



La nanotechnologie dans la formation professionnelle NANO-4-SCHOOLS

Bilan du projet

Cahiers de l'ISPPF 30f

Marianne Rupf, Martin Vonlanthen,
Patrick Hoffmann, Karl Höhener, Peter Labudde,
Oliver Mercier, Loris Scandella, Martin Wild-Näf



RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

La nanotechnologie dans la formation professionnelle **NANO-4-SCHOOLS**



Bilan du projet

Marianne Rupf

Martin Vonlanthen

Patrick Hoffmann

Karl Höhener

Peter Labudde

Olivier Mercier

Loris Scandella

Martin Wild-Näf

Rupf, M., Vonlanthen, M., Hoffmann, P., Höhener, K., Labudde, P., Mercier, O., Scandella, L., & Wild-Näf, M. (2005) : *La nanotechnologie dans la formation professionnelle. NANO-4-SCHOOLS. Bilan du projet* (cahier ISFPF no 30f). Zollikofen : Institut Suisse de Pédagogie pour la Formation Professionnelle.

Edition

Institut Suisse de Pédagogie pour la Formation Professionnelle (ISFPF)
Case postale 637
CH – 3052 Zollikofen

Homepage : www.sibp.ch

Graphisme

Visualize AG, 3400 Burgdorf

Traduction

Maria Benvenuti

Lectorat

Marine Jordan, ISFPF Lausanne

Mise en page

Ivana Lovric, ISFPF Zollikofen

Impression

Imprimerie St-Canisius SA, 1701 Fribourg

Copyright

©ISFPF 2006

04.2006 800

Préface

Le projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* est à l'origine une initiative de la direction du programme TOP NANO 21, qui a demandé à l'Institut Suisse de Pédagogie pour la Formation Professionnelle (ISFPF) de développer et de réaliser un projet dont le but est de sensibiliser la formation professionnelle aux enjeux de la recherche dans les nanotechnologies. L'ISFPF a accepté cette initiative avec intérêt et l'a menée à bien en collaboration avec le département des hautes études pédagogiques de l'université de Berne (AHL).

Quelles sont les raisons à l'origine de ce projet ? Aujourd'hui encore, la nanotechnologie ne concerne que la recherche technologique de pointe. Néanmoins, ses applications futures laissent présager d'un fort potentiel économique et un changement des conditions de travail. L'introduction de cette thématique dans le milieu de la formation professionnelle peut contribuer à la diffusion d'une nouvelle technologie dans le monde économique, ce qui confère au projet un intérêt tout particulier. Toute nouvelle technologie présente ses chances et ses risques. La formation professionnelle a comme mission de renforcer et d'approfondir la culture scientifique des jeunes (scientific literacy). Ce projet ainsi permis aux apprenant-e-s de se forger une opinion sur la nanotechnologie. L'ISFPF a accepté de réaliser ce projet pour deux raisons principales : l'enjeu économique de la nanotechnologie et la nécessité d'une étude approfondie des nouveaux développements technologiques.

Le but principal de ce projet a été d'élaborer des séquences d'enseignement destinées à la formation professionnelle sur le thème de la nanotechnologie. Etant donné l'importance économique et sociologique du transfert technologique, la direction du projet a demandé d'évaluer l'ensemble du processus, depuis la formation et l'information des enseignant-e-s des écoles professionnelles jusqu'à la mise en œuvre concrète des séquences d'enseignement. Le présent document présente les résultats de cette évaluation. Il met en évidence les difficultés rencontrées lors de l'enseignement des nouvelles technologies dans la formation professionnelle initiale. Il propose également des mesures pour optimiser le processus d'introduction des nouvelles technologies.

Nous souhaitons remercier ici les institutions et les personnes ayant participé à ce projet, parmi lesquelles : la direction du programme de TOP NANO 21 qui a soutenu le projet en la personne de Karl Höhener ; Peter Labudde du département des hautes études pédagogiques de l'université de Berne qui s'est engagé dans la direction du projet ; Patrick Hoffmann de l'EPFL ainsi que Loris Scandella de l'entreprise Nanosurf AG qui nous ont offert une aide technique ; l'équipe de projet sous la direction d'Olivier Mercier et de Martin Vonlanthen qui ont mis en œuvre le projet ; Marianne Rupf qui a été chargée de l'évaluation du projet et de la rédaction du présent document ainsi que Maria Benvenuti pour la traduction française de ce cahier et Marine Jordan pour sa relecture critique. Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignant-e-s ayant accepté de réaliser un enseignement pilote sur le thème de la nanotechnologie.

Direction de projet

Martin Wild-Näf

Zollikofen, avril 2006

Table des matières

Préface	3
Table des matières	4
Liste des figures et des tableaux	6
I Introduction	7
Marianne Rupf et Martin Vonlanthen	
1.1 Introduction au rapport	7
1.2 La nanotechnologie : un thème pour les écoles professionnelles ?	8
1.3 Présentation et aperçu du projet	9
2 Démarche du projet : bilan des connaissances	10
Marianne Rupf	
2.1 Introduction	10
2.2 Réalisation du projet	11
2.2.1 Organigramme et mandat du projet	11
2.2.2 Procédures du projet	13
2.3 Commentaires des membres du projet	17
2.3.1 Le point de vue de TOP NANO 21 Karl Höhener, membre de l'équipe de direction de TOP NANO 21, TEMAS AG	17
2.3.2 Le point de vue de l'économie Dr. Loris Scandella, Nanosurf AG	19
2.3.3 Le point de vue de la recherche en nanotechnologie Dr. Patrick Hoffmann, EPFL Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	21
2.3.4 Le point de vue de la recherche en didactique de branche Prof. Dr. Peter Labudde, Haute Ecole Pédagogique de Berne	22
2.3.5 Le point de vue de la formation professionnelle Dr. Martin Wild-Näf, SIPB Zollikofen	23
2.3.6 Le point de vue de la direction opérationnelle du projet Dr. O. Mercier, ISFPF Lausanne	26
2.3.7 Le point de vue de la mise en œuvre opérationnelle Martin Vonlanthen, SIBP Zollikofen	28
2.3.8 Le point de vue de l'évaluation Marianne Rupf, ruma Seminar GmbH	30
2.4 Conclusion	31
3 Résultats de l'évaluation des séquences d'enseignement	33
Marianne Rupf	
3.1 Introduction	33
3.2 Concept d'évaluation	33
3.2.1 Objectifs de l'évaluation des séquences d'enseignement	33
3.2.2 Dimensions de l'évaluation	34
3.2.3 Qualité didactique	35
3.2.4 Motivation d'apprentissage	37

3.2.5	Construction du savoir	38
3.2.6	Instruments d'enquête	39
3.3	Personnes interrogées	40
3.4	Qualité didactique: résultats	41
3.4.1	Taux de satisfaction	41
3.4.2	Evaluation des séquences d'enseignement : forces et faiblesses	43
3.4.3	Objectifs	45
3.4.4	Contenus	46
3.4.5	Méthodologie d'enseignement	48
3.4.6	Supports de formation	50
3.5	Motivation d'apprentissage: résultats	50
3.5.1	Etablissement de l'échelle d'évaluation	50
3.5.2	Dimension de la motivation d'apprentissage : concept et résultats expérimentaux	51
3.5.3	Intérêt pour la matière – Engagement – Sentiment général – Activités d'apprentissage	51
3.6	Résultats de la construction du savoir	53
3.7	Interprétation et conclusions	55
3.7.1	Qualité didactique et construction du savoir	55
3.7.2	Motivations d'apprentissage	56
3.8	Résumé	58
4	Exemples modèles d'enseignement	59
	Martin Vonlanthen	
4.1	La nature montre l'exemple: un accès possible vers la nanotechnologie pour les écoles professionnelles	59
4.2	Le microscope à force atomique (AFM) dans l'enseignement professionnel	60
4.3	La cellule Grätzel, un exemple d'enseignement interdisciplinaire	60
5	Conclusion et perspectives	62
	Marianne Rupf et Martin Vonlanthen	
6	Synthèse finale	64
	Marianne Rupf	
7	Bibliographie	66
Annexe		
	Questionnaire	67

Liste des figures et des tableaux

Figures

Figure 1 :	Feuille de lotus	8
Figure 3 :	Processus centraux et axes du temps	13
Figure 4 :	Fabrication d'une cellule Grätzel	16
Figure 5 :	Apprenant-e-s qui travaillent avec un microscope AFM	21
Figure 6 :	Ordre de grandeur	26
Figure 7 :	Organigramme élargi	32
Figure 8 :	Modèle d'évaluation	34
Figure 9 :	Critères de qualité didactique	36
Figure 10 :	Critères de motivation d'apprentissage	38
Figure 11 :	Critères pour la construction du savoir	39
Figure 12 :	Satisfaction vis-à-vis de l'enseignement	42
Figure 13 :	Satisfaction spécifique aux groupes professionnels	43
Figure 14 :	Liens avec la pratique de l'apprentissage	46
Figure 15 :	Graphique de distribution des questions 16 et 22 Liens avec les autres disciplines et les connaissances existantes	47
Figure 16 :	Transdisciplinarité de l'enseignement selon le type de formation	48
Figure 17 :	Graphique de distribution de la question 29, mesures avec le microscope AFM	49
Figure 18 :	Question 29, mesures avec le microscope AFM en fonction des filières de formations	49
Figure 19 :	Valeurs moyennes de la motivation d'apprentissage	51
Figure 20 :	Intérêt pour la matière en fonction des filières de formation	53
Figure 21 :	Construction du savoir	55
Figure 22 :	La cellule Grätzel comme matière transdisciplinaire	61

Tableaux

Tableau 1 :	Vue d'ensemble du projet	10
Tableau 2 :	Apprentissage/formation – année de formation- nombre de personnes	40
Tableau 3 :	Apprentissage et sexe	41
Tableau 4 :	Age et fréquence	41
Tableau 5 :	Valeurs moyennes des questions relatives à la qualité didactique	44
Tableau 6 :	Forces et faiblesses des séquences d'enseignement	45
Tableau 7 :	Dimensions de la motivation d'apprentissage avec les questions et les valeur de fiabilité	50
Tableau 8 :	Valeurs moyennes par groupe professionnel et dimensions de la motivation d'apprentissage	52
Tableau 9 :	Valeurs de corrélation entre les dimensions de la motivation d'apprentissage	52

I Introduction

Marianne Rupf et Martin Vonlanthen

I.1 Introduction au rapport

Ce rapport intitulé *La nanotechnologie dans la formation professionnelle – NANO-4-SCHOOLS Bilan du projet* fait le point sur le projet de nanotechnologie mené simultanément en Suisse romande et en Suisse alémanique. Ce projet s’inscrit dans le programme TOP NANO 21 de la CTI (agence pour la promotion de l’innovation) et de l’OFFT (Office Fédéral de la Formation Professionnelle et la Technologie). Sa réalisation a bénéficié du concours de l’Institut Suisse de Pédagogie pour la Formation Professionnelle (ISFPF) et du département des hautes études pédagogiques de l’université de Berne (AHL). L’objectif ambitieux de ce projet était d’appréhender le savoir technologique développé dans la recherche et le monde économique et de le transcrire en une forme didactique applicable dans l’enseignement professionnel.

Le bilan d’évaluation porte sur la démarche du projet et sur les séquences d’enseignement. Un bilan des résultats est rédigé pour chaque domaine. De plus, tous les membres du projet ont été consultés et ont pu s’exprimer sur le déroulement du projet. Pour les séquences d’enseignement, un questionnaire d’évaluation a été rempli par les apprenant-e-s à la fin de chaque séquence d’enseignement.

La première partie de ce rapport présente le projet et précise ce qui a motivé la volonté d’introduire l’enseignement de la nanotechnologie au niveau de la formation professionnelle.

La deuxième partie examine la démarche du projet. L’expérience dans ce domaine manque encore ; il a donc fallu explorer plusieurs pistes susceptibles de produire des résultats intéressants. Les solutions novatrices peuvent entraîner des difficultés inattendues, il faut pouvoir y faire face. L’accent est mis sur l’organisation du projet et la présentation de son organigramme et ses processus principaux.

La troisième partie précise la procédure d’évaluation des séquences d’enseignement développées et en décrit le concept méthodologique. Elle présente également les principaux résultats, ainsi que les conclusions relatives à l’enseignement de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles.

La quatrième partie présente quelques exemples modèles d’enseignement ainsi que la démarche didactique choisie.

La cinquième partie propose un bilan final et des perspectives pour le futur.

Conseils pour la lecture

Certains chapitres répondent davantage que d’autres aux intérêts des lecteurs et lectrices. Pour cette raison, nous faisons les recommandations suivantes :

- Pour la démarche du projet ch. 1 et 2
- Pour la recherche didactique ch. 1 et 3
- Pour la mise en œuvre des séquences d’enseignement ch. 1 et parties des ch. 3 et 4

Ce rapport n’a pas pour but la description détaillée des séquences d’enseignement développées dans le cadre de ce projet. Les personnes qui souhaitent plus de détails peuvent consulter l’adresse Internet suivante : www.nanoforschools.ch.

1.2 La nanotechnologie : un thème pour les écoles professionnelles ?

Les innovations rendues par la nanotechnologie sont innombrables : des poêles qui ne se salissent jamais, des fenêtres et des tuiles autonettoyantes, des textiles intelligents, des peintures de voiture résistantes aux rayures, des écrans déformables, des matériaux composites hyper légers et stables, des poignées de porte sans germes pathogènes. La nanotechnologie est promise à un grand avenir. Des procédés nanotechnologiques permettent aujourd'hui de manipuler les atomes et les molécules de manière ciblée et de les utiliser comme éléments de construction pour de nouvelles solutions technologiques. Les matériaux de dimension nanométrique sont intéressants grâce aux nouvelles propriétés qu'ils acquièrent. Ainsi, des matériaux cassants peuvent devenir durs et des matériaux isolants devenir conducteurs. Certains matériaux changent de couleur ou leur surface devient autonettoyante.



Figure 1 : Feuille de lotus (les propriétés autonettoyantes de la feuille de lotus ont pu être imitées par des procédés techniques faisant intervenir des dimensions d'ordre nanométrique)

La nanotechnologie permet de fabriquer des produits plus petits, plus rapides, plus robustes et meilleur marché ; elle pourrait bientôt devenir un acteur essentiel de l'ensemble du secteur de la production. De nombreuses branches de l'industrie, pour la plupart grandes consommatrices d'énergie et de matière, ont déjà pris conscience de l'énorme potentiel de cette nouvelle technologie. De nombreuses entreprises suisses actives dans le domaine de la microtechnique et des sciences du vivant misent actuellement sur le potentiel de la nanotechnologie (Knopp, 2005). Le savoir technologique représente pour un pays pauvre en matières premières comme la Suisse un facteur de production déterminant et une condition indispensable à la prospérité future du pays. Ces entreprises recherchent non seulement des chercheurs et chercheuses qualifié-e-s, mais également du personnel compétent disposant d'une bonne formation. D'autre part, les enquêtes menées auprès des jeunes montrent que l'école prépare mal aux exigences de la société et de l'économie en ce qui concerne l'utilisation des nouvelles technologies. L'enseignement des branches liées à la technique et à la nature (pour autant qu'il ait lieu) s'oriente fréquemment vers un savoir scolaire classique. Trop souvent, il ne permet aucun lien avec la vie courante. L'accent est fortement mis sur les mathématiques, au détriment des domaines de la communication et de la coopération (Schallies, 1999 ; Coradi et al., 2003).

Comment réagit le système de la formation professionnelle face à ce constat ? L'ISFP ne se fixe pas comme objectif l'élaboration de formations spécifiques, voire de nouveaux champs professionnels dans le domaine de la nanotechnologie. Son travail consiste plutôt à promouvoir la culture scientifique (scientific literacy), la formation générale dans les sciences physiques et naturelles (Dubs, 2002), et plus précisément la compréhension de la technologie

(technological literacy). Les futur-e-s professionnel-le-s doivent être sensibilisé-e-s aux développements technologiques en cours. Ils doivent connaître les chances et les risques inhérents à ces technologies. Finalement, il faut pouvoir proposer aux apprenant-e-s des moyens d'aide à la décision pour leur engagement futur. Il s'agit de promouvoir une utilisation efficace de la technique et de la technologie. En tant que citoyens du XXI^e siècle, nous sommes confrontés au développement vertigineux de la technique. En cette qualité, nous sommes de plus en plus invités à prendre position sur des questions techniques complexes, comme par exemple la recherche sur les cellules souches. En même temps, nous manquons de plus en plus de connaissances scientifiques et techniques de base nécessaires pour porter un jugement conscient et responsable sur une question posée dans le domaine scientifique et technique. (Haenger & Vonont, 2004 ; de Senarclens, 2005).

Ces raisons ont entre autres encouragé l'ISFPF (Institut Suisse de Pédagogie pour la Formation Professionnelle) à initier en 2003 le projet « La nanotechnologie dans la formation professionnelle – NANO-4-SCHOOLS ».

1.3 Présentation et aperçu du projet

Avec la collaboration du département des hautes études pédagogiques de l'université de Berne et le soutien de TOP NANO 21 et de partenaires de l'industrie et de la recherche, l'ISFPF a développé des séquences d'enseignement sur le thème de la nanotechnologie et en a adapté la forme aux spécificités de la formation professionnelle. Ce travail de deux ans, réalisé avec la participation d'écoles pilotes, a consisté d'une part à acquérir le savoir-faire et les compétences techniques nécessaires et d'autre part à créer un réseau permettant l'intégration de ce domaine d'activité dans les projets à long terme de l'ISFPF (voir l'aperçu du projet ci-après). L'expérience acquise doit également permettre de renforcer la promotion de la culture technologique (technological literacy) dans la formation des enseignant-e-s des écoles professionnelles.

Tableau 1 : Vue d'ensemble du projet

Durée	Avril 2003 – juillet 2005
Responsables du projet et financement	<ul style="list-style-type: none"> • Institut Suisse de Pédagogie pour la Formation professionnelle Zollikofen (SIBP) et Lausanne (ISFPF) • Département des hautes études pédagogiques de l'université de Berne (AHL) • Office Fédéral de la Formation Professionnelle et de la technologie (OFFT), Agence pour la promotion de l'innovation (CTI) • TOP NANO 21
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser les formateurs et formatrices, ainsi que les futur-e-s professionnel-le-s aux développements dans le domaine de la nanotechnologie • Faire connaître les nouveaux instruments de mesure nanométriques • Créer des contacts avec des partenaires dans la recherche et dans l'industrie • Promouvoir la compréhension technologique des enseignant-e-s et des personnes en formation dans le cadre de la formation professionnelle
Ecoles pilotes ayant participé au projet	<p><i>Suisse alémanique</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Centre de formation professionnelle d'Uzwil • Centre de formation professionnelle de Sursee • Ecole de formation professionnelle de Winterthour • Ecole pré-professionnelle d'Uster <p><i>Suisse romande</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecole technique – Ecole des métiers de Lausanne (ETML) • Ecole professionnelle d'assistant-e-s médicales et d'assistant-e-s dentaires Sion / Brig • Centre intercommunal de formation des Montagnes neuchâteloises Le Locle (CIFOM-ET)
Méthodes de travail	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser et concevoir des journées d'information et de formation sur le thème de la nanotechnologie • Elaborer, tester et évaluer les séquences d'enseignement avec les écoles professionnelles impliquées dans le projet • Mettre sur pied des instruments d'évaluation
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborer et publier de la documentation pour l'enseignement de la nanotechnologie • Créer les bases scientifiques nécessaires au développement ultérieur de la thématique

2 Démarche du projet : bilan des connaissances

Marianne Rupf

2.1 Introduction

Le chapitre 2 présente la démarche du projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* sous forme d'évaluation. Ce bilan doit se comprendre comme une évaluation sommative. Sans prétendre être scientifique, il contribue néanmoins davantage au projet qu'un renoncement total au principe de l'évaluation.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, la réalisation du projet est présentée dans son ensemble en détaillant d'une part son organigramme - représentatif de la mise en œuvre opérationnelle du transfert de connaissances - et d'autre part en expliquant ses processus centraux. Le choix des instruments liés au management du projet ne sera pas discuté ici. Ainsi, seuls les éléments significatifs pour l'évaluation sont présentés dans ce document, soit l'organigramme et les procédures du projet.

L'introduction d'un nouveau thème d'enseignement exige l'élaboration de contenus d'enseignement, avec la participation des acteurs concernés, soit les enseignant-e-s professionnel-le-s. Les disciplines existantes offrent certes des interfaces pour créer des passerelles entre les contenus, mais les contenus eux-mêmes ont dû être créés à partir de sources extérieures. Les expériences internationales de l'enseignement de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles sont encore peu nombreuses. Si la culture scientifique et la culture technologique sont encouragées dans le paysage international de la formation professionnelle, il manque encore une certaine volonté d'application.

