les observations, on a utilisé une grille catégorisée (par exemple, certaines catégories concernaient la compréhension, par les enseignants, des activités qu'ils ou elles mettaient en place; le type et la fréquence des interventions qu'ils faisaient pendant ces activités; leur confiance en eux-mêmes). Comme complément au travail de recherche dans ces vingt écoles, on a aussi mené une enquête et des tests en mathématiques (sur les thèmes du programme officiel comprenant quarante questions d'arithmétique, algèbre et géométrie) pour les élèves de 320 écoles dans tout le pays.

D'autre part, de 2005 à 2010, on a mené des études de cas de six enseignants en service (deux du niveau primaire, les autres du premier cycle de secondaire) participant à un cours de Master de quatre ans en didactique des mathématiques (voir Sacristán, Sandoval, & Gil, 2009, 2011). Dans ce programme de Master, on a voulu favoriser le développement des compétences de ces enseignants en leur demandant de concevoir et mettre en place dans leur pratique enseignante des activités qui intégraient des ressources numériques; et puis de s'engager dans la réflexion sur l'action (Bjulan, 2004) des changements subis dans leurs pratiques comme conséquence de cette intégration technologique. De manière parallèle, ils ont aussi observé leurs collègues enseignants (non participants au cours de Master) pour repérer les difficultés auxquelles ils faisaient face quand ils essayaient d'utiliser des outils numériques dans leurs classes. Toutes les observations de ces six participants ont été rapportées par écrit de telle façon qu'elles ont servi comme données pour notre travail de recherche. Le cadre théorique et méthodologique pour intégrer ces tentatives d'innovation pédagogique avec la recherche sur l'apprentissage des enseignants repose sur les travaux de García, Sánchez, Escudero et Llinares (2006), ainsi que sur celui de Artzt et Armour-Thomas (1999). Grâce à ce travail à long terme, on

a pu suivre de près les difficultés auxquelles ces enseignants ont fait face quand ils ont essayé d'intégrer les technologies dans leurs pratiques et, à travers eux, dans celles de leurs collègues.

Plus récemment, au cours des dernières années, on a analysé des données de presque 200 enseignants du secondaire (soixante et onze du premier cycle de secondaire, et le reste du deuxième cycle) pour voir comment ces enseignants utilisent les ressources numériques dans leurs pratiques, les facteurs qui influencent et limitent cet usage, et les connaissances des enseignants des potentiels des technologies émergentes pour favoriser l'apprentissage mathématique (voir Sacristán, Parada, & Miranda, 2011). Pour cette étude, qui est maintenant en expansion pour les enseignants du deuxième cycle, on utilise comme outils méthodologiques des enquêtes, des entretiens et des observations en classe.

La plupart de ces diverses recherches ont utilisé une méthodologie de type *Design-based research* (Brown, 1992; Collins, 1992; Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004) pour documenter de façon itérative (Lesh, 2002) le développement des enseignants (et de leurs étudiants) dans le contexte éducatif, en combinant des approches qualitatives et quantitatives. Les documents recueillis au cours de chaque étape donnent suffisamment d'informations pour comprendre le fonctionnement du contexte éducatif et pour valider les résultats de la recherche. Ainsi, tous les projets susmentionnés ont fourni une mine d'informations sur les difficultés rencontrées par les enseignants, et pour leur formation, liés à l'inclusion des technologies numériques dans l'enseignement des mathématiques. D'autre part, on utilise les conceptions dérivées du travail de Shulman (1986) et de son *pedagogical content knowledge* (PCK) pour décrire les savoirs et connaissances que les enseignants doivent développer.

### **3. Les enjeux pour le développement de compétences technologiques chez les enseignants**

Pour vraiment profiter du potentiel des ressources numériques, et pour intégrer ces ressources de manière significative dans les salles de classe, les enseignants doivent développer de nouvelles compétences, s'adapter aux changements apportés par ces ressources, comprendre comment utiliser les outils pour exploiter leur potentiel, modifier leurs pratiques afin de promouvoir un apprentissage significatif de leurs élèves.

La participation aux projets énumérés ci-dessus a montré plusieurs aspects de la réalité de beaucoup des enseignants du Mexique, ainsi que de l'usage qu'ils ont tendance à faire dans les salles de classe de mathématiques des technologies numériques. Dans la suite, certains des aspects plus significatifs sont développés.