Le projet NANO-4-SCHOOLS devait par conséquent appréhender, filtrer et sélectionner les contenus techniques liés au savoir de la nanotechnologie dans le domaine des sciences et de l'économie pour pouvoir les appliquer dans un enseignement professionnel. Pour satisfaire à cette exigence, il a été décidé d'intégrer dans le comité de projet des représentant-e-s de l'industrie et des sciences. Pour le transfert de savoirs dans le système de la formation professionnelle, il fallait également ajouter une dimension didactique au contenu technique. Pour cette raison un expert en didactique a été nommé dans le comité de projet.

Ce rapport donne également une description détaillée et approfondie des procédures mises en place pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre de ce projet.

La troisième partie contient les commentaires d'évaluation des différents membres du projet qui tous se sont exprimés rétrospectivement sur les connaissances acquises durant le projet. Ils en ont analysé les forces, les faiblesses et les chances et en ont souligné les exigences et la complexité. Chaque membre du projet avait une fonction et un rôle spécifique. Les commentaires reflètent donc cette diversité des rôles.

La quatrième partie met un terme au chapitre par une conclusion.

2.2 Réalisation du projet

2.2.1 Organigramme et mandat du projet

Les universités, les hautes écoles et les hautes écoles spécialisées disposent d'un savoir reconnu dans le domaine de la nanotechnologie. La nanotechnologie est également présente dans certains secteurs de l'économie suisse. Par contre, la thématique est encore trop récente pour trouver des expert-e-s dans le paysage de la formation professionnelle. Comme mentionné précédemment, les organes constitutifs du projet ont anticipé cette difficulté en intégrant dans le comité de projet des représentant-e-s des institutions de recherche et de l'économie. En plus, l'organigramme formel du projet se compose d'une équipe de pilotage et d'une équipe opérationnelle (voir figure 2).

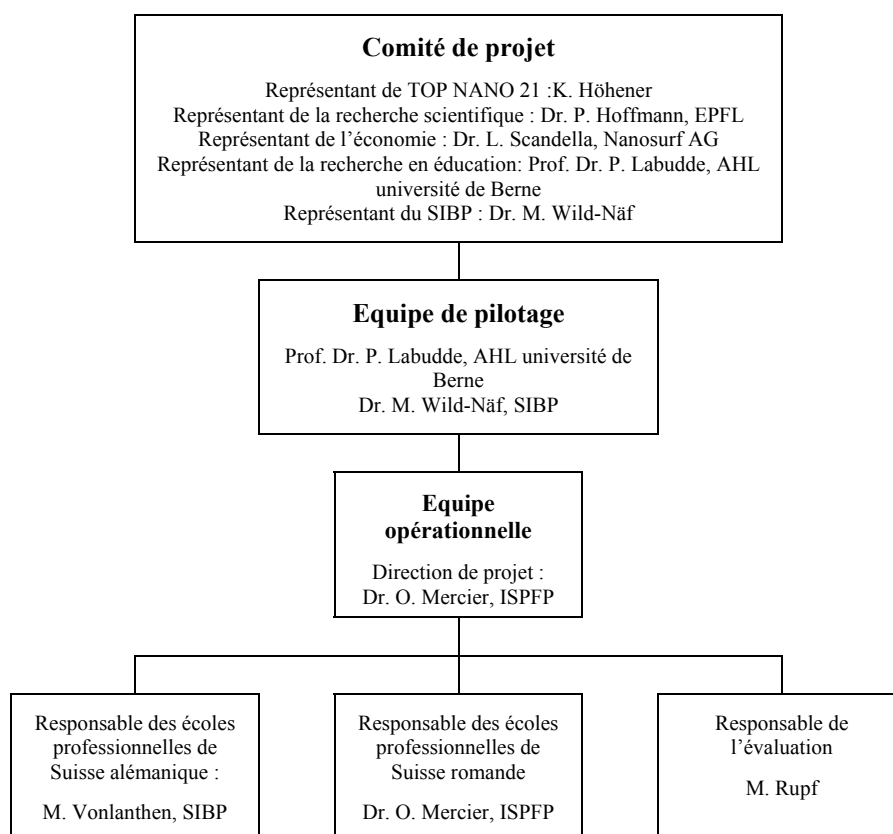


Figure 2 : Organigramme du projet

Le rôle du comité de projet a consisté dans l'accompagnement technique et didactique du projet. Ses membres ont fourni des informations spécifiques à leur domaine d'activité et ont permis une bonne planification du projet.

L'équipe de pilotage avait pour rôle la surveillance et le pilotage. Elle était chargée également de l'échange d'informations entre le comité de projet et l'équipe opérationnelle. L'équipe opérationnelle était quant à elle responsable de la planification détaillée et de la mise en œuvre concrète du projet.

La définition du mandat du projet a permis d'en fixer l'orientation général, soit la structure organisationnelle du projet, les objectifs généraux et les différentes phases de réalisation.

Dès le début du projet, il était prévu d'utiliser un modèle¹ appliqué à l'ISFPF pour le développement de séquences d'enseignement. Pour introduire la nanotechnologie dans l'enseignement professionnel, ce modèle présupposait la collaboration avec des écoles et des enseignant-e-s professionnel-le-s intéressé-e-s par le projet. Le développement de matériel d'enseignement devait être créé par les enseignant-e-s professionnel-le-s en contact direct avec les personnes en formation. L'objectif était de former un groupe pilote avec des enseignant-e-s motivé-e-s selon le schéma suivant:

- a) Etablissement des contenus. Des ateliers communs sont mis sur pied pour déterminer les points forts de la thématique.
- b) Préparation didactique des points forts et de leur contenu dans le cadre d'ateliers communs. Le groupe pilote doit compter environ quatre jours pour réaliser les étapes 1 et 2.

¹ Présenté par Dr. O. Mercier lors du symposium sur la nanotechnologie du 22 et 23 avril 2003

- c) Réalisation des séquences d’enseignement par les enseignant-e-s professionnel-le-s. Chaque membre du groupe pilote enseigne la nanotechnologie dans ses propres classes.
- d) Clôture de l’exercice par une journée d’échange.

Il a fallu se rendre relativement vite à l’évidence : la mise sur pied du groupe pilote d’écoles professionnelles ne suivait pas le scénario prévu. Le schéma cité précédemment n’était plus applicable et passait dès lors en arrière-plan. Il conservait néanmoins son intérêt car il pouvait influencer considérablement la progression du projet et son adaptation à la nouvelle situation. En outre, l’idée initiale de faire participer les enseignant-e-s professionnel-le-s au développement des séquences d’enseignement a été conservée.

Face à cette situation, les étapes initialement prévues par le projet demeuraient les seules lignes directrices. Par contre la manière de procéder restait libre. L’équipe opérationnelle a donc du s’adapter à ce changement.

La description des procédures élaborées pour la réalisation du projet permettent d’expliquer le déroulement du projet. Il ne s’agit pas d’une restitution détaillée, mais d’une présentation de quelques défis significatifs qui ont jalonné les principales étapes.

2.2.2 Procédures du projet

L’organisation générale est structurée par les processus suivants: information interne, recrutement des écoles professionnelles et des enseignant-e-s, définition des contenus, développement des séquences d’enseignement et information externe (voir figure 3). L’axe du temps indique la durée de chaque processus.

Processus

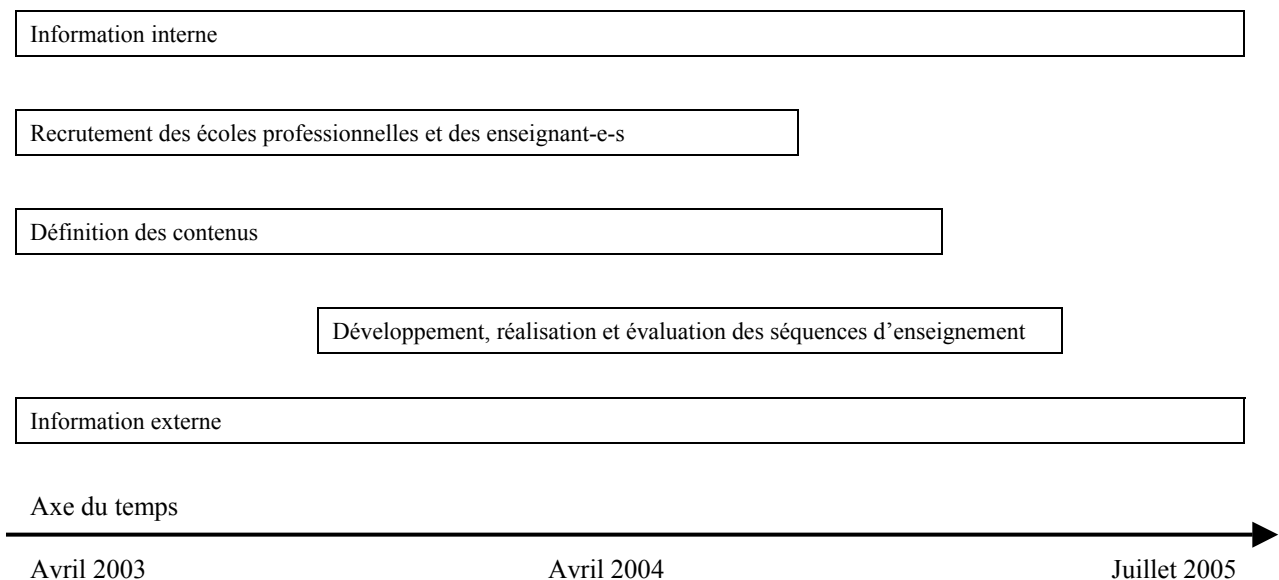


Figure 3 : Processus centraux et axes du temps

Un projet se définit par ses activités principales, appelées processus centraux, qui contribuent soit à la fabrication d'un produit ou d'une prestation de service, soit au bon déroulement du projet vers l'objectif final. Il s'agit d'activités de production. En reprenant les termes de Thommen (1996), les processus centraux sont définis comme un faisceau d'activités dépassant leur fonction et orientées vers la création d'une valeur pour l'utilisateur.

Les personnes impliquées dans les processus jouent le rôle soit de chef-fe de processus, soit de responsable de processus. Le chef de processus occupe une position de pouvoir et possède suffisamment d'influence pour imposer des changements. Dans le projet NANO-4-SCHOOLS, les chefs de processus sont membres du comité de projet et de l'équipe de pilotage. Les responsables de processus sont chargés de la réalisation de tâches particulières. Dans le projet NANO-4-SCHOOLS, ces derniers sont membres de l'équipe de pilotage ou de l'équipe opérationnelle.

Les véritables concepteurs de l'organisation d'un processus sont membres de l'équipe de projet. Un processus principal peut impliquer plus d'une personne.

Les chapitres qui suivent décrivent le contenu de chaque processus principal.

Processus « Information interne »

Le processus principal *Information interne* a permis d'assurer l'échange d'informations.

Le flux d'informations au sein de l'organisation du projet a été réglé de manière formelle, lors de réunions planifiées. Les rencontres régulières des membres de l'équipe de pilotage et de l'équipe opérationnelle a permis une bonne régulation du flux d'informations. Les réunions fixées à intervalles réguliers avec l'équipe de projet ont également permis une bonne circulation des informations entre les représentant-e-s de la recherche, de l'économie et de l'éducation.

Chaque membre de l'équipe de projet était impliqué dans ce processus.

Processus « Recrutement des écoles professionnelles et des enseignant-e-s »

Ce processus avait pour but de recruter suffisamment d'écoles professionnelles pour réaliser un enseignement pilote de la nanotechnologie.

Dans les écoles professionnelles et auprès des enseignant-e-s, la nanotechnologie était souvent un concept nouveau et par conséquent inconnu. Face à la nouveauté, l'être humain se comporte d'abord de manière réservée et attend qu'une autre personne expérimente en premier. Le thème ne présentait aucune priorité pour les écoles professionnelles, ce qui n'a pas facilité les engagements volontaires. De plus, toutes les heures d'enseignement étaient déjà planifiées et distribuées. Pour introduire une nouvelle matière d'enseignement, il faut soit empiéter sur la dotation horaire d'une matière, soit trouver des arrangements permettant de disposer d'heures d'enseignement libres. Le projet NANO-4-SCHOOLS s'est trouvé confronté à cette difficulté.

Un défi particulier de ce processus a alors été de recruter un nombre suffisamment grand de classes pilotes représentatives des différentes formations professionnelles.

La campagne d'information sur le projet NANO-4-SCHOOLS s'est appuyée sur différentes activités, parmi lesquelles une brochure d'information spécialement conçue à cet effet adressée aux directions des écoles, des entretiens avec les directeurs et directrices des établissements scolaires ou avec les enseignant-e-s, et finalement une présentation du projet lors de journées d'information.

Au final, le projet a bénéficié de la participation de 15 enseignant-e-s de 7 écoles professionnelles différentes. L'enseignement de la nanotechnologie a été donné à 11 classes des établissements scolaires suivants, représentant divers métiers:

- constructeurs et polymécaniciens (CFC et maturité professionnelle), au centre professionnel d'Uzwil
- polymécaniciens (maturité professionnelle), de l'école de formation professionnelle de Winterthur
- électroniciens, au centre professionnel de Sursee
- informaticiens, automaticiens, électroniciens, à l'ETML, Ecole Technique, Ecole des Métiers de Lausanne
- techniciens ET des deux orientations (électronique et de la mécanique) à l'ETML, Ecole Technique, Ecole des Métiers de Lausanne
- assistantes médicales et dentaires, Ecole professionnelle Sion /Brig

Les représentant-e-s de l'équipe opérationnelle et de l'équipe de pilotage étaient impliqués dans ce processus.

Processus « Définition des contenus »

Le but de ce processus était de définir, à partir de l'ensemble des connaissances dans le domaine de la nanotechnologie, les lignes directrices permettant d'adapter et de rendre accessible l'enseignement de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles.

Ci-après, un aperçu des nombreuses contraintes liées à ce processus :

- Certains considèrent la nanotechnologie comme thème de culture générale, d'autres comme un thème d'enseignement des branches professionnelles.
- Les exigences relatives à l'étendue du contenu diffèrent en fonction des représentations personnelles.
- Le contenu doit correspondre à certains critères didactiques.
- Le contenu doit pouvoir être défini à l'aide du triangle de compétences (technique, méthodologique et sociale).
- Les actrices et acteurs du monde scientifique et économique méconnaissent la réalité de l'enseignement professionnel, alors que les enseignant-e-s professionnel-le-s sont novices en matière de nanotechnologie.
- La nanotechnologie, thème-clé, est une branche d'enseignement qui trouve des applications dans de nombreux domaines de formation : par exemple, opticiens et assistants dentaires.

Le matériel d'enseignement produit par ce processus a été testé sur onze groupes professionnels différents, pour un total de 15 heures d'enseignement. Au niveau des contenus d'enseignement développés, citons quelques exemples: notions de nanotechnologie et applications pratiques, compréhension et utilisation du microscope à force atomique (AFM), calculs de dimensions, risques inhérents à la nanotechnologie, compréhension de l'effet lotus, fabrication d'une cellule Grätzel.



Figure 4 : Fabrication d'une cellule Grätzel

Les représentant-e-s du comité de projet, de l'équipe de pilotage, de l'équipe opérationnelle ainsi que les enseignant-e-s des écoles professionnelles étaient impliqués dans ce processus.

Processus « Développement des séquences d'enseignement »

Ce processus est au coeur du projet NANO-4-SCHOOLS et il vise la production des séquences d'enseignement ; ces séquences ont été testées dans les classes et ont fait l'objet d'une évaluation.

Le défi particulier de ce processus était la question du transfert de connaissances. Rares sont les enseignant-e-s qui maîtrisaient la thématique de la nanotechnologie. Pour la majorité d'entre eux, il s'agissait d'un sujet entièrement nouveau ; ainsi, certains membres de l'équipe opérationnelle ont dû jouer le rôle d'intermédiaire et approfondir leurs connaissances dans le domaine de la nanotechnologie en s'informant auprès des membres du comité de projet entre autre. Puis, ils ont transmis ce savoir-faire aux enseignant-e-s professionnel-le-s par le biais d'ateliers d'introduction, ainsi que de documentation et d'exemples d'enseignement. Les enseignant-e-s ont ébauché des séquences d'enseignement spécifiques aux secteurs professionnels concernés, puis les ont transmises aux intermédiaires de l'équipe opérationnelle. Ces derniers ont retravaillé les séquences d'enseignement pour mettre à disposition d'autres enseignant-e-s une documentation adéquate.

Ce processus a produit de nombreux exemples d'enseignement documentés, testés sur plus de 350 personnes en formation et soumis à évaluation. A la fin de l'enseignement, les apprenant-e-s ont rempli un questionnaire détaillé. Les questions portaient sur la qualité didactique, les motivations d'apprentissage et le savoir acquis.

Ce processus a été mené par l'équipe opérationnelle et les enseignant-e-s des écoles professionnelles.

Processus « Information externe »

Ce processus définit le travail d'information vis-à-vis de tous les partenaires concernés par l'état d'avancement du projet NANO-4-SCHOOLS. Il permet d'atteindre l'objectif formulé dans le document stratégique, celui de sensibiliser les écoles professionnelles à la nanotechnologie.

On a par exemple informé par écrit tous les directeurs et toutes les directrices des écoles professionnelles commerciales et techniques. On peut également citer l'organisation du symposium *Nanotechnologie pour les écoles professionnelles* en avril 2003, la participation au salon *Nanofair* de septembre 2003, la journée d'information au Locle de décembre 2003, la rencontre *Nanotechnologie : un méga-thème pour les écoles professionnelles !?* de juin 2005, la publication de l'article *Nanotechnologie : un thème pour les écoles profession-*

nelles ? dans le journal de la formation professionnelle suisse ou encore le site Internet www.nanoforschools.ch. De nombreuses autres activités ont été mises sur pied dont la liste détaillée ne sera pas donnée ici.

Ces diverses actions ont permis de recruter de nouveaux enseignant-e-s dans le groupe pilote, ou d'en convaincre d'autres à intégrer la nanotechnologie dans leur enseignement, sans pour autant que ceux-ci participent formellement au projet NANO-4-SCHOOLS.

Ont participé à ce processus le comité de projet, l'équipe de pilotage et l'équipe opérationnelle.

2.3 Commentaires des membres du projet

Les commentaires des membres du projet NANO-4-SCHOOLS ont été recueillis et retranscrits ci-après.

- K. Höhener mentionne le caractère pionnier de ce projet. Il souligne la grande capacité d'apprentissage et la flexibilité de l'ensemble des participant-e-s. Il souligne la nécessité de renforcer l'ancrage stratégique du projet.
- L. Scandella met l'accent sur l'importance croissante des nanotechnologies dans l'économie et précise l'application et l'usage des nouveaux instruments pour les mesures nanométriques.
- P. Hoffmann, impressionné par le débat qui émerge cette thématique, insiste sur l'aspect pluridisciplinaire du sujet.
- P. Labudde s'intéresse à la dimension didactique. Il relève plusieurs aspects positifs, dont le lancement du projet au niveau national. Il rend néanmoins attentif au fait que le réseau au niveau international est encore très faible.
- M. Wild-Näf conçoit la nanotechnologie comme un thème transversal : à la fois domaine spécialisé, thème de connaissance professionnelle et thème de culture générale. La nanotechnologie concernerait tous les métiers et fait partie de la « culture scientifique ».
- O. Mercier définit les caractéristiques propres aux branches techniques enseignées dans la formation professionnelle. Dans une formation professionnelle orientée vers des programmes de *culture scientifique* et de *culture technologique*, la nanotechnologie trouverait un contexte idéal pour s'intégrer.
- M. Vonlanthen décrit les aspects pratiques liés au développement de séquences d'enseignement .
- M. Rupf discute de l'évaluation et insiste sur certains aspects relatifs à l'efficacité de cette évaluation.

2.3.1 Le point de vue de TOP NANO 21

Karl Höhener, membre de l'équipe de direction de TOP NANO 21, TEMAS AG

Motivation

Le Programme d'Orientation Technologique TOP NANO 21 s'est fixé les quatre objectifs suivants :

1. Elargir l'horizon scientifique des centres de recherche dans des domaines importants et renforcer la conscience technologique.

2. Renforcer l'économie suisse à travers le développement et l'application de nouvelles technologies basées sur les dimensions nanométriques.
3. Intégrer la thématique de la nanotechnologie dans le programme d'enseignement professionnel.
4. Encourager la naissance de nouvelles entreprises.

Dans sa volonté de renforcer l'économie (2.) et d'intégrer la nanotechnologie dans la formation professionnelle (3.), la direction du programme a décidé d'associer au projet les systèmes de formation importants pour l'économie, et ce à trois niveaux différents :

- a) Les universités, avec un accent particulier sur la formation interdisciplinaire, soit la collaboration entre les disciplines de la physique, de la chimie et de la biologie, primordiale dans le domaine de la nanotechnologie.
- b) Les hautes écoles spécialisées, avec la promotion de programmes de formation et d'études postgrades, dans le but de renforcer et d'orienter le transfert de connaissances vers la recherche appliquée et le développement.
- c) La formation professionnelle, avec un soutien à la création de modules d'apprentissage dont l'objectif est l'usage et l'utilisation d'instruments d'analyse pour l'échelle nanométrique.

Connaissances

La formation initiale et la formation continue sur les trois niveaux (a, b, c) n'ont encore jamais été associées à un programme d'encouragement orienté vers la technologie. Il manquait par conséquent des expériences de référence et il s'agissait de défricher un terrain encore vierge. La mise en place du projet dans les hautes écoles spécialisées et les écoles professionnelles s'est avérée difficile et a demandé beaucoup de temps ; ceci s'explique en partie par l'importance du champ des formations envisagées et par la spécificité du domaine de la nanotechnologie. Dans les écoles professionnelles, les priorités et procédures diffèrent de celles des universités, dans lesquelles la recherche (noyau central de notre programme) et l'enseignement sont intimement liés.

Cette nouvelle approche a montré un grand potentiel dont l'intérêt a été reconnu au niveau international. Elle consiste à introduire les nouvelles technologies également dans les hautes écoles spécialisées et dans les écoles professionnelles sous forme de modules de formation, et ce dès le début de leur exploitation industrielle. Il est à noter que cette démarche exige une grande capacité d'apprentissage et beaucoup de flexibilité de la part de l'ensemble des participant-e-s. Ces aptitudes ne vont pas de soi et demandent par conséquent une attention toute particulière et une bonne planification.

De l'avis de la direction du programme, le succès obtenu n'aurait pas été possible sans la contribution d'éminent-e-s expert-e-s et d'enseignant-e-s prêt-e-s à jouer le jeu. Nous leur adressons ici nos remerciements et leur exprimons notre reconnaissance. La validité de l'approche choisie pourra être vérifiée au niveau des écoles professionnelles. Seule l'intégration de la nanotechnologie dans les branches fondamentales (physique, chimie et biologie) et dans les disciplines appliquées (connaissance de matériaux, techniques de mesure, méthodes d'analyse, etc.) permettra de parler réellement d'un impact important.

Dans le cadre de mandats futurs liés à la promotion technologique, qui influence à long terme la formation de base et la formation continue, il est opportun d'aborder dans un premier temps la thématique sous un angle stratégique. La mise en œuvre opérationnelle ne doit

intervenir que dans un deuxième temps, selon une stratégie élaborée avec les écoles professionnelles et les acteurs concernés.

2.3.2 Le point de vue de l'économie

Dr. Loris Scandella, Nanosurf AG

Divisée pour l'essentiel en quatre domaines (Analyse et analyse sensorielle, nanomatériaux, nanoélectronique et nanobiotechnologie), la nanotechnologie est considérée parfois comme la technologie la plus importante du XXI^e siècle. Il est par conséquent primordial pour la Suisse de prendre en compte cette nouvelle tendance.

Les nanosciences ont pu bénéficier du soutien du fond national (plusieurs programmes d'encouragement : NFP 24, NFP 36, NFP 47). Mais ces programmes sont destinés principalement à la recherche fondamentale ; en parallèle, d'autres programmes ont été réalisés avec la participation de l'industrie (MINAST, TOP NANO 21). Le programme TOP NANO 21 a permis avant tout l'implantation de la nanotechnologie dans le paysage industriel. Les différents projets n'ont pas tous abouti à la création d'un produit. Par contre, ils ont permis de sensibiliser l'industrie et les citoyens suisses à la nanotechnologie. Telle est l'une des constatations qui a été faite lors du salon NanoEurope de Saint-Gall (13 et 15 septembre 2005). Quelques entreprises ont présenté à cette occasion des produits du domaine des nanomatériaux (nanopoudres). Selon certain-e-s représentant-e-s de l'industrie, la « nanoeuphorie » a contribué à faire progresser les recherches en nanotechnologie, même si l'on ne peut pas encore parler réellement d'une industrie de la nanotechnologie dans le paysage industriel actuel.

Rares sont les universités suisses (Bâle par exemple) et étrangères qui proposent des filières d'étude en nanotechnologie. Par contre, des conférences et des cours spéciaux sont déjà donnés dans les universités et les hautes écoles spécialisées dans le but d'initier les étudiant-e-s à cette nouvelle discipline. Au niveau des écoles professionnelles, aucun programme de promotion n'a été mené avant le lancement du projet NANO-4-SCHOOLS. L'industrie de la nanotechnologie émergente et les expériences dans le domaine sont donc peu nombreuses et ne constituent qu'une source limitée d'informations. Les axes définis pour ce projet sont présentés brièvement ci-dessous.

Sensibilisation des enseignant-e-s et des futur-e-s collaborateurs et collaboratrices spécialisé-e-s

« Il a été difficile de motiver les enseignant-e-s pour le thème de la nanotechnologie dans le court laps de temps imparti »², car la nanotechnologie ne fait pas partie des plans de formation. Il apparaissait clairement, comme précédemment mentionné dans ce rapport, que le thème de la nanotechnologie n'était pas une priorité pour les écoles professionnelles.

Les écoles professionnelles subissent peu de pression en ce qui concerne la transmission d'un savoir spécifique à la nanotechnologie. En effet, il n'existe pas vraiment d'industrie de la nanotechnologie et l'économie ne manifeste apparemment aucun besoin concret. Par ailleurs, l'industrie et la population en général sont de plus en plus sensibles à la thématique de la nanotechnologie; il importe dès lors d'intégrer les contenus suivants dans les écoles professionnelles.

- Notion de base de la nanotechnologie (à différencier des autres technologies)
- Domaines d'application dans la vie courante et dans les formations techniques spécifiques
- Identification et appréciation des tendances et des évolutions générales

² Présentation « Aperçu du projet » de M. Vonlanthen lors de la rencontre *Nanotechnologie – un mégathème pour les écoles professionnelles ?*, du 29 juin 2005.

A titre d'exemple, il faut mentionner l'école de formation professionnelle d'Uzwil (BZ). L'entreprise Bühler installée à Uzwil est fortement engagée dans le domaine de la nanotechnologie des nanoparticules. Cette particularité explique la forte motivation du BZ Uzwil pour enseigner la nanotechnologie dans le cadre de modules spéciaux. Une des conclusions du projet NANO-4-SCHOOLS signale que « les périodes d'enseignement normales sont inadaptées à l'enseignement de la nanotechnologie » qui « nécessite de recourir à des blocs de formation plus conséquents pour rendre la matière attractive »³. Cette constatation s'explique certainement par l'absence de support de formation adapté à ce niveau scolaire au début du projet. Mais la situation a changé. SWISSMEM a mis sur pied un programme de formation en microtechnique et en nanotechnologie et le projet NANO-4-SCHOOLS a permis la création du site Internet www.nanoforschools.ch. Une mesure complémentaire consisterait à offrir des cours de formation continue aux enseignant-e-s.

De plus, des présentations publiques, comme le travail de maturité de N. Kappeler⁴ ou la NanoPubli de Saint-Gall⁵, contribuent à fournir aux enseignant-e-s et aux futur-e-s collaborateurs et collaboratrices spécialisé-e-s des informations de première main. Il importe de favoriser ce type d'évènements dans le futur. De même, il faudrait profiter du savoir-faire des universités et des hautes écoles spécialisées de Suisse. Finalement, il serait intéressant de prendre contact avec les entreprises déjà actives dans le domaine de la nanotechnologie et leur proposer de faire visiter leur entreprise à des personnes en formation.

Utilisation et usage des nouveaux instruments pour les mesures nanométriques

Le projet a montré que les personnes en formation ont eu du plaisir à travailler avec le microscope à force atomique. La nature nanométrique ou micrométrique (p. ex. CD-ROM) de l'objet observé n'a eu que peu d'importance. Comme l'a montré l'enquête⁶ menée auprès des apprenant-e-s, ceux-ci préfèrent les enseignements orientés vers l'action. Des personnes en formation d'Uzwil ayant participé au projet ont reconnu le microscope AFM lors de la NanoPubli et se sont exprimés très positivement vis-à-vis de l'expérience vécue.

Le travail avec le microscope AFM regroupe différents aspects de formation : la notion de micromètre et de nanomètre, l'utilisation de l'ordinateur pour saisir et évaluer des données, ainsi que la manipulation précise et soigneuse d'éléments de très petite taille. Or tous ces aspects sont importants dans différentes formations professionnelles. Paradoxalement, les enseignant-e-s ont montré plus de réticence vis-à-vis du microscope AFM que les personnes en formation.

Le projet a montré toute la difficulté à introduire une nouvelle technologie dans un plan d'étude déjà défini, et ce d'autant plus que la technologie dont il est question n'a pas une place prépondérante sur le marché. Néanmoins, certaines écoles professionnelles ont accepté de relever ce défi. Les résultats obtenus sont encourageants et incitent à poursuivre sur la même voie.

Comme mentionné précédemment, NanoEurope laissait percevoir une sensibilisation croissante de l'industrie pour les nanotechnologies. L'entreprise Nanosurf AG a reçu beaucoup plus de demandes cette année de la part de l'industrie que les années précédentes.

³ Présentation « Aperçu du projet » de M. Vonlanthen lors de la rencontre *Nanotechnologie – un mégathème pour les écoles professionnelles ?*, du 29 juin 2005.

⁴ Exposition publique « Le monde de la nanotechnologie » du 28 au 31 octobre 2004 à Sarnen

⁵ La NanoPubli a été réalisée dans le cadre du salon NanoEurope du 13 au 15 septembre 2005

⁶ Rapport d'évaluation n°7 : programme d'enseignement de la nanotechnologie pour les assistantes médicales et les assistantes dentaires, Sion, juin 2005.

Certaines applications n'ont aucun lien avec la nanotechnologie au sens strict du terme (structures inférieures à 100 nm). Elles ont néanmoins toutes un point commun : l'exigence croissante de précision lors de la mise en forme ou de l'analyse des pièces.



Figure 5 : Apprenant-e-s qui travaillent avec un microscope AFM

Il y a encore deux ans, on abordait la question de la mesure nanométrique. Aujourd'hui, des spécialistes cherchent des solutions concrètes pour développer des instruments fiables pour ces mêmes mesures. Cette tendance pourrait conduire à accroître rapidement la demande en personnel qualifié au bénéfice d'une formation dans le domaine de la nanotechnologie et de la microtechnique. Ce développement pourrait exercer une pression sur les écoles professionnelles qui devraient dès lors intégrer de formellement la nanotechnologie dans leurs plans de formation. Les objectifs fixés par le projet ont été atteints. Il est souhaitable de poursuivre l'introduction de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles.

2.3.3 Le point de vue de la recherche en nanotechnologie

Dr. Patrick Hoffmann, EPFL Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Du point de vue d'un chercheur en nanotechnologie et d'un professeur d'université, le projet NANO-4-SCHOOLS représentait un défi particulier qui se distinguait nettement du travail quotidien de la recherche et de l'enseignement. La différence principale consistait dans la réponse à la question suivante : « Dans quelle mesure les apprenti-e-s, les enseignant-e-s des écoles professionnelles et les technicien-ne-s doivent-ils comprendre le rôle de la nanotechnologie dans les produits ou les processus importants pour leur pratique ? » La réponse à cette question ne pouvait pas être donnée de manière claire et se précisera peut-être avec l'expérience.

J'ai été impressionné par la courbe d'apprentissage des participant-e-s au projet, que ce soit les membres de l'équipe NANO-4-SCHOOLS, les enseignant-e-s des écoles professionnelles ou les formateurs et formatrices. Au début du projet, les participant-e-s portaient un regard plus ou moins étonné et interrogatif sur de nombreux exemples et démonstrations de nanotechnologie présentés par des experts. En revanche, deux ans plus tard, lors de la rencontre de juin 2005, les enseignant-e-s conférenciers ont fait preuve d'un haut niveau de compétence en matière de transmission et de présentation des thèmes relatifs à la nanotechnologie. La motivation de ces collègues à traiter d'un thème aussi complexe, inhomogène et pluridisciplinaire que la nanotechnologie m'a profondément impressionné.

Le plus important est certainement la transmission d'informations pour éviter les réactions polémiques au sujet de la nanotechnologie. Cet objectif a été pleinement atteint en ce qui concerne l'information sur les risques, la non dangerosité et la sécurité de la nanotechnologie

qui diffèrent nettement selon les domaines d'activité de la nanotechnologie (particules sèches vis-à-vis des circuits imprimés).

L'étendue et la pluridisciplinarité du domaine des *nanotechnologies* ont été démontrées de manière convaincante par les différents exemples choisis, parmi lesquels les plantes extrêmement hydrofuges, les cellules solaires fabriquées à partir de suspensions de nanoparticules, la caractérisation des états de surface au moyen du microscope à force atomique (AFM) et les disques compacts (CD).

J'ai personnellement beaucoup appris des membres du team NANO-4-SCHOOLS en ce qui concerne la problématique d'intégration de nouvelles informations et de nouveaux contenus d'apprentissage dans des plans de formation déjà existants.

2.3.4 Le point de vue de la recherche en didactique de branche

Prof. Dr. Peter Labudde, Haute Ecole Pédagogique de Berne

Le projet de recherche et de développement *Les nanotechnologies dans la formation professionnelle* présente des caractéristiques qui peuvent servir d'exemple pour le développement de projets didactiques en Suisse. Ses forces et ses faiblesses diffèrent si l'on se place du point de vue de la formation ou celui de la science.

Importance d'une orientation pratique

La tâche centrale du projet était le développement de séquences d'enseignement sur le thème des nanotechnologies. Ces unités ont été développées et testées, comme dans presque tous les projets de didactique spécialisée en Suisse, par les enseignant-e-s eux-mêmes, c'est-à-dire par ceux qui vont utiliser ces séquences dans leur enseignement. A cet effet, l'équipe de recherche leur a apporté aide et conseils. Par ce procédé, les projets de didactique spécialisée ne risquent pas de rester trop théoriques et présentent au contraire un lien étroit avec la pratique d'enseignement. Les enseignant-e-s qui entendent parler du projet disent : «La séquence et le matériel d'enseignement sont utilisables ! » Ils peuvent reconnaître leur travail, leurs élèves et les contextes qui leur sont familiers. Les enseignant-e-s manifestent beaucoup de réticence à recourir à des méthodes, du matériel et des contenus d'enseignement nouveaux.

Evaluation précise

L'évaluation a tenu compte de l'avis des enseignant-e- et des personnes en formation. A la fin de la séquence d'enseignement, ces dernières ont rempli un questionnaire détaillé construit conformément aux critères de la recherche en sciences sociales. Grâce à l'évaluation professionnelle et à l'interprétation des résultats par une tierce personne, il a été possible de tirer des conclusions valables sur les séquences d'enseignement et de les perfectionner sur la base de critiques fondées.

Modèle d'ancrage en Suisse alémanique et en Suisse romande

Le projet a été réalisé dans deux régions linguistiques, ce qui est plutôt rare en Suisse pour les projets de didactique spécialisée. Plusieurs séquences d'enseignement sur le thème de la nanotechnologie ont été développées tant en Suisse romande qu'en Suisse alémanique. Cette manière de faire permettra par la suite une implantation facilitée au niveau national. Par ailleurs, comme il arrive souvent dans les projets bilingues, le manque de compétences linguistiques et les différences culturelles constituent également des obstacles et des difficultés supplémentaires. En cela, l'échange multiculturel peut être une immense chance, et pas seulement dans les projets de didactique spécialisée. Cette chance a été mise à profit dans le projet NANO-4-SCHOOLS, sans pour autant avoir été exploitée jusqu'au bout.

Mise en réseau insuffisante sur le plan international

Comme dans presque tous les projets de didactique spécialisée et de sciences sociales en Suisse, le projet NANO-4-SCHOOLS n'a pas pu profiter suffisamment d'un réseau international. Si l'étude de la littérature internationale principale a été effectuée, les échanges internationaux par le biais de conférences ou d'articles de journaux ont par contre été négligés.

En Suisse, il suffit trop souvent de dépasser les frontières linguistiques pour être satisfait. Qu'il puisse exister de l'autre côté de la frontière suisse d'autres chercheurs et chercheuses avec lesquelles il serait possible de débattre de sujets scientifiques dépasse souvent notre horizon de réflexion. Ainsi, dans le projet NANO-4-SCHOOLS et dans la recherche en éducation suisse de manière générale, il importe d'initier une plus grande ouverture internationale.

Nombres insuffisant de conférences et de publications

Le projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* n'a suscité que peu d'articles dans la presse et peu de présentations nationales ou internationales, ce qui explique en partie la faiblesse du réseau international mis en place. De nombreuses présentations ont été faites au corps enseignant ; par contre, peu nombreux sont les colloques et les conférences qui se sont adressés à la « communauté scientifique » internationale de didactique. De telles conférences et publications sont planifiées dans les douze prochains mois. Le projet NANO-4-SCHOOLS et de manière plus générale les didactiques spécialisées, en tant que sciences et champs de recherche en Suisse, ne peuvent que profiter d'une intensification des échanges nationaux et internationaux.

Absence de thèses de doctorat en didactique spécialisée

Le projet a été conduit par des chercheuses et des chercheurs reconnu-e-s. Contrairement à ce qui se pratique habituellement à l'étranger, les « apprentis chercheurs » n'ont pas eu l'occasion d'intervenir et de profiter du projet pour rédiger une thèse de doctorat. Cette situation est typique en Suisse pour les travaux de développement et de recherche en didactique. Deux problèmes supplémentaires s'ajoutent à cela ; d'une part le manque de relève dans le domaine de la didactique (p. ex. lors du recrutement de chargés de cours dans les hautes écoles pédagogiques), d'autre part le coût croissant des projets. Si les hautes écoles suisses, c'est-à-dire les universités et les hautes écoles pédagogiques, ne créent pas rapidement des centres de compétence didactique et les conditions cadres structurant la réalisation des thèses de doctorat en didactique, l'avenir de la recherche et de l'enseignement de la didactique en Suisse est fortement compromis.

Les nanotechnologies – un méga-thème pour les écoles professionnelles, tel était le titre de la journée de clôture destinée aux enseignant-e-s. Certes, il s'agit d'un méga-thème qui a de l'avenir. Il en va de même du projet et de sa mise en œuvre, à condition de consolider les points forts et d'améliorer les points faibles.

2.3.5 Le point de vue de la formation professionnelle

Dr. Martin Wild-Näf, SIPB Zollikofen

Le projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* avait pour but de sensibiliser le champ de la formation professionnelle aux développements réalisés dans le domaine de la nanotechnologie, d'introduire la notion d'échelle nanométrique et de faire connaître les nouveaux instruments de recherche propres à la nanotechnologie. L'une des nombreuses mesures de l'équipe de projet était le développement d'objectifs d'apprentissage en vue d'introduire le thème de la nanotechnologie dans les plans de formation. Le moment choisi (année 2003-2005) était un choix judicieux pour la réalisation du projet *La nanotechnologie*

dans la formation professionnelle, car cette période coïncidait avec l'entrée en vigueur de la nouvelle loi sur la formation professionnelle. Dans le cadre de la mise en pratique de la nouvelle loi, les ordonnances de l'ensemble des formations professionnelles initiales doivent être révisées, d'où une situation propice au projet et à l'introduction du thème de la nanotechnologie dans les plans de formation.

Tous les membres de l'équipe de projet étaient conscients de l'importance des objectifs d'apprentissage définis dont le développement s'est avéré être une tâche bien difficile. Tout au long du projet, ils ont réfléchi sur cette question des objectifs d'apprentissage et ont été confrontés aux nombreuses questions et difficultés typiques concernant l'implémentation des nouvelles technologies et des nouveaux thèmes dans les programmes d'enseignement de la formation professionnelle initiale.

La première question est de savoir si la nanotechnologie est une discipline en soi ou s'il s'agit d'un thème transversal commun à plusieurs domaines spécialisés. Le statut de discipline à part entière représenterait sans aucun doute pour la nanotechnologie le plus haut niveau d'intégration possible dans la formation professionnelle, ce qui est envisageable du point de vue du contenu. En effet, cette matière possède une base théorique, des modèles, des instruments et des procédés propres, ainsi que de vastes domaines d'application. Mais la nanotechnologie est en grande concurrence avec d'autres disciplines. Une sélection dans le choix des matières est par conséquent inévitable. Le principal argument en défaveur de la nanotechnologie réside dans la définition des objectifs d'apprentissage dans la formation professionnelle initiale. Si ceux-ci consistent dans la maîtrise des tâches professionnelles, tâches servant de repères et de critères de structuration de la formation professionnelle, la nanotechnologie perd toute sa légitimation en tant que discipline en soi. Par contre, elle trouve sa place et son importance dans des tâches professionnelles, telles que le « contrôle de qualité dans la fabrication des pièces de machine » en utilisant par exemple le microscope à force atomique comme instrument d'évaluation de la qualité de surface de ces pièces. L'enseignement de la nanotechnologie en tant que discipline autonome est tout à fait légitimé dans une haute école où se concentrent recherche et enseignement et où se développent des centres de pluridisciplinarité. Par contre, dans la formation professionnelle initiale, la nanotechnologie doit être considérée comme thème transversal qui influence de nombreux domaines professionnels.