#### **3.1 Fondements de base : compétences mathématiques et familiarité informatique**

Pour le développement des compétences technologiques et pour développer un savoir technologique et pédagogique des contenus (Mishra & Koehler, 2006), il faut d'abord avoir certaines compétences de base. D'un côté, dans les programmes de formation, on espère une certaine familiarité de base avec les outils informatiques. D'autre part, les connaissances des contenus mathématiques (*mathematical content knowledge* – Ball, 1988) sont nécessaires pour avoir des connaissances pédagogiques des contenus et des ressources numériques (PCK et TPCK). Cependant, pendant les programmes de formation pour l'intégration de ressources numériques auxquels j'ai participé, une des plus grandes difficultés qu'on a rencontrées fut les faiblesses dans

les compétences mathématiques des enseignants. La formation professionnelle pour développer un savoir (TPCK) sur comment utiliser les ressources numériques d'une manière pédagogique et pour renforcer les contenus est donc plus difficile. De plus, l'utilisation des ressources numériques fait que ces faiblesses sont plus évidentes. Donc, un problème réside dans le fait que les enseignants essaient d'utiliser des ressources numériques dans leur pratique, souvent leurs faiblesses mathématiques émergent et ils se sentent exposés, et cela entraîne une résistance envers l'utilisation de ces ressources.

Un autre problème, dans notre pays, est le manque de familiarité informatique de beaucoup d'enseignants. Quand le programme EMAT a commencé en 1997, c'était la première fois que la plupart des enseignants participants manipulaient un ordinateur (Rojano, 2006). Ceci a fait qu'une partie des ateliers de formation pour l'utilisation des ressources numériques du programme a été dédiée à l'enseignement de fondements technologiques de base, par exemple, apprendre à allumer un ordinateur ou à utiliser une souris, avant de pouvoir enseigner les aspects techniques d'un logiciel et ses usages pédagogiques. Dans les quinze années suivantes, ceci a bien sûr changé grâce à la diffusion des technologies dans la société mais, à notre grande surprise, beaucoup moins de ce qui aurait pu être attendu, comme le montre l'exemple suivant.

En 2010, on a travaillé avec une communauté de soixante et onze professeurs de mathématiques d'écoles publiques du premier cycle du secondaire, et l'on a voulu qu'ils puissent accéder à une plateforme en ligne pour avoir accès aux ressources pour leur pratique enseignante et qu'ils puissent participer à des forums de discussion (voir Sacristán, Parada, & Miranda, 2011). Pour cela, les enseignants n'avaient qu'à remplir un petit formulaire d'inscription avec leurs nom et courriel, mais très peu des enseignants se sont enregistrés. Pendant un atelier pour enseigner aux participants l'usage de la plateforme, on a été très surpris de voir leur manque de connaissance sur les TIC : certains enseignants ne savaient même pas comment utiliser un ordinateur (la souris, le clavier, etc.); la plupart d'eux ont admis ne pas savoir comment utiliser un navigateur Web et, bien que certains aient déjà utilisé des ordinateurs pour le traitement de texte, ils ne comprenaient pas le fonctionnement des fenêtres des applications et des navigateurs; plus d'un tiers d'entre eux n'avaient même pas un compte de courriel personnel et pour la moitié de ceux qui en avaient, leurs comptes avaient été mis en place par leurs enfants et ils ne savaient pas l'utiliser. En observant leur utilisation du courriel pendant l'atelier, on a pu constater que plusieurs d'entre eux ne savaient pas où rédiger le message (par exemple, ils essayaient d'écrire le message dans la case pour le sujet du courriel). Par conséquent, l'inscription et l'accès au site sont devenus un grand obstacle. Malgré les mesures correctives de notre part, de nombreuses difficultés ont perduré. Après un an, seulement cinquante-quatre des soixante et onze participants se sont inscrits sur le site, et au cours de l'année, la participation en ligne fut très limitée, avec seulement 16 % des participants ayant publié quelquefois sur le forum de discussion.

Ces faiblesses des enseignants constituent des obstacles, tant pour la formation professionnelle et le développement de compétences liés à l'intégration des ressources numériques que pour la mise en œuvre de cette intégration.