Ces réflexions ont conduit à rechercher les tâches professionnelles sur lesquelles la nanotechnologie exerce déjà aujourd'hui un rôle significatif. Au fur et à mesure de l'avancement du projet, on a pu définir avec plus de précisions les activités suivantes :

- Travail sur les nanostructures : p.ex. analyse de surface à l'aide du microscope à force atomique
- Fabrication de nanostructures : p.ex. fabrication de nanopuces
- Amélioration des propriétés des matériaux à l'aide des nanotechnologies : p.ex. recouvrement des lunettes ou des poêles
- Fabrication à l'aide des nanotechnologies de nouveaux matériaux présentant des propriétés nouvelles ou modifiées: p.ex. matériaux renforcés, résistants à la rupture ou particulièrement légers
- Diagnostic médical sur la base des nanotechnologies : p.ex. biopuces
- Fabrication de médicaments sur la base des nanotechnologies : p.ex. lutte contre le cancer au moyen de la chimiothérapie par hyperthermie

Pour les champs professionnels suivants, des applications sont aujourd'hui déjà disponibles :

- Polymécanique

- Energie et techniques de l'environnement
- Médecine et sciences du vivant
- Technique automobile

Une autre question est de savoir s'il faut limiter l'enseignement de la nanotechnologie aux professions directement concernées, ou s'il faut considérer la nanotechnologie comme thème d'intérêt général. Les nanotechnologies feraient dès lors part de la « culture scientifique ».

Dans le premier cas de figure, il faut élaborer des objectifs d'apprentissage spécifiques et les intégrer dans l'enseignement des connaissances professionnelles des métiers concernés. Dans le deuxième cas de figure, les nanotechnologies sont un thème de formation générale applicable à l'ensemble des métiers. Le projet NANO-4-SCHOOLS s'est penché sur le premier cas de figure et a développé dans cette optique des objectifs d'apprentissage concrets en rapport avec les nanotechnologies. L'effet lotus, défini par la propriété autonettoyante de ses feuilles, trouve une application dans de nombreux métiers. Les nanotechnologies permettent de reproduire cet effet sur des matériaux synthétiques dans le but de fabriquer par exemple des colorants ou des textiles autonettoyants. Les objectifs d'apprentissage suivants ont été développés pour cette séquence d'enseignement :

- Connaître des exemples de surfaces autonettoyantes naturelles (p.ex. le lotus, le chou, les ailes d'insectes, etc.) et savoir en expliquer la constitution. En déduire l'explication de l'effet lotus.
- Connaître le concept d'hydrophobie (qui repousse l'eau) et, sur la base de quelques exemples, pouvoir prédire le comportement des surfaces hydrophobes. Pouvoir appliquer ce concept à l'effet lotus.
- Connaître quelques applications techniques de l'effet lotus (p.ex. colorants et textiles autonettoyants) et pouvoir estimer qualitativement leurs propriétés.
- Etre capable de juger des limites des modèles naturels en matière de réalisation technique.

D'autres objectifs d'apprentissage et séquences d'enseignement ont été développés pour la photosynthèse et sa réalisation technique, le travail avec le microscope à force atomique et la sécurité dans le maniement des produits de taille nanométrique.

Dans le cadre de l'enseignement de culture générale, il n'est pas possible de formuler des questions de nanotechnologie de manière aussi concrète. Il s'agit ici d'élargir le débat de la nanotechnologie et des questions qu'elle soulève. Un objectif d'apprentissage, tel que *Connaître et comprendre les concepts et processus des sciences naturelles indispensables pour participer à la communauté scientifique* peut se concrétiser de la manière suivante :

- Expliquer le concept de nanotechnologie à un collègue.
- Nommer trois exemples d'application de la nanotechnologie.
- Porter un jugement sur les conséquences de la nanotechnologie pour la société.

De manière générale, les expériences du projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelles* montrent qu'il est possible d'encourager le transfert d'une nouvelle technologie dans le domaine de la formation au moyen de projets de développement ciblés. Le développement d'objectifs d'apprentissage et de séquences d'enseignement correspondantes ne doit

pas être un travail solitaire, mais le fruit d'une équipe interdisciplinaire soumis à évaluation dans des projets pilotes. Dans une économie mondiale de plus en plus compétitive, il est important pour la Suisse de réussir le transfert rapide des connaissances acquises dans le domaine des technologies de pointe dans la formation professionnelle. Par le développement et l'évaluation de formations, l'ISFPF va poursuivre son engagement et son soutien pour le transfert des technologies de pointe dans la formation professionnelle.

2.3.6 Le point de vue de la direction opérationnelle du projet

Dr. O. Mercier, ISFPF Lausanne

L'enseignement de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles : Adéquation et utilité de la discipline

L'utilité immédiate de cette discipline pour les personnes en formation n'a pas pu être prouvée. La majorité des apprenti-e-s sont confronté-e-s à la nanotechnologie uniquement de manière indirecte, c'est-à-dire par le biais de produits basés sur la nanotechnologie, mais dont l'utilisation n'exige aucun savoir spécifique à ce domaine. A titre d'exemple, cette constatation s'applique également aux disciplines de la chimie et de la physique. Pour l'économie, la valorisation des résultats de la recherche scientifique passe par la fabrication de nouveaux produits dont l'utilisation n'exige aucune connaissance approfondie en chimie et en physique. L'apprenti-e se situe au bout de cette chaîne de production et sa tâche consiste principalement à effectuer des opérations précises. Il ne lui est pas demandé de maîtriser la technologie de la chaîne de production.

Il est cependant surprenant de constater que ce cliché ne ressort pas de la sorte dans les rapports d'évaluation. Certain-e-s apprenti-e-s étaient intéressé-e-s et posaient des questions sur l'utilité de ce nouveau savoir technologique. Cette contradiction m'a également interpellé lors des discussions sur l'utilité des disciplines de formation générale. Pourquoi enseigner aux apprenti-e-s le droit du travail, les assurances, la littérature, la rédaction de lettres, etc. ? Ces thèmes ne sont souvent pas d'utilité immédiate pour eux.

Je suis par conséquent convaincu que la nanotechnologie doit être envisagée dans l'optique d'un enseignement général visant la compréhension de la technique et de la science. Une telle discipline devrait être proposée aux apprenti-e-s pour leur permettre de compléter leur formation professionnelle.

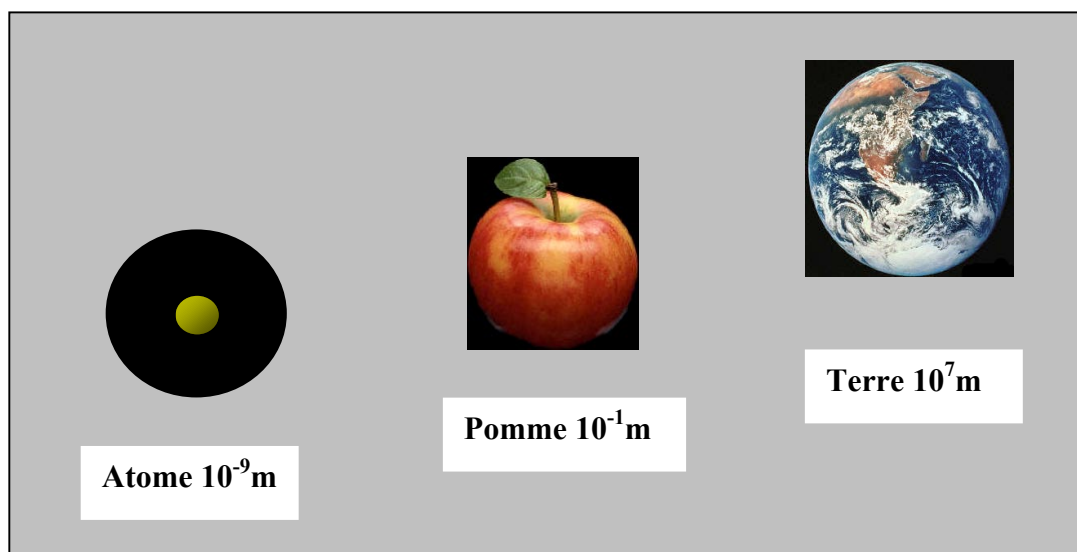


Figure 6 : Ordre de grandeur: l'atome est à la pomme, ce que la pomme est à la Terre.

Dans ce contexte 1, les raisons suivantes font de la nanotechnologie un thème idéal pour l'enseignement de la technique et de la science (liste non exhaustive) :

- La nanotechnologie est une thématique interdisciplinaire en lien avec la physique, la chimie et la biologie
- La thématique de la nanotechnologie se retrouve dans la vie courante sous des formes multiples (p.ex. le bulletin spécial Nouvelles Technologies Crédit Suisse).
- Le projet NANO-4-SCHOOLS a prouvé qu'il est possible de développer des séquences d'enseignement pour les apprenti-e-s
- Le projet NANO-4-SCHOOLS a montré que les apprenti-e-s ont réussi à accéder aux contenus des séquences d'enseignement
- L'enseignement dispose d'images spectaculaires
- Il existe des applications industrielles

Difficultés à choisir les thèmes d'enseignement

Le choix des thèmes d'enseignement a été difficile mais non insurmontable. Cette étape a demandé aux enseignant-e-s d'investir du temps pour trier les nombreuses informations disponibles sur la nanotechnologie, d'où l'avantage pour eux de pouvoir compter sur l'aide d'expert-e-s dans le domaine. Après quelques détours, les thèmes suivants ont été sélectionnés :

- CD-ROM et DVD
- La cellule Grätzel
- Les bactéries et les virus
- Les surfaces métalliques polies

Les thèmes d'enseignement mentionnés demandent l'utilisation du microscope à force atomique (AFM) et permettent l'observation directe d'une surface aux dimensions nanométriques et micrométriques. A mon avis, il est possible de réaliser des séquences d'enseignement sur la nanotechnologie sans recourir au microscope AFM. Par contre, la thématique perdrait une part considérable de son attractivité basée principalement sur l'extrapolation de propriétés macroscopiques à partir d'observations au niveau submicrométrique, c'est-à-dire nanométrique.

Difficultés en rapport avec la mise en œuvre didactique

La mise en œuvre didactique est l'une des tâches principales des enseignant-e-s. Elle consiste à adapter le savoir d'une thématique particulière en une forme accessible et attractive pour les apprenant-e-s. Les enseignant-e-s doivent pour cela maîtriser la matière, ce qui n'était pas le cas de la majorité d'entre eux en ce qui concerne la nanotechnologie. Les exceptions concernaient les enseignant-e-s de chimie, de physique ou de biologie, ainsi que les enseignant-e-s de niveau universitaire. Ces connaissances de base préalables manquaient à la majorité des enseignant-e-s pour qu'ils puissent enseigner cette branche.

En revanche, les enseignant-e-s de formation scientifiques se sont heurté-e-s aux difficultés usuelles spécifiques à la science (expériences, vocabulaire, obstacles conceptuels).

Conclusion

A mon avis, l'enseignement de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles se confronte à deux difficultés fondamentales :

- Aucune preuve d'utilité vraiment claire: les apprenant-e-s n'ont pas besoin de connaissances en nanotechnologie pour exercer leur activité professionnelle
- Niveau de connaissances inadéquat de la part des enseignant-e-s : de nombreux enseignant-e-s ne disposent pas des connaissances fondamentales nécessaires à l'enseignement de cette branche

En revanche, l'enseignement de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles est à soutenir pour deux raisons au minimum:

- La curiosité et l'intérêt des apprenant-e-s pour la nanotechnologie
- Les perspectives de développement de la nanotechnologie en Suisse

L'introduction de cet enseignement dans les écoles professionnelles dépend à mon avis d'un changement des structures de formation du secondaire II. Plus précisément, il faudrait mettre sur pied un troisième axe de formation intitulé « Compréhension de la technique et de la science » dont l'enseignement dans les écoles professionnelles serait donné par des personnes de formation scientifique.

2.3.7 Le point de vue de la mise en œuvre opérationnelle

Martin Vonlanthen, SIBP Zollikofen

Comment trouver les enseignant-e-s qui participeront au projet NANO-4-SCHOOLS dans les écoles professionnelles ? Cette question était centrale au début du projet. Au départ, nous n'avions qu'une idée très simple, celle de développer et de réaliser des séquences d'enseignement sur la nanotechnologie en collaboration avec des enseignant-e-s professionnel-le-s. C'était un peu léger pour motiver quelqu'un à participer au projet ! Tout était neuf. Nous ne disposions d'aucun manuel d'enseignement et d'aucun rapport d'expériences provenant des branches pratiques des écoles professionnelles. Les responsables des programmes de formation n'accordaient aucune priorité à l'enseignement de la nanotechnologie. Les exemples d'application de cette technologie dans la pratique étaient presque inexistantes et, pour couronner le tout, l'essentiel du travail devait d'abord être assumé par les enseignant-e-s livré-e-s à eux-mêmes. La seule lueur d'espoir résidait dans les prévisions d'un avenir prometteur pour cette nouvelle technologie. Nous avons eu la chance de rencontrer des enseignant-e-s du BZ Uzwil qui étaient également de cet avis. Ainsi Erich Thür, Marlies Iselin et Gallus Glanzmann se sont engagés dès le début dans le projet avec beaucoup d'enthousiasme. La séquence d'enseignement⁷ en e-learning qu'ils ont développée est un très bon exemple d'introduction généralisée et pratique au thème de la nanotechnologie. Dans cette séquence, les enseignant-e-s introduisent la thématique, puis les apprenant-e-s travaillent en petits groupes et doivent réaliser des tâches (recherches Internet sur les applications de la nanotechnologie, mesures avec le microscope AFM, travail avec le modèle AFM). Des apprenti-e-s du BZ Uzwil ont pris part à notre stand lors du premier salon Nanofair de Saint-Gall. Les apprenant-e-s n'ont manifesté aucune crainte dans la manipulation du microscope AFM high-tech dont la technologie high-tech les a fasciné-e-s. Notre stand a accueilli de nombreux visiteurs et visiteuses et les feedbacks étaient extrêmement positifs.

⁷ La séquence d'enseignement est disponible à l'adresse www.bzuzwil.ch > sélectionner l'icône Knowledge factory > Name = student, Passwort = nano

Le recrutement des enseignant-e-s n'a pas été facile. Pour y parvenir, nous nous sommes rendus compte qu'il fallait leur apporter de l'aide et un support important. Nous avons donc cherché des matériaux appropriés bon marché permettant de construire une séquence d'enseignement et de faire comprendre la nanotechnologie. Nous avons trouvé des expériences sur l'effet lotus, sur la fabrication des cellules solaires à base de colorants et nous avons développé quelques démonstrations. L'une de nos présentations d'introduction générale à la nanotechnologie montrait des exemples d'application tirés de la pratique et expliquait les chances et les risques liés à cette technologie. Grâce à l'acquisition d'un microscope AFM d'occasion, nous avons pu compléter notre matériel de manière optimale. En rendant visite aux écoles et en leur montrant notre matériel, d'autres enseignant-e-s de Suisse romande et de Suisse alémanique se sont peu à peu intéressé-e-s au projet. Parallèlement, la nanotechnologie est devenue un thème de plus en plus fréquent dans les médias, ce qui a certainement contribué à l'intérêt général.

Les questions plus spécifiques à chaque profession ont été posées dans un deuxième temps. Les assistantes dentaires voulaient connaître l'intérêt des nanocomposites des matériaux d'obturation. Les menuisiers voulaient être informés sur les moyens de protection du bois à base de nanotechnologie. Les opticiens s'intéressaient aux recouvrements nanotechniques des verres de lunettes. Pour chaque situation, nous avons aidé les enseignant-e-s dans leurs recherches en les mettant en contact avec des spécialistes de la recherche et de l'économie. Souvent il nous arrivait d'approfondir nous-même le sujet et de chercher des explications compréhensibles. Nous avons ainsi pu constituer un important matériel de travail et un large champ de connaissances.

La question suivante est revenue périodiquement pendant tout le projet, soit « Pourquoi n'écrivez-vous pas un manuel intitulé *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* ? » Le corps enseignant est manifestement intéressé par des supports de formation imprimés. Le besoin de disposer d'exemples concrets pour son propre enseignement était très marqué. Mais l'élaboration d'un manuel de nanotechnologie demande un engagement financier important. Nous ne sommes pas des spécialistes de la nanotechnologie. Le domaine est aujourd'hui tellement grand qu'il est difficile d'en avoir une vue d'ensemble. Il nous manque de surcroît les connaissances techniques spécifiques à ce champ d'activité. La rédaction d'un tel manuel ne pourrait se faire qu'en intense collaboration avec des spécialistes de la recherche, de l'économie et de la formation. Nous ne disposons ni des ressources ni de l'expérience requise. Nous sommes d'avis que le lancement d'une page Internet a été un bon choix pour faire progresser l'enseignement de la nanotechnologie. La page est actualisée et complétée régulièrement. Les informations peuvent être sélectionnées de manière spécifique et adaptées à son propre enseignement. Les liens présentés sont transparents.

Pour terminer, j'aimerais aborder un aspect qui a particulièrement attiré mon attention, c'est-à-dire la grande difficulté de trouver des partenaires pour collaborer au projet. Il semble manifestement plus facile de faire tout soi-même et de se profiler dans une démarche individuelle ; il serait néanmoins profitable de mieux utiliser les ressources et de rechercher des collaborations, et ce particulièrement en périodes de restriction budgétaire. Mais les raisons à l'origine des difficultés de recrutement peuvent être d'une autre nature. Pour être considéré comme partenaire potentiel, il faut en effet avoir préalablement forgé sa renommée. L'ISFPF n'a pas encore atteint cette notoriété dans le domaine des nouvelles technologies et de leur adaptation aux spécificités de la formation professionnelle (hormis dans le domaine des IT). Nous pouvons espérer combler cette lacune en persévérant sur cette voie.

2.3.8 Le point de vue de l'évaluation

Marianne Rupf, ruma Seminar GmbH

En tant que responsable de l'évaluation, ma réflexion porte d'une part sur l'évaluation générale, plus particulièrement sur son impact et son efficacité, et d'autre part sur la démarche opérationnelle choisie et sur les conclusions qu'il est possible d'en tirer (stratégie bottom-up).

Impact et efficacité de l'évaluation

Dans ce projet, un rôle important a été attribué à l'évaluation et les ressources financières correspondantes ont été mises à disposition. Deux perspectives permettent de justifier la validité de cette évaluation professionnelle:

- Le bien-fondé d'une évaluation professionnelle et des investissements qui en découlent (temps et argent) est à considérer sur une perspective à long terme. Avec le projet NANO-4-SCHOOLS, la première étape visait l'introduction de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles en tant que discipline. Dans le cadre de la « culture technologique », la nanotechnologie est un thème particulièrement adapté pour promouvoir la compréhension technologique au niveau des écoles professionnelles. Il ne reste désormais qu'à poursuivre sur cette lancée. L'évaluation scientifique des séquences d'enseignement pilote et les données fiables correspondantes constituent une base solide pour tout développement ultérieur, dans le cadre d'un projet de « culture technologique » par exemple.
- L'inscription multiculturelle du projet constitue un argument supplémentaire en faveur d'une évaluation professionnelle et neutre. Une bonne communication est une condition importante pour mener à bien un projet, et ce particulièrement dans des projets multilingues. Une évaluation indépendante garantit une base commune facilitant la communication entre les régions francophone et alémanique de Suisse. Parallèlement aux données objectives, il y a toujours également des opinions et des impressions subjectives. Les discussions deviennent productives et la planification des étapes ultérieures se fait plus rapidement.

Sous le terme d'efficacité, il faut comprendre « ce qu'il est correct de faire ». Prenons comme exemple un aspect de l'évaluation, soit la qualité des interprétations et des conclusions. La formation et les expériences de l'évaluateur peuvent conduire à des interprétations plus approfondies, plus pratiques et moins scolaires. Précisément dans un projet comme celui de NANO-4-SCHOOLS où l'inconnue est la règle, les interprétations ont aidé l'équipe de projet à être attentif aux points faibles et aux difficultés d'une mise en pratique de l'enseignement.

Si le projet n'avait pas fait l'objet d'une première évaluation détaillée, cette tâche aurait incombé en grande partie à l'équipe de projet. Il en serait certainement ressorti des axes d'orientation tout aussi précieux, peut-être avec une efficacité moindre cependant, pour une question de temps principalement.

Certainement en rapport direct avec le professionnalisme de l'évaluation, mais pas uniquement, il faut mentionner la coopération des enseignant-e-s des écoles pilotes engagé-e-s dans le projet. Même des novices en matière d'évaluation qui auraient conduit cette enquête scientifique avec le même soin et le même engagement auraient pu compter sur le comportement coopératif des enseignant-e-s.

Démarche opérationnelle

L'idée principale de ce projet était de développer un nouvel enseignement, la nanotechnologie, en collaboration avec "la base", c'est-à-dire les enseignants des écoles professionnelles. Ceci d'une part pour ne pas produire des séquences d'enseignement trop compliquées, et d'autre part pour obtenir un impact aussi large que possible. Dans ce but, le rôle des personnes chargées de l'organisation du projet était de soutenir et d'intervenir comme médiateur, capables de donner des impulsions scientifiques et didactiques. La mise en œuvre de ce principe implique une démarche parallèle dans le développement organisationnel, notamment en impliquant en tant qu'acteurs participants les personnes concernées, suivant la démarche du « bottom-up ». Nous sommes restés fidèles à cette approche humaniste tout au long du projet. La définition des rôles a dû être cependant renégociée. En plus de leur rôle de médiation, les membres de l'équipe opérationnelle ont dû également participer au développement des séquences d'enseignement. Il en a résulté que les enseignants ont d'abord dû construire leur savoir spécifique et que le domaine « culture technique » dans les écoles professionnelles n'avait toujours pas obtenu la reconnaissance souhaitée.

Les observations faites sur la démarche du projet permettent de tirer des conclusions sur l'organisation opérationnelle du projet. Dans des situations identiques ou analogues, il faudrait également prendre en considération une approche « bottom-down », et ce dès les premières phases de la planification du projet. Il est souhaitable que les écoles soient connues dès le début du projet et fassent partie de l'équipe de projet opérationnelle, permettant ainsi de développer des séquences d'enseignement adaptées au niveau des apprenant-e-s.

La diffusion à grande échelle ne doit se faire que dans un deuxième temps. Elle implique un effort intensif de communication vers l'extérieur. Lors de la première phase, les acteurs de la formation professionnelle doivent bénéficier par contre d'informations plus ciblées.

2.4 Conclusion

Présente dès le début du projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle*, la conviction selon laquelle la thématique de la nanotechnologie devait être traitée au niveau des écoles professionnelles était encore intacte à la fin du projet. Les expériences réalisées dans le cadre du projet, l'importance croissante de la résolution de problèmes dans le domaine du nanomètre, l'enjeu international du projet, la motivation des apprenant-e-s et l'intérêt croissant des enseignants justifient de poursuivre le soutien, la promotion et le développement du thème de la nanotechnologie dans les écoles professionnelles.

L'organisation et la démarche du projet ont fait leurs preuves. Le projet a obtenu un franc succès, surtout si l'on tient compte des conditions initiales exigeantes et des obstacles rencontrés. Dans ce contexte, on peut affirmer que le projet a été bien mené.

En supposant que le projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* serait reconduit aujourd'hui sur la base des expériences réalisées, la stratégie du projet subirait probablement de légères modifications. Ceci ne signifie pas qu'une stratégie de projet différente serait idéale et ne présenterait que des avantages. En comparaison avec la stratégie mise en œuvre, le schéma suivant propose de mettre l'accent sur certains secteurs, ce qui prêterait éventuellement quelques domaines.

Dans le cadre de l'organisation structurale et procédurale présentée et sur la base des évaluations, il est possible d'esquisser la stratégie de projet suivante :

Il importe de conserver la structure existante de l'organigramme; il convient par contre d'attribuer à l'équipe opérationnelle la responsabilité des écoles pilotes ainsi que celle de l'information. (voir figure 7).

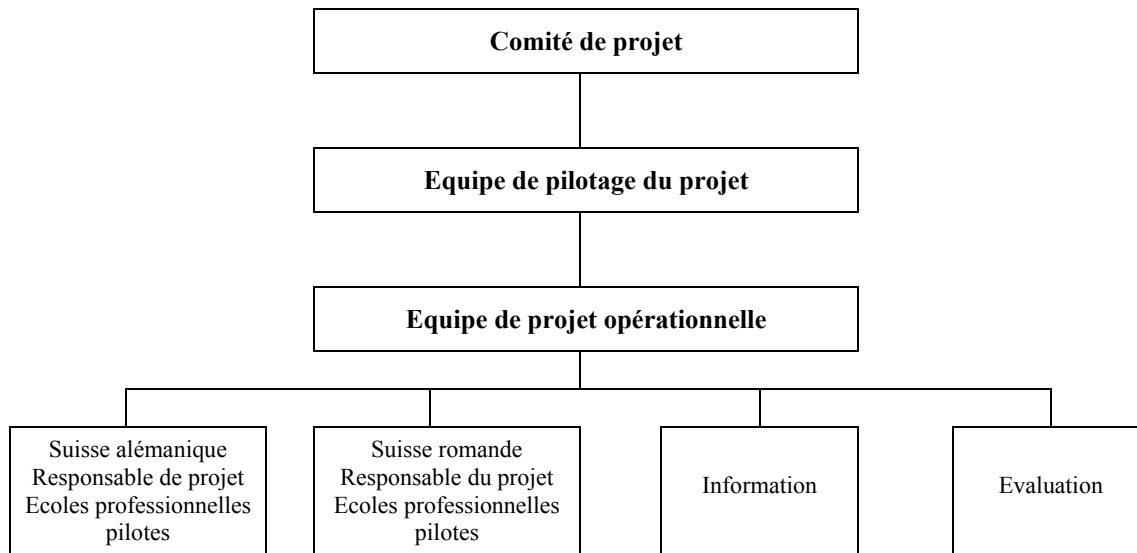


Figure 7 : Organigramme élargi

Les groupes de projet des régions linguistiques (Suisse alémanique et Suisse romande) se composent d'un responsable de projet et d'un nombre réduit d'enseignant-e-s participant au projet dans les écoles pilotes. Cela signifie que les enseignant-e-s sont connu-e-s dès le début du projet. Il y aurait des rencontres régulières entre groupe pilote et responsable de projet de la même région linguistique, permettant des échanges d'information sur les contenus et les objectifs d'apprentissage. Des rencontres similaires auraient lieu avec le comité de projet à intervalles plus espacés. Le principe de coopération avec des partenaires sélectionnés pourrait ainsi être renforcé, même si toutes les difficultés ne pourront être résolues.

Un rôle explicite est accordé à l'instance d'information en lui attribuant une place particulière dans l'organigramme. Cela permettra d'assurer de manière plus stratégique et explicite l'ensemble du processus d'information, tout comme celui d'évaluation. Le travail d'information a été très intense au cours du projet, et il est prévu de continuer dans cette voie dans le futur. L'idée de constituer une cellule d'information permettrait ainsi de mettre en évidence le rôle et l'importance de l'information.

Il faudrait compléter le projet par une approche « top-down », c'est-à-dire positionner la nanotechnologie dans le plan d'enseignement cadre. En aucun cas cette démarche ne devrait être trop ambitieuse en cherchant l'introduction obligatoire dans les plans de formation (toutes modifications entraîne un processus lent et laborieux). Cependant, un rapprochement en direction du plan d'enseignement cadre conférerait à la thématique une plus grande place.

Dans l'organigramme ébauché précédemment, il faudrait conserver la planification du projet en deux étapes. Les deux étapes doivent poursuivre les mêmes buts avec une pondération respective différente. La première étape doit permettre le développement des séquences d'enseignement et leur réalisation pilote. Ce serait l'étape des échanges intensifs avec le comité de projet, des tâches d'évaluation et de certaines activités d'information spécifiques. La deuxième étape doit permettre de planifier l'ampleur de l'impact du projet. Il faudrait faire connaître à un large public d'enseignant-e-s les évaluations des séquences d'enseignement. Les campagnes d'information doivent également jouer un rôle important. Il s'agirait de faire connaître le projet NANO-4-SCHOOLS en participant à des congrès, en rédigeant des articles sur les résultats obtenus, en réalisant une page Web, etc. En se basant sur des exemples d'enseignement concrets et en s'appuyant sur les rapports d'évaluation, il serait possible de repositionner et de préciser la place de la nanotechnologie dans les plans d'enseignement cadre.

3 Résultats de l'évaluation des séquences d'enseignement

Marianne Rupf

3.1 Introduction

Le chapitre trois traite de manière détaillée un des objectifs du projet NANO-4-SCHOOLS : le développement des séquences d'enseignement. Il met en évidence les qualités didactiques des séquences d'enseignement développées, le niveau de motivation rencontré lors de l'apprentissage de la nanotechnologie et les domaines présentant des difficultés, ce qui permet de développer une discipline particulière telle que la nanotechnologie dans les écoles professionnelles.

La deuxième partie de ce chapitre présente le concept d'évaluation et le cadre d'évaluation des séquences d'enseignement. Les critères choisis pour les trois dimensions d'évaluation, soit la *qualité didactique*, la *motivation d'apprentissage* et la *Construction du savoir* sont expliqués de manière plus détaillée.

La troisième partie de ce chapitre donne des informations sur les personnes interrogées ainsi qu'un aperçu sociodémographique des classes participantes. Il est à noter que les classes sont considérées dans leur ensemble, même si les contenus enseignés ont varié en fonction du nombre de périodes à disposition (de 5 à 9) et de l'école professionnelle. Les variations de contenus n'étaient cependant pas importantes.

La quatrième partie traite de la qualité des instruments de sondage.

Les chapitres cinq, six et sept donnent les résultats des trois dimensions évaluées. Les chapitres huit et neuf font la synthèse des résultats d'évaluation et permettent de présenter des conclusions.

3.2 Concept d'évaluation

3.2.1 Objectifs de l'évaluation des séquences d'enseignement

L'évaluation des séquences d'enseignement avait pour but d'apporter une preuve de leur qualité. A cet effet, les dimensions suivantes ont été sélectionnées :

- La qualité de la méthode didactique des séquences d'enseignement réalisées.
- La motivation d'apprentissage des apprenant-e-s.
- Le niveau du savoir acquis.

En plus de l'appréciation de la qualité didactique, l'évaluation a poursuivi deux autres buts :

- Donner un feed-back aux enseignant-e-s participant au projet et leur faire part de l'appréciation des apprenant-e-s en ce qui concerne leur séquence d'enseignement.
- Documenter les résultats intermédiaires obtenus par le projet NANO-4-SCHOOLS.

L'objet d'évaluation est la séquence d'enseignement. L'évaluation s'est focalisée uniquement sur les parties susceptibles d'être transmises à d'autres enseignant-e-s comme « produit » et non sur l'ensemble de l'enseignement. C'est pourquoi la séquence d'enseignement, le produit développé, occupe la place centrale de l'évaluation. Le produit doit être considéré dans sa

forme épurée, c'est-à-dire lesté de tout ce qui n'est pas transférable et qui varie d'une personne à une autre. C'est le cas par exemple du comportement de l'enseignant-e, de ses capacités d'explication, de son enthousiasme pour la matière, et de manière générale des qualités propres à chaque enseignant-e. Ainsi les variables relatives à la personnalité de l'enseignant-e n'ont fait l'objet que de questions subsidiaires, d'où le manque éventuel de variables de modération centrales. De même, les variables concernant la personnalité des apprenant-e-s et l'ambiance de la classe n'ont pas été prises en compte.

3.2.2 Dimensions de l'évaluation

Les dimensions d'évaluation sélectionnées se basent sur deux points de vue différents. D'une part, la création des séquences d'enseignement et la définition du savoir à construire se réfèrent au domaine de la didactique. D'autre part, les facteurs de motivation d'apprentissage font partie du domaine de la psychologie de l'apprentissage. Ces deux domaines sont en interaction.

La séquence d'enseignement et son « produit » se concrétisent à l'aide des dimensions de la qualité en didactique qui englobent⁸ *les objectifs, les contenus, la méthodologie d'enseignement et les supports de formation*.

Dans le modèle représenté ci-dessous, les dimensions de la qualité sont définies comme des variables entrantes (input), en tenant compte des variables indépendantes. Les variables sortantes (output) générées par le processus d'apprentissage sont évaluées par la dimension « construction du savoir », en tenant compte des variables indépendantes. Par construction du savoir, on entend les compétences nouvellement acquises, qu'on peut évaluer à l'aide d'un test de connaissances ou par une évaluation subjective des connaissances assimilées. La motivation, qu'elle soit spécifique au domaine ou contextuelle, est considérée comme variable influente.

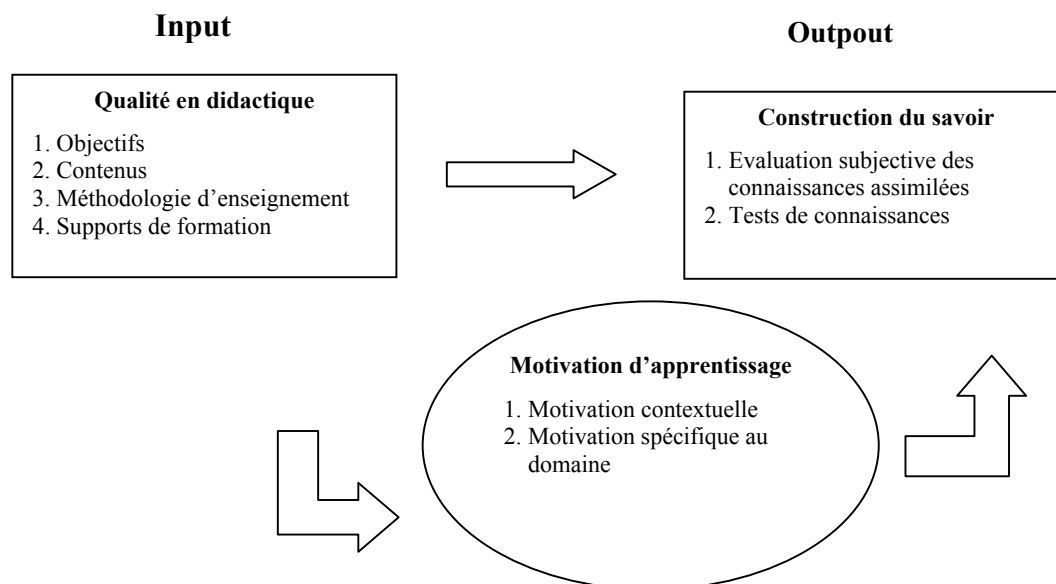


Figure 8 : Modèle d'évaluation

⁸ Des idées directrices pour la détermination des domaines de qualité ont été données par le professeur Dr. P. Labudde lors d'un exposé à l'occasion du symposium sur la nanotechnologie du 22 et 23 avril 2003 à Zollikofen.

3.2.3 Qualité didactique

Les attentes et l'évaluation relatives à la qualité didactique des séquences d'enseignement sont présentées ci-après en détaillant chacun des quatre domaines précédemment cités qui sont *les objectifs, les contenus, la méthodologie d'enseignement et les supports de formation* (voir figure 9).

Les objectifs

Les objectifs spécifiques de l'enseignement doivent satisfaire à plusieurs critères. Ils doivent être clairs et permettre de mettre en évidence les points forts de la matière (1. Clarté, 2. Points forts). Ils doivent correspondre au niveau de formation des apprenant-e-s et avoir du sens pour ce public cible (3. Sens).

Les contenus

Les informations relatives aux contenus sont déjà disponibles de manière implicite dans la formulation des objectifs. Il semble néanmoins opportun de suivre des lignes directrices qui mettent l'accent principalement sur la dimension des contenus.

Premièrement, il faut choisir des objectifs proches de la pratique permettant aux apprenant-e-s de tisser des liens avec des applications concrètes (1. Proximité avec la pratique). Deuxièmement, ces objectifs doivent s'orienter vers des problèmes techniques ou de société auxquels les apprenant-e-s sont confronté-e-s (2. Orientation vers les problèmes). Troisièmement, les points forts doivent avoir valeur de modèle, c'est-à-dire que les contenus d'apprentissage doivent permettre une compréhension générale transférable à d'autres domaines. Ils doivent être conçus de manière à être représentatifs d'un grand nombre de situations similaires (3. Valeur de modèle). Etant donné que la nanotechnologie regroupe des savoirs de la physique, de la chimie et de la biologie, elle offre un terrain propice à l'interdisciplinarité.

Quatrièmement, les points forts devraient par conséquent être choisis de manière à permettre la transdisciplinarité des connaissances (4. Transdisciplinarité). Cinquièmement, les contenus devraient être définis de manière à permettre aux apprenant-e-s de les mettre en lien avec leur savoir existant (5. Lien au savoir existant et adaptation au groupe cible).

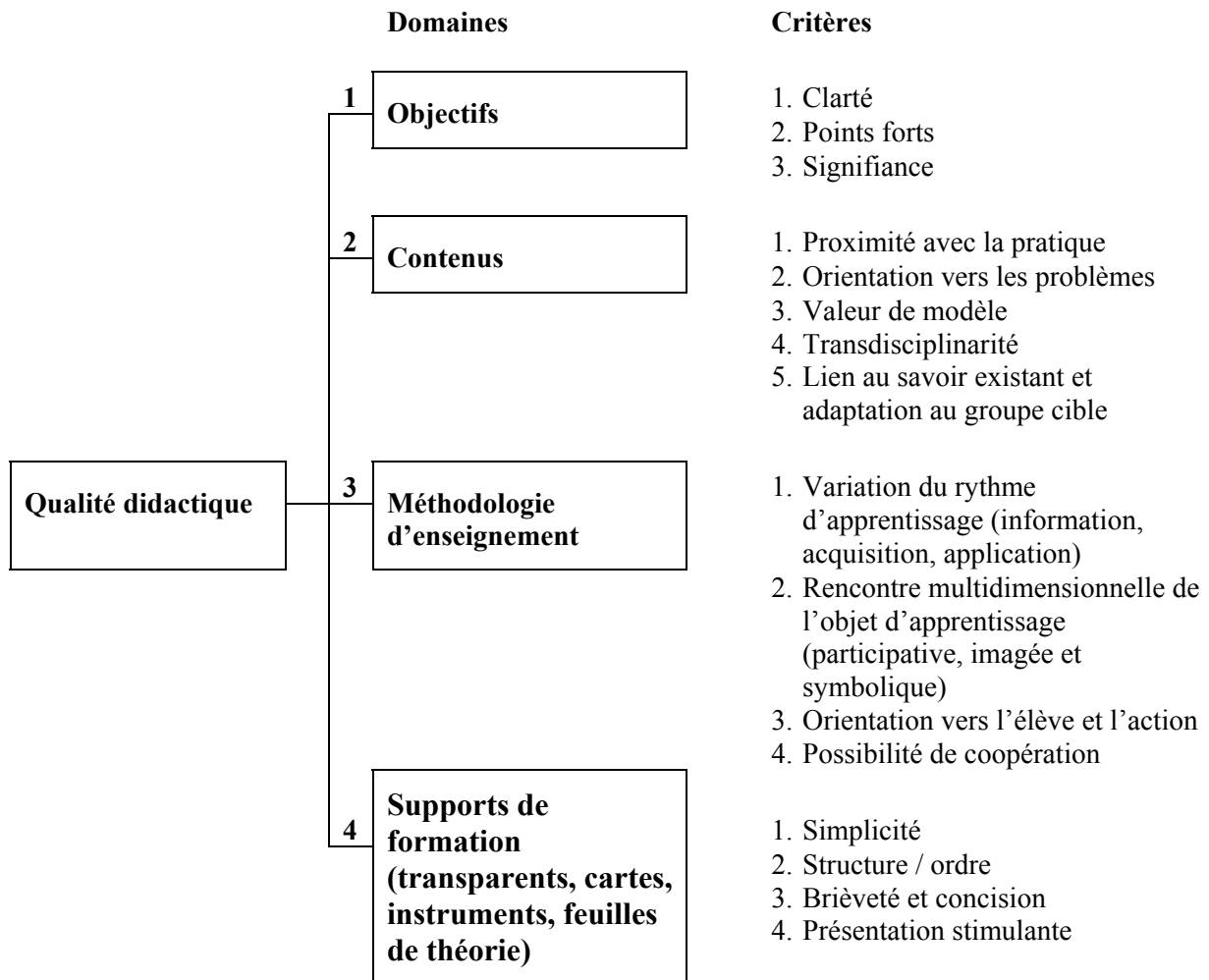


Figure 9 : Critères de qualité didactique

La méthodologie d'enseignement

La méthodologie d'enseignement comprend quatre principes. Le premier consiste à varier le rythme d'apprentissage en alternant les phases d'information avec celles d'acquisition et d'application (1. Variation du rythme d'apprentissage). Le deuxième principe implique la rencontre multidimensionnelle avec l'objet d'apprentissage (2. Rencontre multidimensionnelle avec l'objet d'apprentissage), c'est-à-dire que l'objet d'apprentissage doit être approché par le biais d'une représentation participative, imagée et symbolique. Les apprenant-e-s expérimentent la rencontre participative lorsqu'ils peuvent essayer, utiliser et manipuler l'objet d'apprentissage par eux-mêmes. Par représentation imagée, on entend la représentation des caractéristiques de l'objet étudié, au moyen de croquis, de schémas, de films, etc. La représentation symbolique s'opère lorsque le tout est décrit et expliqué en détail à l'aide de mots. La représentation multidimensionnelle contribue à la mémorisation, si possible durable, du savoir à long terme. Le troisième principe consiste à tendre vers un enseignement orienté vers l'élève et vers l'action. Cette exigence est remplie si l'on permet aux élèves de travailler de manière autonome et de récolter par eux-mêmes des informations (3. Orientation vers l'élève et l'action). Le quatrième principe implique la mise en œuvre de formes d'enseignement favorisant la coopération et la communication au sein de la classe (4. Possibilité de communication).