### **3.2 Problèmes pour la mise en pratique : faible disponibilité de ressources technologiques, manque de temps, manque de confiance et usage discontinu**

D'autres enjeux se présentent pour la mise en pratique d'activités avec la technologie dans les salles de classe, comme le manque de ressources, de temps, de confiance, etc. Tous ces facteurs entraînent un usage très faible ou discontinu des ressources numériques.

Un premier problème est le manque de ressources : presque tous les enseignants avec qui l'on a travaillé ont fait face à ce problème dans leurs écoles pour mettre en pratique ce qu'ils ont appris dans les ateliers et cours de formation : manque d'équipements, ordinateurs très anciens ou en panne, manque de logiciels ou pas de possibilité d'installer les logiciels, et accès très limité ou même nul aux salles d'ordinateurs. Même dans le programme EMAT, qui était un programme officiel, les enseignants avaient des problèmes d'accès aux salles informatiques ou pour utiliser des logiciels de mathématiques. Et plus récemment (voir Sacristán, Parada, & Miranda, 2011), on a eu beaucoup de difficultés à réussir à observer des enseignants du second cycle de secondaire utilisant les technologies : sur une quinzaine de professeurs (d'une population de presque 150 enseignants) qui affirmaient utiliser les technologies en classe, on a pu observer seulement trois d'entre eux le faire (dans des écoles publiques considérées comme les meilleures du pays); deux de ces enseignants ont dû apporter leurs propres portables et projecteurs et l'un d'eux a dû brancher l'équipement dans le plafonnier à cause d'un manque de prises de courant; seulement dans un seul cas, on a pu observer un de ces enseignants utilisant la salle informatique pour que ses élèves eux-mêmes puissent utiliser des ordinateurs. Ce type de problème constitue une des plus fréquentes plaintes des enseignants. Un autre exemple est celui d'un des professeurs en service dans le premier cycle du secondaire qu'on a suivi pendant cinq ans : cet enseignant a passé une année scolaire entière à essayer d'avoir accès et d'utiliser, avec ses élèves, la salle informatique de son école, sans succès; quand il a finalement réussi à l'année suivante, il n'a pas pu installer les logiciels qu'il voulait utiliser (comme Géogèbra et Logo – pourtant logiciels libres), car les ordinateurs étaient protégés.

Un autre problème au Mexique réside dans le fait que les enseignants des écoles publiques sont complètement surchargés de travail, travaillant dans plusieurs écoles (une le matin et une autre l'après-midi). Les enseignants n'ont alors pas le temps de préparer leurs leçons et activités au-delà de ce qui est prescrit dans les textes officiels ni d'acquérir pour eux-mêmes plus d'expérience et de familiarité avec les ressources numériques et le matériel didactique associé (et même pour participer à des activités de formation professionnelle). On a observé souvent des professeurs qui essaient de mettre en place des activités avec la technologie en classe, mais qui clairement n'avaient pas préparé la séance et donc sont pris au dépourvu quand les choses ne fonctionnent pas comme ils l'avaient souhaité. Il y a aussi un problème pour les enseignants quand il s'agit de prendre du temps au-delà du programme prescrit par le curriculum officiel pour mener des activités avec la technologie.

Bien que les enseignants n'aient pas beaucoup de temps, une de leurs attentes les plus fréquentes est la demande de plus de programmes continus de formation et de soutien d'experts et des autorités. En effet, la plupart des cours de formation sont très courts et sans continuité. Même dans le programme EMAT, les ateliers de formation étaient plus courts (souvent plus de 50 % plus courts) que ce qui était prescrit, à cause de raisons administratives. De plus, le soutien continu est très rare. Enfin, beaucoup des ateliers de formation numérique offerts aux professeurs (ceux du programme EMAT exclus), enseignent des aspects purement techniques des logiciels, avec peu ou pas de contenus didactiques ou d'analyse des potentialités de ces res-

sources pour l'apprentissage des mathématiques. En fait, quelques professeurs du secondaire se sont plaints que le seul type de formation qu'ils avaient reçu portait sur l'utilisation d'Office, et non pas sur des outils plus spécifiques pour l'enseignement des mathématiques (comme la géométrie dynamique ou CAS). Les enseignants ont donc des difficultés à intégrer les ressources numériques dans leurs cours de mathématiques et à développer leur savoir technologique et pédagogique des contenus.