Supports de formation

Il est conseillé de varier les types de supports de formation : transparents, présentations PowerPoint, films, cartes et instruments. L'utilisation de supports visuels appropriés facilite l'apprentissage de la nanotechnologie et renforce l'efficacité d'apprentissage des méthodes d'enseignement appliquées.

Les supports de formation ont été évalués sur la base des critères énumérés ci-après englobant les quatre facteurs de compréhension de Schulz von Thun (2002) :

- Les supports de formation utilisés recourent à un langage simple (1. Simplicité).
- Les données sont présentées le plus simplement possible. L'information est structurée de manière claire et compréhensible (2. Structure / ordre).
- Le volume d'information est approprié (ni trop, ni trop peu) tout respectant la clarté de l'information (3. Brièveté / concision).
- La présentation des supports de formation est stimulante. Le choix de la mise en forme, des couleurs et des images les rend attractifs (4. Présentation stimulante).

Pour le projet NANO-4-SCHOOLS, il n'existait aucun matériel d'enseignement, raison pour laquelle des feuilles de théorie ont été utilisées.

3.2.4 Motivation d'apprentissage

La dimension *Motivation d'apprentissage* se réfère au modèle du processus d'apprentissage adaptatif selon Boekaerts (2002). Il s'articule en deux sous-catégories de motivation : la motivation contextuelle et la motivation spécifique au domaine (voir figure 10).

Boekaerts part de l'idée que la motivation d'apprentissage est fortement influencée par des facteurs contextuels. L'engagement dans l'apprentissage ne dépend pas uniquement des facteurs de personnalité stables, tels que la motivation intrinsèque et extrinsèque, ou de l'intérêt spécifique pour un domaine. En effet, l'appréciation par les apprenant-e-s de l'organisation des tâches et des facteurs qui en dépendent entrent également dans la balance. Un intérêt mitigé pour le thème de la nanotechnologie peut certes servir d'indicateur d'intensité pour l'engagement dans l'apprentissage. D'après le modèle de motivation de Boekaerts, le but de l'apprentissage est cependant essentiellement déterminé par des facteurs contextuels. Par exemple, si les apprenant-e-s peuvent effectuer eux-mêmes une expérience qu'ils jugent intéressante, il en découlera un effet positif sur leur engagement dans l'apprentissage. L'attrait pour une activité compte autant que l'intérêt personnel pour un domaine.

Dans notre cas, les critères d'évaluation sont déterminés par les facteurs contextuels de Boekaerts influençant la motivation d'apprentissage. Il s'agit de :

1. Importance de l'activité et de la matière attribuée par l'individu.
2. Sentiment subjectif de ses compétences pour les tâches proposées.
3. Attractivité des tâches.
4. But visé par l'apprentissage et état émotionnel associé.

Le cadre de référence doit être structuré en fonction des disciplines. Les questions se réfèrent aux activités d'apprentissage de l'ensemble de la discipline, à la discipline elle-même ou à un thème en particulier, mais pas à une tâche unique.

Cette façon d'aborder le problème permet d'éviter la collision entre la motivation spécifique au domaine et les questions spécifiques au thème ou à la discipline.

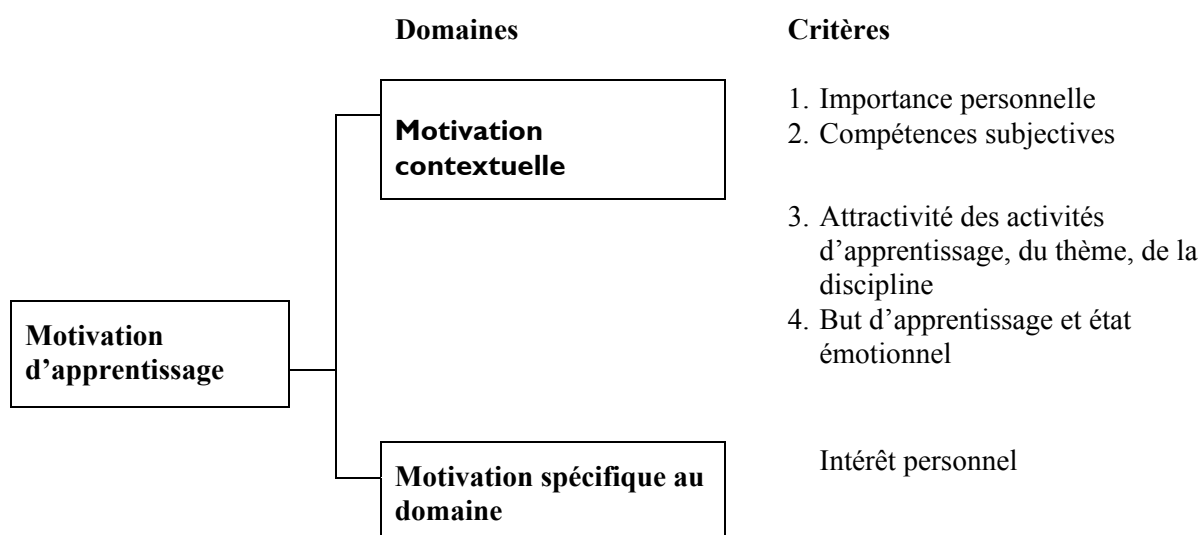


Figure 10 : Critères de motivation d'apprentissage

3.2.5 Construction du savoir

La dimension *Construction du savoir* couvre l'ensemble des données stockées dans la mémoire à long terme après avoir vécu la séquence d'enseignement. La reconnaissance de signification, la pré-structuration de l'information (vue d'ensemble et objectifs d'apprentissage), la présentation visuelle et verbale des informations ainsi que l'apprentissage actif sont autant de moyens d'améliorer les performances de mémorisation selon Gage/Berliner (1986). En d'autres termes, les mesures relatives à la *Qualité didactique* devraient influencer positivement les capacités d'assimilation des apprenant-e-s.

Sur la base d'un modèle de mémoire à long terme subdivisée en mémoire consciente déclarative et mémoire inconsciente procédurale (Eysenck & Keane, 1995), les capacités d'assimilation des connaissances se retrouvent dans les deux registres. La mémoire consciente englobe le savoir factuel ou « know that » (p.ex. la taille du nanomètre). Le savoir faire ou « know how » est caractéristique de la mémoire procédurale (p.ex. balayage des surfaces au moyen d'un microscope AFM) et se réfère au savoir d'activités apprises (voir figure 11).

Les capacités d'assimilation des connaissances ont fait l'objet d'une auto-évaluation subjective. Un tel test de performance permet de tirer quelques conclusions sur la qualité des séquences d'enseignement. Les affirmations qui en découlent, relatives à la construction de nouveaux savoirs, ne peuvent néanmoins avoir qu'une portée limitée.

Avec des instruments comme les tests de connaissances et le contrôle des acquis, il a été possible de sonder le niveau d'acquisition du nouveau savoir. Les résultats du contrôle des acquis nous informent dans quelle mesure les intentions et les objectifs d'apprentissage sont atteints. Etant donné qu'il n'existe encore aucun programme général en vigueur hormis les quelques jalons posés par le projet NANO-4-SCHOOLS, chaque enseignant-e a créé son propre programme. Par conséquent, le contenu du test dépendait des objectifs d'enseignement définis par chaque enseignant-e. En d'autres termes, les enseignant-e-s ont effectué à la fin de la séquence d'enseignement un test de connaissances dans le but de contrôler le niveau atteint conformément à la taxonomie des objectifs d'apprentissage (comprendre, expliquer, utiliser, mettre en relation, évaluer).

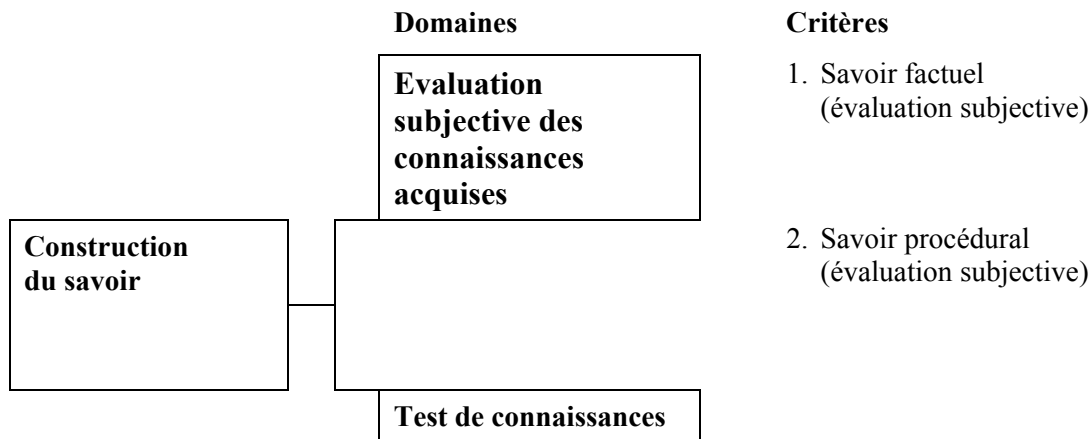


Figure 11 : Critères pour la construction du savoir

3.2.6 Instruments d'enquête

La méthode d'évaluation se base sur un questionnaire écrit de quatre pages (voir annexe). La première partie *Enseignement* traite de la qualité didactique et utilise l'échelle de Likert (1- total désaccord ; 2 plutôt en désaccord ; 3 indécis ; 4 plutôt en accord ; 5 total accord). Les questions permettent l'opérationnalité des critères de la qualité pour autant qu'elles soient adaptées à la sémantique usuelle des apprenant-e-s. S'il est facile pour un expert de répondre la question « Les contenus d'enseignement ont-ils valeur de modèle? », il en va autrement pour les apprenant-e-s. Pour eux, il est nécessaire de reformuler les questions pour les rendre compréhensibles. Ce compromis fréquent a mené vers des simplifications et a rendu difficile la différenciation de certains critères.

Les trois derniers points sous la rubrique *Enseignement* étaient destinés aux questions des enseignant-e-s.

La deuxième partie du questionnaire s'est penchée sur la *motivation d'apprentissage* des apprenant-e-s, mesurée sur une échelle à quatre niveaux (exemple : non, un peu, oui, très).

La troisième partie du questionnaire *Contrôle de connaissances* a été évaluée par la variable «construction du savoir». Des questions thématiques formulées de manière large ont contrôlé sur la base d'une échelle de points la capacité d'assimiler des connaissances. Cette partie était ouverte aux enseignant-e-s pour y placer un test de connaissances spécifiques aux contenus enseignés.

Les parties relatives à la motivation et à la capacité d'assimiler des connaissances se sont davantage concentrées sur le vécu personnel et le comportement des apprenant-e-s lors de l'enseignement de la nanotechnologie que sur les séquences d'enseignement en tant que telles.

Le questionnaire comporte 29 questions sur la qualité didactique et 15 questions sur la motivation d'apprentissage. Le nombre de questions sur les capacités d'assimiler des connaissances n'a pas été constant. Elles étaient en général au nombre de sept.

Des données démographiques ont été demandées au début du questionnaire. Celui-ci devait être rempli par les apprenant-e-s pendant la dernière période de cours. Un questionnaire similaire a été soumis aux enseignant-e-s après adaptation des questions. Dans la troisième partie (*Construction du savoir*), des questions ouvertes ont permis à chacun de s'exprimer librement.

3.3 Personnes interrogées

Au total, 21 classes et 336 apprenant-e-s ont suivi un enseignement de nanotechnologie. Au moment de l'évaluation, soit lors de la dernière période de cours, quelques apprenant-e-s étaient absent-e-s, ce qui explique que seulement 321 questionnaires ont été remplis. Les formations représentées étaient les suivantes :

Tableau 2 : Apprentissage/formation – année de formation- nombre de personnes

Apprentissage / Formation	Année d'apprentissage	Nombre d'apprenant-e-s	Nombre de questionnaires
Constructeurs Constructeurs MPT	2 ^e année	36	36
	1 ^e année	22	22
Polymécaniciens Polymécaniciens MPT	2 ^e année	59	59
	2 ^e année	22	22
Electroniciciens	3 ^e année	8	8
	4 ^e année	15	12
Informaticiens	2 ^e année	16	12
Automaticiens	2 ^e année	21	21
Assistants dentaires	1 ^e année	15	15
	2 ^e année	13	13
Assistants médicales	1 ^e année	26	26
	2 ^e année	35	35
Maturité professionnelle à plein temps	4 ^e année	20	18
Ecole technique	1 ^e année	28	22
Total		336	321

Les classes d'assistants dentaires et médicales ne comptaient que des femmes. Dans toutes les autres classes, les apprenant-e-s étaient en grande majorité des jeunes hommes.

Tableau 3 : Apprentissage et sexe

Apprentissage	Sexe		Total
	Masculin	féminin	
Automaticiens	21		21
Constructeurs / Polymécaniciens MPT	18	4	22
Constructeurs MPT	20	2	22
Maturité professionnelle à plein temps	18		18
Assistants dentaires		28	28
Electroniciens	20		20
Informaticiens	12		12
Constructeurs	30	6	36
Assistants médicales		61	61
Polymécaniciens	50	7	57*
Ecole technique	22		22
Total	211	108	319

* Deux personnes n'ont pas indiqué leur sexe

Remarque : MPT signifie maturité professionnelle technique

La distribution des âges est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Age et fréquence

Age	Fréquence	Pourcentage
16 ans	31	9.6
17 ans	85	26.5
18 ans	83	25.9
19 ans et plus	115	35.8
Données manquantes	7	2.2
Total	321	100

3.4 Qualité didactique: résultats

3.4.1 Taux de satisfaction

La satisfaction des apprenant-e-s vis-à-vis de la qualité didactique (question 28) donne une première impression générale sur la nouvelle discipline de nanotechnologie. La satisfaction, en tant que mesure générale de l'enseignement, se subdivise en plusieurs facettes qui seront détaillées par la suite dans ce chapitre.

La satisfaction atteint le résultat remarquable de 3.88 en moyenne (échelle de 1 à 5). Exprimé en pourcent, le degré de satisfaction s'élève à 77.6%.

La distribution statistique de la question 28 est représentée à la figure 12.

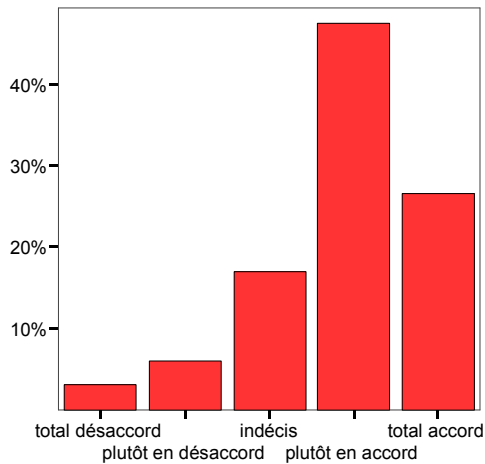
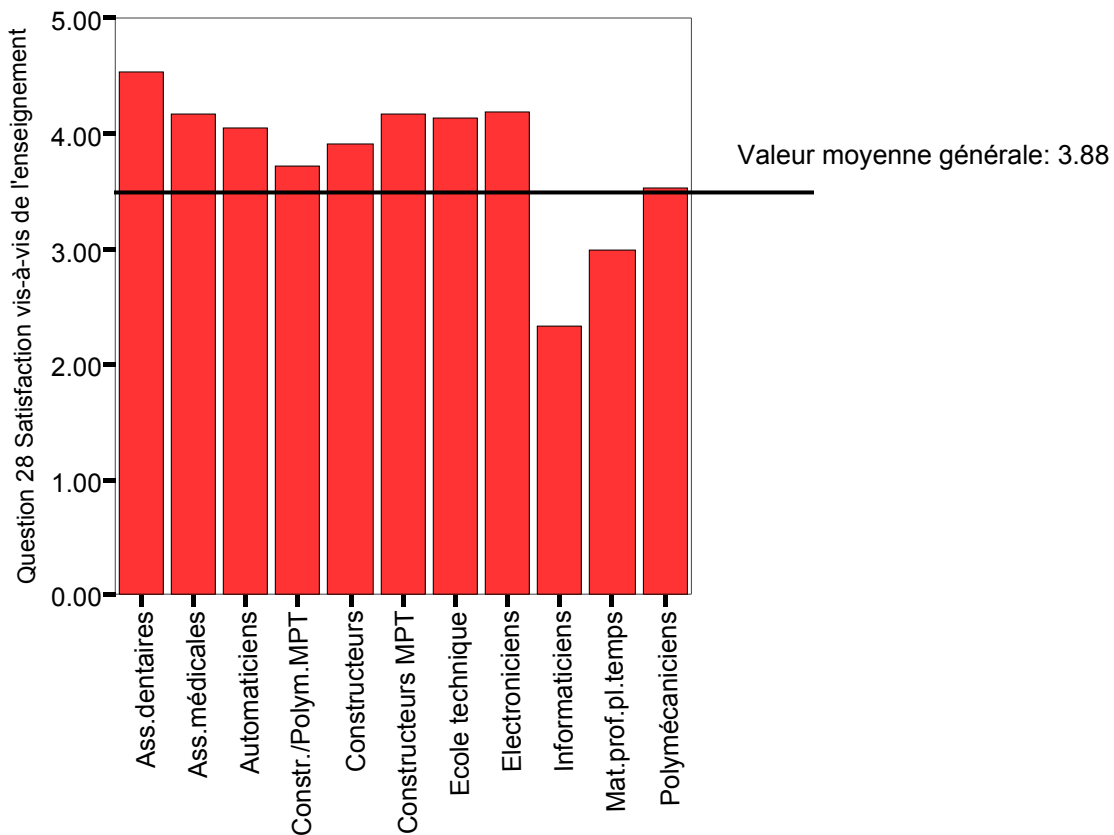


Figure 12 : Satisfaction vis-à-vis de l'enseignement

Comme l'enseignement a été donné dans les classes par des enseignant-e-s différent-e-s, il se pose la question des différences spécifiques aux groupes professionnels. On peut lire sur la figure 13 que la satisfaction vis-à-vis de l'enseignement atteint la valeur moyenne de 4 auprès de neuf groupes professionnels. Elle chute par contre drastiquement auprès de deux groupes (informaticiens et maturité professionnelle à plein temps). Ces valeurs basses n'ont pas de lien direct avec l'intérêt pour la nanotechnologie. L'enseignant responsable des informaticiens m'a en effet communiqué avoir manqué de temps, et ainsi « sacrifié » la partie expérimentale. En ce qui concerne la maturité professionnelle à plein temps, l'enseignant responsable a privilégié la diversité des groupes professionnels (automaticien, informaticien, couturier, ébéniste, polymécanicien, électronicien). Cette hétérogénéité a nettement compliqué l'approche professionnelle spécifique à chaque groupe de métier.

Valeurs moyennes



Remarque : MPT signifie maturité professionnelle technique

Figure 13 : Satisfaction spécifique aux groupes professionnels

3.4.2 Evaluation des séquences d'enseignement : forces et faiblesses

Le tableau 5 présente les valeurs moyennes de toutes les questions relatives à la qualité didactique. La colonne *questions* énumère les questions ayant servi à rendre opérationnel chacun des critères. Lorsque plusieurs questions ont été nécessaires pour cette opération, la valeur moyenne de toutes les questions est inscrite dans la colonne *Valeur moyenne*. La colonne *Valeur moyenne par question* ne reprend que la valeur moyenne propre à chaque question.

Les questions adressées aux enseignant-e-s et la question spécifique à la tâche se réfèrent à des critères supplémentaires, extérieurs aux quatre domaines de l'enseignement. Leur valeur moyenne est donnée à la fin du tableau.

Tableau 5 : Valeurs moyennes des questions relatives à la qualité didactique

Domaines	Critères	Questions	Valeurs moyennes	Valeurs moyennes par question
1 Objectifs	1. Clarté 2. Points forts 3. Sens <i>Domaine</i>	1;2;13 7; 17 26	3.69 3.77 3.54 3.69	1:4.04; 2:3.51;13:3.52 7:3.77;17:3.77
2 Contenus	1. Proximité avec la pratique 2. Orientation vers les problèmes 3. Valeur de modèle 4. Transdisciplinarité 5. Rattachement au savoir existant et adaptation au public cible <i>Domaine</i>	9;18;21 27 15 16;22 4;23	3.46 3.67 4.22 3.2 3.6 3.54	9:3.13;18:3.89;21:3.37 16:3.25;22:3.15 4:3.39 ;23 :3.81
3 Méthodologie	1. Variation du rythme d'apprentissage (information, acquisition, application) 2. Rencontre multidimensionnelle de l'objet d'apprentissage (imagée et symbolique) 3. Orientation vers l'élève et l'action 4. Possibilité de coopération <i>Domaine</i>	14; 25 8 10; 24 3.6	3.45 3.98 3.88 3.93 3.78	14:3.8; 25:3.11 10:3.95;24:3.81 3: 3.98; 6:3.88
4 Supports de formation (transparents, cartes, instruments, feuilles de théorie)	1. Simplicité 1. Structure / ordre 2. Brièveté et concision 3. Présentation stimulante <i>Domaine</i>	5; 12; 19	4.04 4.04	5: 4.16; 12:3.95; 19:4.02
Enseignant-e		11; 20	4.39	11: 4.4; 20: 4.38
Spécificité de la tâche		29	4.07	

Remarque : Les réponses du questionnaire ont été codées de la manière suivante (1-total désaccord ; 2 plutôt en désaccord ; 3 indécis ; 4 plutôt en accord ; 5 total accord)

Pour la partie « forces et faiblesses » du tableau 6, les résultats concernant la qualité didactique des séquences d'enseignement sont indiqués de la manière suivante : ⊕ *suffisant*, ⊕⊕ *moyen à bon*, ⊕⊕⊕ *bon à très bon*. Les valeurs les plus basses tombaient dans la catégorie *suffisant*, les meilleures valeurs dans la catégorie *bon à très bon*, et les valeurs intermédiaires dans la catégorie *moyen à bon*. Il s'ensuit l'échelonnement suivant :

Valeur moyenne ≤ 3.4 le critère d'enseignement atteint le niveau *suffisant*
 Valeur moyenne > 3.4 ≤ 3.8 le critère d'enseignement atteint le niveau *moyen à bon*
 Valeur moyenne ≥ 3.8 le critère d'enseignement atteint le niveau *bon à très bon*

Un signe ⊕ équivaut à une performance *suffisante* et correspond aux valeurs moyennes de ≤ 3.4. Cette appréciation s’explique de deux manières. Elle signale soit que les critères d’enseignement correspondants peuvent être encore améliorés et qu’il est nécessaire de le faire, soit qu’il existe des faiblesses mineures au niveau du programme d’enseignement. Deux signes ⊕⊕ reflètent des valeurs moyennes entre 3.4 et 3.8. Dans ce cas, les critères de qualité sont considérés comme *moyen à bon*. Des améliorations isolées peuvent encore être apportées. Les appréciations à trois signes ⊕⊕⊕ correspondent aux valeurs moyennes de ≥ 3.8 et sont qualifiées de *bon à très bon*. Elles se situent au sommet de l’échelle d’évaluation et ne demandent que très peu de modifications. Elles signalent les forces des séquences d’enseignement correspondantes.

Tableau 6 : Forces et faiblesses des séquences d’enseignement

Domaines	Critères	Critères atteints	
1 Objectifs	1. Clarté	(moyen à bon) bon à très bon	⊕⊕⊕
	2. Points forts	moyen à bon	⊕⊕
	3. Sens	moyen à bon	⊕⊕
2 Contenus	1. Proximité avec la pratique	suffisant (moyen à bon)	⊕
	2. Orientation vers les problèmes	moyen à bon	⊕⊕
	3. Valeur de modèle	bon à très bon	⊕⊕⊕
	4. Transdisciplinarité	suffisant	⊕
	5. Lien avec le savoir existant et adaptation au public cible	moyen à bon	⊕⊕⊕
3 Méthodologie	1. Variation du rythme d’apprentissage (information, acquisition, application)	moyen à bon bon à très bon	⊕⊕ ⊕⊕⊕
	2. Rencontre multidimensionnelle de l’objet d’apprentissage (participative, imagée et symbolique)	bon à très bon bon à très bon	⊕⊕⊕ ⊕⊕⊕
	3. Orientation vers l’élève et l’action		
	4. Possibilité de coopération		
4 Supports de formation (transparents, cartes, instruments, feuilles de théorie)	1. Simplicité	} bon à très bon	⊕⊕⊕
	2. Structure / ordre		
	3. Brièveté et concision		
	4. Présentation stimulante		
Engagement et préparation de l’enseignant		bon à très bon	⊕⊕⊕
Point spécifique : mesures avec le microscope AFM		bon à très bon	⊕⊕⊕

Ci-après, les forces et les faiblesses des différents domaines de la qualité didactique sont commentées et illustrées au moyen des données du tableau 5 et au moyen de graphiques de distribution détaillés.

3.4.3 Objectifs

Les séquences d’enseignement développées montrent dans le domaine *Objectifs* un degré de satisfaction moyen. Le critère de la clarté (1. Clarté) est considéré comme *bon à très bon*. Cette appréciation se fonde principalement sur la question 1 « facilité à suivre le contenu » (valeur moyenne 4.04). Néanmoins, il faut aussi remarquer que la formulation des objectifs d’apprentissage manquait de clarté (question 2, valeur moyenne 3.51) et que le fil rouge n’a pas toujours été visible (question 13, valeur moyenne 3.52). Ces remarques expliquent la deuxième appréciation *moyen à bon* entre parenthèses.

Le critère des *Points forts* (2. Points forts) est considéré comme *moyen à bon*. Les points forts n'étaient que partiellement compréhensibles (question 7, valeur moyenne 3.77) et la structure et la systématique de l'enseignement pourraient encore être améliorées (question 17, valeur moyenne 3.77).

Le critère du *Sens* (3. Sens) a aussi été évalué comme *moyen à bon*. Certes, les séquences d'enseignement développées affichent une certaine proximité avec la vie courante (question 26, valeur moyenne 3.54), mais il faudrait encore leur donner davantage de sens par rapport au vécu des apprenant-e-s.

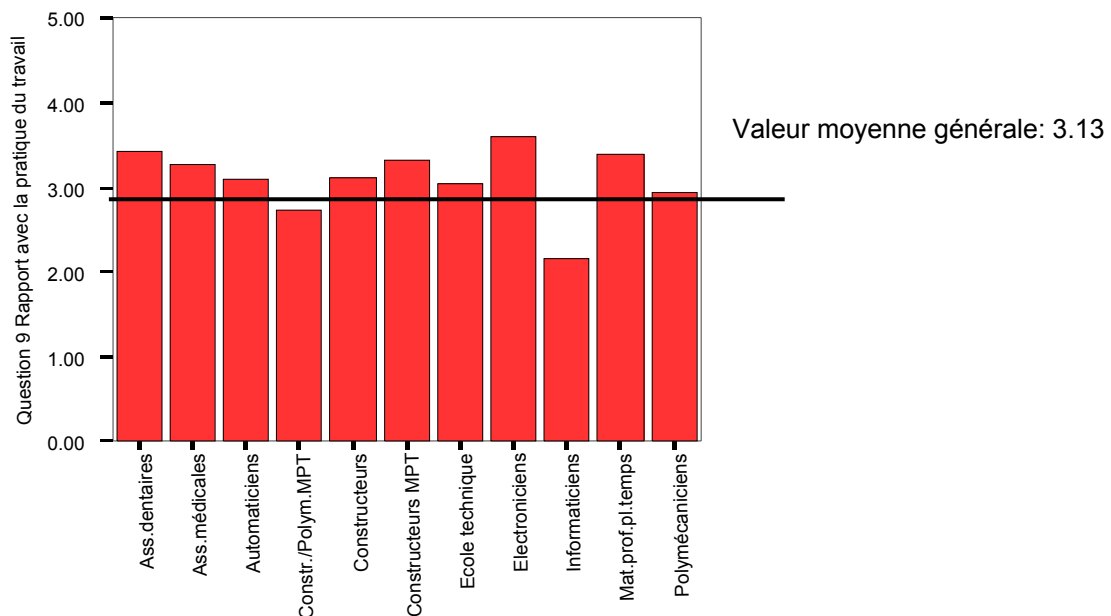
3.4.4 Contenus

Dans le deuxième domaine *Contenus*, les séquences d'enseignement ont montré quelques faiblesses, mais aussi des forces avec des critères qualifiés de *bon à très bon*.

Les séquences d'enseignement semblent avoir été suffisamment proches de la pratique (1. Proximité avec la pratique). Néanmoins, les apprenant-e-s n'ont pu tisser que des liens approximatifs entre leur activité professionnelle et les nouvelles connaissances (question 9, valeur moyenne 3.13). Ils ont trouvé que cette nouvelle discipline avait peu de points communs avec leur activité professionnelle (question 21, valeur moyenne 3.37).

Par contre, la question concernant l'adaptation des exemples à la vie courante (question 18) a obtenu un résultat nettement supérieur (valeur moyenne de 3.89). Sur les trois critères précités, le point faible des séquences d'enseignement développées est celui de la proximité avec la pratique professionnelle.

Ce résultat est globalement indépendant de l'orientation professionnelle choisie. L'évaluation est similaire pour tous les groupes professionnels consultés (voir figure 14). Le lien suffisant avec la pratique n'a été ni infirmé ni confirmé par les apprenant-e-s.



Remarque : MPT signifie maturité professionnelle technique

Figure 14 : Liens avec la pratique de l'apprentissage

La valeur (extrêmement basse) attribuée par les informaticiens doit être considérée avec réserve. En effet, on se rappellera que les conditions d’enseignement pour cette classe n’ont pas été idéales.

Le principe d’un enseignement orienté vers les problèmes (2. Orientation vers les problèmes) est qualifié de *moyen à bon* dans les séquences d’enseignement. Les apprenant-e-s ont estimé que la nanotechnologie a été enseignée au moyen de problèmes réels, concrets et proches de la vie courante (question 27, valeur moyenne 3.67).

Dans le domaine des contenus, le troisième critère (3. Valeur de modèle) s’est révélé être une force, avec une évaluation de *bon à très bon*. Les séquences d’enseignement ont su intégrer des exemples marquants (question 15, valeur moyenne 4.22). Ces exemples ont une valeur de modèle, car ils laissent clairement transparaître l’importance technique et économique de la nanotechnologie.

L’aspect de la transdisciplinarité (3. Transdisciplinarité) n’a atteint que l’appréciation *suffisant* et doit par conséquent être considéré comme faiblesse. Les séquences d’enseignement devraient renforcer cette dimension transdisciplinaire. Les liens avec d’autres disciplines (question 16, valeur moyenne 3.25) n’étaient que partiellement perceptibles pour les apprenant-e-s. Seul 42.5%, soit 136 personnes interrogées, ont coché « plutôt en désaccord » ou « total désaccord ». La réponse la plus fréquente était « indécis » (119 personnes, soit 37.1%).

La question 22 montre un résultat similaire (moyenne 3.15). Il semble qu’il a été difficile d’intégrer des savoirs issus d’autres disciplines (voir figure 15).

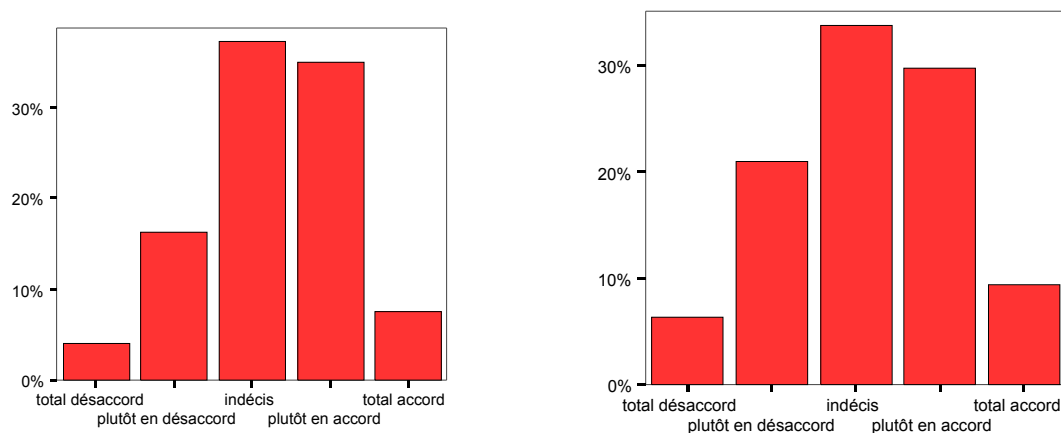


Figure 15 : Graphique de distribution des questions 16 et 22
Liens avec les autres disciplines et les connaissances existantes

L’évaluation de la dimension transdisciplinaire ne varie pas en fonction de l’orientation professionnelle. Le manque de transdisciplinarité a été relevé de manière identique par tous les groupes professionnels avec une valeur moyenne de 3.00 (voir figure 16)

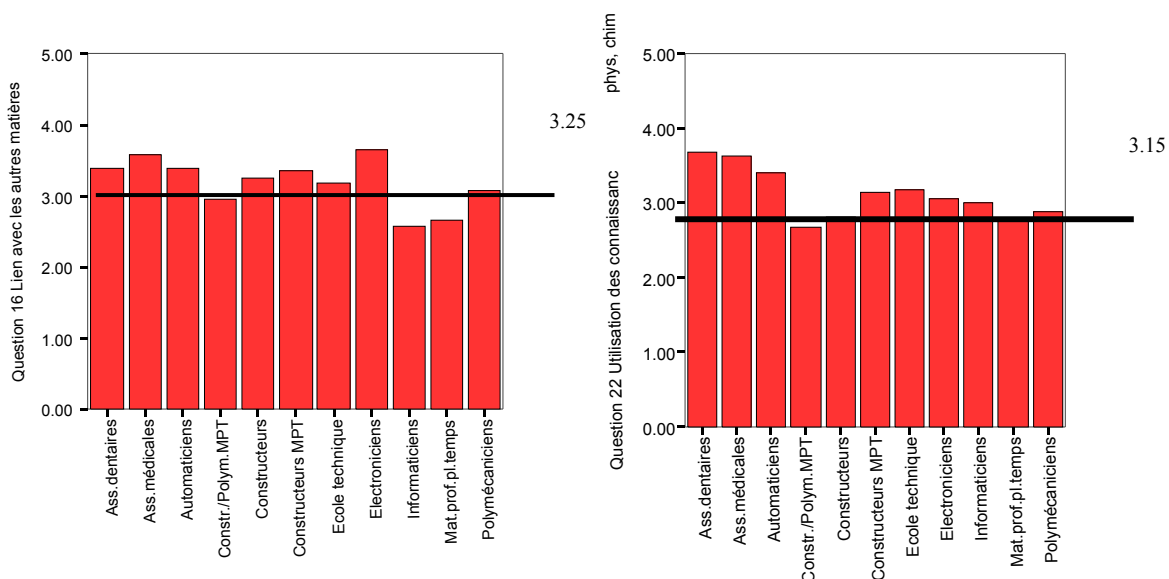


Figure 16 : Transdisciplinarité de l'enseignement selon le type de formation

De plus, il faut constater que les contenus des séquences d'enseignement sont adaptés au niveau des apprenant-e-s. Le critère d'adaptation au public cible (5. Rattachement au savoir existant) a été qualifié de *moyen à bon*. D'une part, les apprenant-e-s étaient d'avis qu'ils ne pouvaient tisser que des liens limités entre la thématique de la nanotechnologie et leur savoir actuel (question 4, valeur moyenne 3.39). Malgré cette constatation, ils ont estimé l'enseignement adapté à leur niveau (question 23, valeur moyenne 3.81).

3.4.5 Méthodologie d'enseignement

Le domaine de la *méthodologie d'enseignement* s'est distingué comme étant une force des séquences d'enseignement développées. On peut lire sur le tableau 6 que trois des critères définis ont obtenu la qualification $\oplus\oplus\oplus$. Seul le critère du rythme d'apprentissage a reçu la note $\oplus\oplus$.

Le critère de variation du rythme d'apprentissage (1. Variation du rythme d'apprentissage) a été évalué comme *moyen à bon*. Pour les apprenant-e-s, il aurait été opportun de faire plus d'exercices pratiques (question 25, valeur moyenne 3.11). Ils étaient néanmoins d'avis que l'enseignement était varié (question 14, valeur moyenne 3.8).

Le critère de la rencontre multidimensionnelle avec l'objet d'apprentissage (2. Rencontre multidimensionnelle) a obtenu la qualification *bon à très bon*. La question 8 qui sondait la clarté de la transmission du savoir a été très bien notée (valeur moyenne 3.98). Seule la question 8 se référait expressément au principe didactique de la représentation imagée et symbolique, mais pas à la représentation participative.

A ce sujet, il faut noter que la partie de l'enseignement incluant l'utilisation du microscope AFM a concrétisé le principe de la représentation participative. Dans les résultats d'évaluation, les apprenant-e-s ont de manière générale manifesté un très grand intérêt pour les activités d'apprentissage autour du microscope AFM (question 29, valeur moyenne 4.07). 77% des apprenant-e-s étaient d'avis qu'il ne s'agissait pas d'une tâche ennuyeuse (voir figure 17). Les constatations sont identiques en ce qui concerne la fabrication de la cellule Grätzel. Seules quelques classes ont suivi cette séquence d'enseignement. La valeur moyenne s'élève à 4.46, ce qui signifie que la fabrication autonome d'une cellule Grätzel a été jugée

très intéressante par les apprenant-e-s. Cette séquence se base également sur le principe de la rencontre multidimensionnelle de l'objet d'apprentissage.

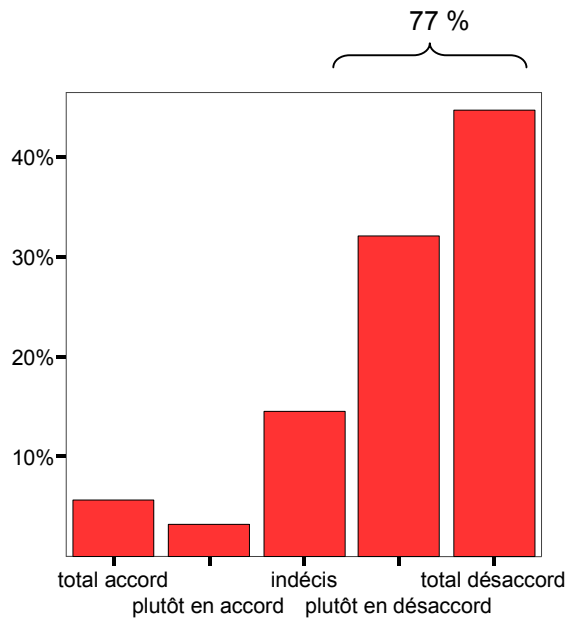
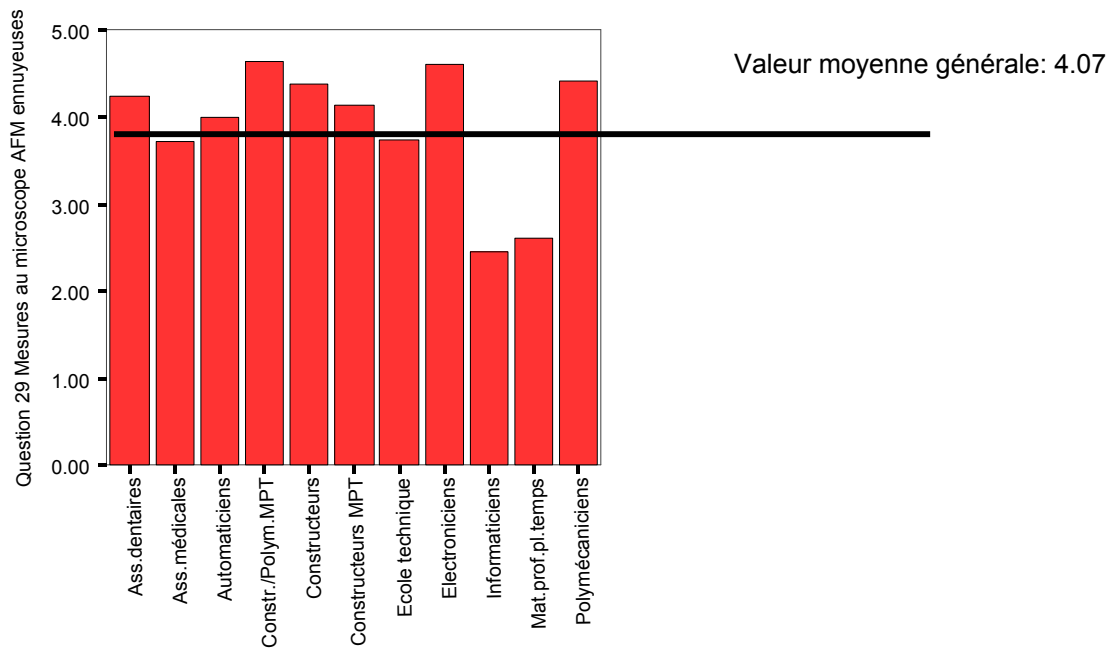


Figure 17 : Graphique de distribution de la question 29, mesures avec le microscope AFM

La figure 18 montre la distribution des résultats pour le travail avec le microscope AFM en fonction des filières de formation. Les valeurs obtenues atteignent le niveau élevé de 4, si l'on ne tient pas compte des valeurs attribuées par les informaticiens et le groupe « maturité plein temps ». Les circonstances particulières de ces deux classes ont déjà été explicitées.