Un autre aspect important à souligner est que, dans l'utilisation des ressources numériques, surtout de manière à favoriser un apprentissage significatif, la dynamique de la salle de classe change. En particulier, il ne suffit pas d'utiliser les ressources numériques uniquement pour compléter ce qu'on peut faire sans ces ressources. Les ressources numériques ont des potentialités pour aborder les mathématiques de manière différente, mais cela implique aussi un changement des méthodes d'enseignement; c'est ce qu'a proposé le programme EMAT avec un modèle pédagogique associé qui favorise l'exploration, la collaboration et les discussions de la part des étudiants. Le problème, comme on a pu le constater avec EMAT, est que même avec une bonne disposition, il est très difficile pour les professeurs d'adopter une manière différente d'enseigner, et le processus pour réussir à adopter un nouveau modèle pédagogique normalement est lent et peut prendre plusieurs années (Trigueros & Sacristán, 2008).

Une autre difficulté, dérivée de beaucoup des aspects décrits ci-dessus, est celle liée au manque de confiance des enseignants en eux-mêmes. La transition entre le contexte des cours ou ateliers de formation et celle de la salle de classe n'est pas simple : quand des difficultés apparaissent, les insécurités augmentent. La plupart des enseignants se sentent insuffisamment formés et ils ont peur des outils numériques ou ont des craintes de faire des erreurs et d'exposer leur manque de compétences numériques et mathématiques; comme l'a dit un enseignant : « J'ai peur de faire des erreurs et d'être exposé en faisant une erreur ». De plus, cette même crainte d'être exposé fait que les enseignants se sentent mal à l'aise pour partager leurs expériences et leurs préoccupations dans des programmes de formation, ce qui fait obstacle à leur développement.

En conséquence, l'usage des ressources numériques dans la pratique enseignante est très irrégulier et discontinu. Dans de nombreux cas, les séances avec ressources numériques ont lieu moins d'une fois par mois, ou une seule fois dans toute l'année scolaire, ou n'ont pas lieu du tout.

#### **4. Conclusion**

Les résultats des diverses recherches menées auprès d'enseignants en service au Mexique montrent que même s'ils sont enthousiastes envers l'intégration des ressources numériques dans leur pratique, ils doivent faire face à plusieurs difficultés (Trigueros & Sacristán, 2008). Certains problèmes principaux, il y a le manque d'expérience et de compétences techniques et pédagogiques pour utiliser ces ressources. Les problèmes de manque de ressources technologiques, de manque de soutien, de craintes et d'insécurité et de la réalisation discontinuée d'activités avec ces ressources créent un cercle vicieux qui empêche que les enseignants puissent mettre en pratique ce qu'ils apprennent dans les cours de formation et donc empêche aussi qu'ils développent les compétences dont ils ont besoin.

Bien sûr, ces problèmes ne sont ni nouveaux ni exclusifs au Mexique ou aux pays sous-développés. Par exemple, dans le rapport du British Educational Communications and Technology Agency (2004), où quelques données de plusieurs pays (le Royaume-Uni, les États-Unis, l'Australie, le Canada, les Pays-Bas et

Hong Kong) furent analysées, même si l'on aperçoit des variations substantielles entre différents pays, on identifie plusieurs types d'obstacles qui empêchent que les enseignants profitent pleinement des TIC dans leur pratique. Le rapport classe ces obstacles – qui peuvent être au niveau des écoles ou au niveau des enseignants – en deux types : externes (manque d'accès aux ressources, manque de temps, manque de formation, problèmes techniques) et internes (manque de confiance, résistance aux changements et attitudes négatives, manque d'avantages perçus). Ce rapport explique aussi que des aspects contextuels dans chaque pays ont une influence importante sur l'utilisation faite des TIC. C'est aussi évident, comme indiquent d'autres chercheurs (voir Assude, Buteau, & Forgasz, 2010; Ruthven, 2008), qu'il y a une contradiction entre la volonté politique d'intégrer les technologies numériques dans les écoles et la réalité des salles de classe.

Dans le cas du Mexique, les résultats présentés ci-dessus indiquent la gravité de la fracture numérique dans ce pays, où l'utilisation quotidienne des technologies de base et les TIC, comme le courrier électronique, qui est tenu pour acquis dans les pays développés, ne sont pas encore aussi courantes comme on pourrait l'imaginer; et si les enseignants sont mal préparés à utiliser les TIC dans leurs propres vies, comment peut-on s'attendre qu'ils développent les compétences nécessaires pour une intégration significative de ressources numériques dans leur pratique?

Papert (1993) a expliqué que l'innovation dans les écoles est lente en raison de la résistance que les enseignants ont face à l'inconnu. Ceci est particulièrement le cas dans les pays où les ressources, l'accès aux technologies numériques et la formation sont insuffisants.

## Références

- Artzt, A., & Armour-Thomas, E. (1999). A cognitive model for examining teachers' instructional practice in Mathematics: A guide for facilitating teacher reflection. *Educational Studies in Mathematics*, 40, 211-235.
- Assude, T., Buteau, C., & Forgasz, H. (2010). Factors influencing implementation of technology-rich mathematics curriculum and practices. Dans C. Hoyles & J.-B. Lagrange (dir.), *Mathematics education and technology – Rethinking the terrain. The 17th ICMI study* (Vol. 13, New ICMI Study Series, p. 405-419). New York, NY : Springer. doi:10.1007/978-1-4419-0146-0\_19
- Ball, D. L. (1988). Unlearning to teach mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 8(1), 40-48.
- British Educational Communications and Technology Agency. (2004). *A review of the research literature on barriers to the uptake of ICT by teachers*. Coventry, Royaume-Uni : BECTA.
- Bjuland, R. (2004). Student teacher's reflections on their learning process through collaborative problem solving in Geometry. *Educational Studies in Mathematics*, 55(1-3), 199-225.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. Dans E. Scanlon & T. O'Shea (dir.), *New Directions in Educational Technology* (Vol. 96). New York, NY : Springer-Verlag.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.

- García, M., Sánchez, V., Escudero, I., & Llinares, S. (2006). The dialectic relationship between research and practice in mathematics teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9(2), 109-128.
- Lesh, R. (2002). Research design in mathematics education: Focusing on design experiments. Dans L. D. English (dir.), *Handbook of international research in mathematics education*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York, NY : Basic Books.
- Rojano, T. (2006). *Enseñanza de la Física y las Matemáticas con Tecnología, EFIT y EMAT: Modelo de transformación de las prácticas de la interacción social en el aula*. Mexico, Mexique : OEI-SEP.
- Ruthven, K. (2008). Teachers, technologies and the structures of schooling. Dans D. Pitta-Pantazi & G. Philippou (dir.), *Proceedings of the 5th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Larnaca, Mexico : CERME 5.
- Sacristán, A. I., & Esparza, E. (2006). Investigación asociada a la puesta en práctica de la herramienta Logo. Dans T. Rojano (dir.), *Enseñanza de la Física y las Matemáticas con Tecnología, EFIT y EMAT: Modelo de transformación de las prácticas de la interacción social en el aula* (p. 144-157). Mexico, Mexique : OEI/SEP.
- Sacristán, A. I., Parada, S. E., & Miranda, L. (2011). The problem of the digital divide for (math) teachers in developing countries. Dans M. Joubert, A. Clark-Wilson & M. McCabe (dir.), *Enhancing Mathematics Education Through Technology. Proceedings of the Tenth International Conference on Technology in Mathematics Teaching* (p. 244-248). Portsmouth, Royaume-Uni : University of Portsmouth.
- Sacristán, A.I., Sandoval, I., & Gil, N. (2009). Digital technologies in the mathematics classroom: Experiences of in-service teachers. Dans C. Bardini, P. Fortin, A. Oldknow & D. Vagost (dir.), *Proceedings of the 9th International Conference on Technology in Mathematics Teaching* (p. 1-5). Metz, France : ICTMT 9.
- Sacristán, A.I., Sandoval, I., & Gil, N. (2011). Teachers engage in peer tutoring and course design inspired by a professional training model for incorporating technologies for mathematics teaching in Mexican schools. Dans M. Joubert; A. Clark-Wilson & M. McCabe (dir.), *Enhancing Mathematics Education Through Technology. Proceedings of the Tenth International Conference on Technology in Mathematics Teaching* (p. 249-254). Portsmouth, Royaume-Uni : University of Portsmouth.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand : Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Trigueros, M., & Sacristán, A. I. (2008). Teachers practice and students' learning in the Mexican programme for Teaching Mathematics with Technology. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, 18(5/6), 678-697.