Remarque : MP signifie maturité professionnelle

Figure 18 : Question 29, mesures avec le microscope AFM en fonction des filières de formations

Les séquences d'enseignement ont traité le sujet en l'orientant vers l'élève et vers l'action. Elles ont en cela satisfait *bien à très bien* au critère 3. « Orientation vers l'élève et l'action ». La proximité avec le quotidien de l'apprenant-e s'avère être une force des séquences d'enseignement développées. La question 10 interrogeant sur l'activité indépendante affiche une valeur moyenne de 3.95. La question 24 confirmait l'intérêt de plusieurs formes d'enseignement (frontal et travaux de groupe) avec une valeur moyenne de 3.81.

Les séquences d'enseignement satisfont également en grande partie le critère de coopération (4. Possibilité de coopération) avec un degré de satisfaction de *bon à très bon*. Ce résultat est illustré par les réponses aux questions 3 et 6. Les apprenant-e-s ont estimé avoir pu bénéficier d'espace suffisant pour travailler ensemble (valeur moyenne 3.98) et participer suffisamment aux tâches (valeur moyenne 3.88).

3.4.6 Supports de formation

Selon le tableau 6, les supports de formation ont satisfait en grande partie aux critères de clarté (*bien à très bien*). On peut citer entre autres les extraits du CD-ROM SIBP NANO-4-SCHOOLS et le film de la Commission européenne « Nanotechnologie ». Les apprenant-e-s ont trouvé le matériel visuel adapté à l'enseignement (question 5, valeur moyenne 4.16), la documentation distribuée compréhensible (question 12, valeur moyenne 3.95) et les schémas et croquis utilisés utiles (question 19, valeur moyenne 4.02).

3.5 Motivation d'apprentissage: résultats

3.5.1 Etablissement de l'échelle d'évaluation

La motivation d'apprentissage est évaluée d'après les quatre dimensions suivantes : *Intérêt pour la matière*, *Engagement pour la matière*, *Sentiments pour la matière* et *Activités d'apprentissage motivantes*. Ces dimensions ont été sondées par le biais d'une combinaison judicieuse de questions s'appuyant sur le concept de la motivation et sur l'exploitation statistique des résultats. Les questions 3 et 8 n'ont pas été prises en compte (difficulté d'interprétation).

Le tableau 7 montre la composition des quatre dimensions et indique la fiabilité des valeurs obtenues.

Tableau 7 : Dimensions de la motivation d'apprentissage avec les questions et les valeur de fiabilité

Dimension	N° de la question	Résumé de la question	Cronbach Alpha
Intérêt pour la matière	1 2 9	Enthousiasme pour la nanotechnologie Utilité de la matière Intérêt d'approfondissement	0.75
Engagement pour la matière	4 5 6	Qualité des activités d'apprentissage Engagement pour les activités d'apprentissage Importance de la réussite des activités	0.74
Sentiments pour la matière	11 12 13 14 15	Sentiment de bien-être Sentiment de détente Absence de stress Absence d'ennui Sentiment de sécurité	0.77
Activités d'apprentissage motivantes	7 10	Activités d'apprentissage intéressantes Activités d'apprentissage motivantes	0.59

3.5.2 Dimension de la motivation d'apprentissage : concept et résultats expérimentaux

Les résultats empiriques s'écartent en partie des valeurs théoriques du concept de motivation du processus d'apprentissage adaptatif selon Boekaerts (2002) et des dimensions correspondantes.

L'*intérêt pour la matière* doit être considéré à la fois comme motivation spécifique au domaine et comme motivation contextuelle. En effet, à l'attrait et l'intérêt général pour ce domaine s'ajoute l'intérêt suscité par les activités proposées.

La dimension *Engagement pour la matière* reflète une composante fondamentale de la théorie, c'est-à-dire le critère de la compétence individuelle subjective. Cette base théorique est pleinement vérifiée par la dimension *Sentiments pour la matière* qui comprend le critère du but d'apprentissage et de l'état émotionnel associé.

La dimension des *Activités d'apprentissage motivantes* permet également une interprétation conceptuelle et correspond au critère de l'attractivité des activités d'apprentissage, du thème et de la matière.

3.5.3 Intérêt pour la matière – Engagement – Sentiment général – Activités d'apprentissage

Aucune des quatre dimensions de motivation étudiées n'a atteint des valeurs moyennes générales élevées (échelle 1-4). L'*Intérêt pour la matière* a obtenu la moyenne de 2.63, l'*Engagement pour la matière* 2.81, les *Sentiments pour la matière* 3.02 et les *Activités d'apprentissage motivantes* 2.74 (voir figure 19 et le tableau 18).

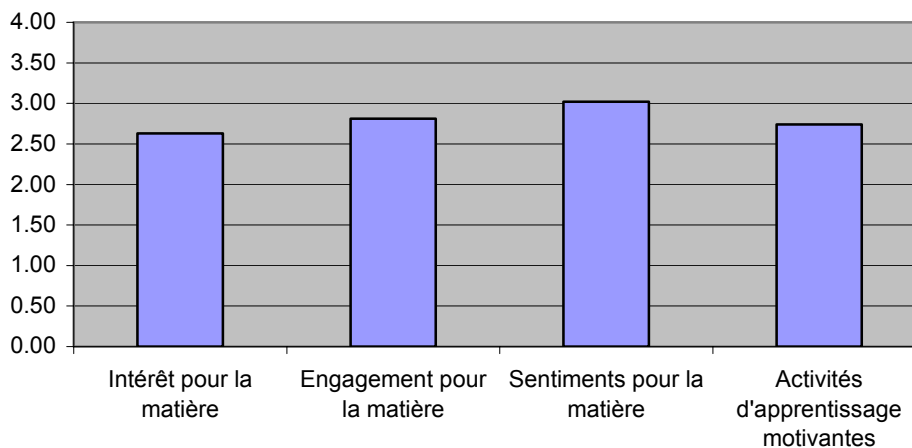


Figure 19 : Valeurs moyennes de la motivation d'apprentissage

Tableau 8 : Valeurs moyennes par groupe professionnel et dimensions de la motivation d'apprentissage

Apprentissage / Formation Echelle 1 - 4	Intérêt pour la matière	Engagement pour la matière	Sentiments pour la matière	Activités d'apprentissage motivantes	Nombre
Automaticiens	2.33	2.89	2.88	2.71	18-19
Constructeurs / Polymécaniciens MPT	2.77	2.63	3.03	2.79	21-22
Constructeurs MPT	2.96	2.86	3.33	2.95	22
Maturité professionnelle à plein temps	2.31	2.92	2.71	2.55	18
Assistants dentaires	2.10	3.30	3.29	2.61	13
Electroniciciens	3.06	2.83	3.05	2.87	8
Informaticiens	2.22	2.36	2.43	2.16	12
Constructeurs	2.84	2.79	3.14	2.80	36
Assistants médicales	2.58	2.94	3.16	2.95	52
Polymécaniciens	2.66	2.68	2.85	2.67	58
Ecole technique	2.71	2.75	3.09	2.65	21-22
Valeur moyenne générale	2.63	2.81	3.02	2.74	

Remarque : MPT signifie maturité professionnelle technique

Dans la comparaison des évaluations faites dans les différentes filières de formation, il faut tenir compte que deux classes, soit une classe d'assistantes dentaires et une autre d'électroni, n'ont pas fourni d'évaluation.

Le tableau 9 permet de constater le haut niveau de corrélation des quatre dimensions, ce qui met en évidence leur interdépendance.

Tableau 9 : Valeurs de corrélation entre les dimensions de la motivation d'apprentissage

	Intérêt pour la matière	Engagement pour la matière	Sentiments pour la matière
Intérêt pour la matière			
Engagement pour la matière	.36**		
Sentiments pour la matière	.38**	.43**	
Activités d'apprentissage motivantes	.57**	.61**	.44**

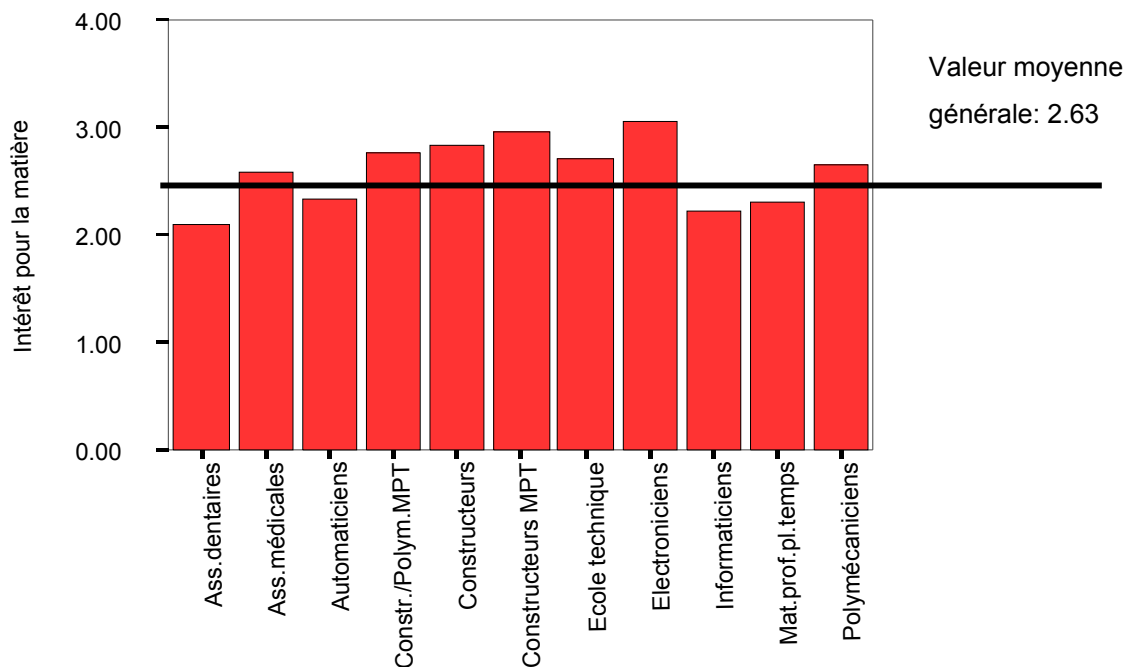
** p ≤ 0.01 doublement significatif

Au regard des valeurs absolues, l'Intérêt pour la matière varie en intensité d'un groupe professionnel à l'autre (voir figure 20). La valeur maximale de 3.06 a été obtenue chez les électroniciens. Chez les constructeurs MPT et les constructeurs, les valeurs ont été

respectivement de 2.96 et 2.84 Les valeurs les plus basses ont été données par les assistantes dentaires (2.1) et les informaticiens (2.22).

Les valeurs particulièrement basses attribuées par les assistantes dentaires sont étonnantes, d'autant plus que cette classe a montré un haut degré de satisfaction (moyenne 4.38, soit 88%). On peut expliquer cette contradiction apparente par l'échec partiel d'une des principales activités d'apprentissage les mesures avec le microscope AFM qui ne fonctionnait pas correctement. En ce qui concerne les informaticiens, les circonstances particulières de cette classe ont déjà été signalées.

Exception faite de ces deux cas particuliers, l'intérêt pour la matière ne semble pas dépendre du groupe professionnel.



Remarque : MPT signifie maturité professionnelle technique

Figure 20 : Intérêt pour la matière en fonction des filières de formation

De même, les trois autres dimensions de la motivation d'apprentissage ne présentent pas de particularités liées à la profession. L'engagement, les sentiments et les activités d'apprentissage motivantes ne diffèrent pas sensiblement entre les différents groupes professionnels. La seule différence marquante pour les trois domaines est l'écart important entre la valeur minimale (groupe des informaticiens) et la valeur maximale. En ce qui concerne les informaticiens, il a déjà été fait mention des circonstances défavorables à l'enseignement dans cette classe.

3.6 Résultats de la construction du savoir

Pour la troisième partie de l'évaluation, qui porte sur les connaissances assimilées, il faut noter certaines variations dans la forme et le mode de réalisation.

L'enquête relative à l'estimation subjective de la construction du savoir n'a pas été effectuée dans toutes les classes. Ainsi, à la fin du module de nanotechnologie, certaines classes ont uniquement passé un test de connaissances évaluatif et non sommatif, tandis que d'autres ont

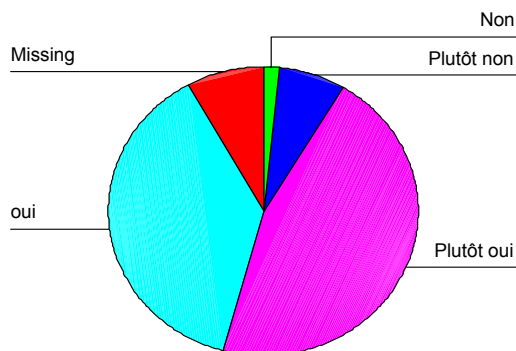
rempli le questionnaire correspondant sur les connaissances acquises d'après la construction du savoir. La matière à mémoriser dépend cependant des objectifs d'apprentissage, raison pour laquelle toutes les classes n'ont pas répondu aux mêmes questions.

Néanmoins, trois questions ont été posées dans la majorité des classes (auprès de 267 apprenants). Elles portaient sur l'appréciation subjective des points suivants :

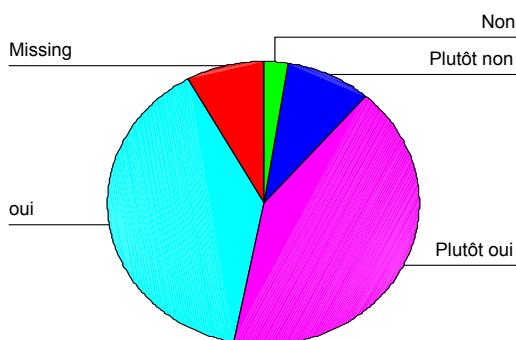
- a) Savoir expliquer le nanomètre en comparant sa taille avec un exemple concret.
- b) Savoir énumérer des exemples de la vie courante dont les propriétés sont déterminées par la nanotechnologie.
- c) Savoir expliquer le mode de fonctionnement d'un microscope AFM.

Les apprenant-e-s, pour la majorité, pensaient avoir acquis le savoir relatif aux points ci-dessus. Seules quelques personnes ont répondu « non » ou « plutôt non ». La question a) a obtenu le score de 91%, la question b) de 89% et la question c) 79% (voir figure 21).

Question a) : Donner un ordre de grandeur du nanomètre (« oui » et « plutôt oui » ont totalisé 91%)



Question b) : Enumérer des exemples de la vie courante (« oui » et « plutôt oui » ont totalisé 89%)



Question c) : Expliquer le fonctionnement du microscope AFM (« oui » et « plutôt oui » ont totalisé 79%)

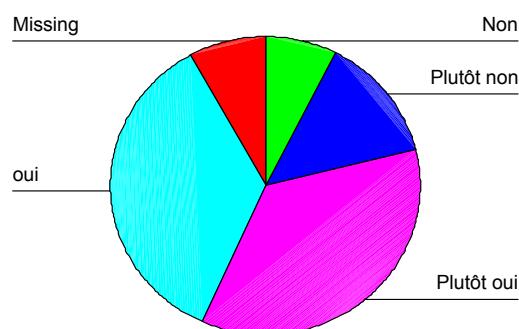


Figure 21 : Construction du savoir

En ce qui concerne la construction du savoir, nous disposons également de données pour une question fréquemment posée : « Quels sont les sujets de nanotechnologie dont vous vous rappelez ? ». A cette question ouverte, les apprenant-e-s ont presque tous cité l'*AFM* et les *applications*. Quand le point fort de l'enseignement était la construction d'une cellule Grätzel, cette activité a été fréquemment mentionnée à la place du microscope AFM.

3.7 Interprétation et conclusions

3.7.1 Qualité didactique et construction du savoir

Il ressort clairement de l'évaluation des séquences d'enseignement (résumé au tableau 6) que le plus grand potentiel de créativité se situe au niveau des contenus. Une attention particulière doit donc être portée sur ce domaine.

Pour l'instant, la nanotechnologie n'est pas apparue comme une discipline proche de la pratique. Les apprenant-e-s ne peuvent pas transférer facilement ce savoir vers leur pratique professionnelle. De manière générale, il semble que les produits issus de la nanotechnologie soient encore peu présents sur le marché. L'application de la nanotechnologie n'a pas encore franchi le seuil de la production en série.

Cette situation est peut-être à l'origine du manque de fondement pratique de la nanotechnologie. La force innovatrice de la nanotechnologie n'en a pas moins fasciné les apprenant-e-s, notamment lors des mesures avec le microscope AFM, de la construction d'une cellule Grätzel ou de l'expérimentation de l'effet lotus.

Conçues pour être orientées vers l'action, ces activités obtiennent par conséquent de bons résultats. Elles permettent également à l'apprenant-e de comprendre la nanotechnologie. Elles mettent en lumière plusieurs aspects de la nanotechnologie et rendent compréhensibles les dimensions des structures en jeu. L'utilisation de la nanométrie étant à ses débuts, les applications pratiques et les exemples sont encore rares.

D'un point de vue didactique, si l'on envisage les perspectives offertes par le nanomonde aux capacités humaines de représentation, le choix des échantillons d'analyse pour le microscope AFM acquiert beaucoup d'importance. Un regard didactique avisé a été nécessaire pour sélectionner les échantillons appropriés : pour les assistantes dentaires, c'est la surface d'une dent, pour les polymécaniciens de la surface d'un métal résistant aux rayures, pour les

informaticiens du sillon d'un CD, pour les électroniciens d'un verre recouvert d'une couche conductrice d'oxyde de zinc.

Les échantillons de mesure ont été soigneusement rassemblés dans une petite mallette. Ces échantillons sont la clé didactique, ce qui permet le passage du monde professionnel de l'apprenant-e au nanomonde dont les dimensions sont rendues accessibles grâce au microscope AFM. Cet instrument constitue un attrait certain et facilite l'introduction au thème des nanotechnologies. Il importe de donner une place prépondérante au rapport à la pratique. Les apprenant-e-s sont souvent trop sollicités par les intérêts professionnels et les savoirs connexes pour reconnaître facilement le rapport important avec la pratique professionnelle, et ce d'autant plus que les effets de la nanotechnologie ne sont pas encore suffisamment évidents.

Lors de leur première rencontre avec la nanotechnologie, les apprenant-e-s ne sont pas conscient-e-s de l'aspect transdisciplinaire de ces nouvelles connaissances, même si la transdisciplinarité fait partie intégrante de la thématique. Dans cette optique, la cellule Grätzel offre un très bon exemple de transdisciplinarité (voir figure 4.3). Il se peut que la capacité d'apprentissage soit absorbée par la construction du savoir procédural (savoir p.ex. comment construire une cellule Grätzel). Un approfondissement ultérieur de la thématique permettrait probablement d'acquérir une meilleure compétence dans le domaine du savoir déclaratif (savoir factuel).

Conclusions

Il s'ensuit des réflexions antérieures que la démarche pragmatique adoptée, consistant à adapter l'enseignement de la nanotechnologie aux écoles professionnelles et à rechercher des activités pragmatiques à valeur de modèle, est une voie didactique applicable et convaincante. En fin de compte, les contenus qui ont le plus marqué les esprits sont les applications pratiques, comme les mesures avec le microscope AFM.

« Connaître l'échelle du nanomètre » a souvent été choisi comme objectif d'apprentissage. Cependant, l'échelle du nanomètre a été nettement moins citée que le microscope AFM lors du contrôle des acquis. Cet objectif d'apprentissage requiert peut-être davantage de savoir déclaratif factuel que de savoir procédural, ce qui le rend fastidieux aux yeux des élèves. Une autre conclusion pourrait être de retravailler et d'améliorer la thématique du calcul d'un point de vue didactique. Les activités de calcul pourraient susciter en même temps une deuxième sollicitation didactique, c'est-à-dire le rattachement à des connaissances existantes (connaissances mathématiques).

3.7.2 Motivations d'apprentissage

L'intérêt suscité par la matière a atteint la valeur moyenne de 2,63 soit, après conversion, un niveau de 66%. Faut-il en déduire que la nanotechnologie a été perçue comme une matière ennuyeuse ou captivante ?

Pour répondre à cette question, il suffit d'attribuer une valeur maximale à l'échelle d'évaluation (comme pour les notes scolaires). Avec 4 comme note maximale, la moyenne de 2,63 reflète un résultat satisfaisant sans être bon. Mais les critères d'une bonne évaluation ne se limitent pas uniquement aux critères « bon » ou « mauvais ».

Les apprenant-e-s avaient pour la majorité aucune connaissance dans le domaine de la nanotechnologie ; l'objectif principal était donc de susciter un intérêt pour cette nouvelle matière. Dans cette optique, on peut affirmer que le projet a été une réussite.

Les autres matières enseignées dans les écoles professionnelles peuvent servir de points de comparaison. L'évaluation consiste alors à comparer l'intérêt pour ces matières avec celui suscité par la nanotechnologie. Dans son travail d'approfondissement de 2003, Fringeli de

l'ISFPF (SIBP/Zollkofen) a étudié l'intérêt pour différentes disciplines auprès de 212 apprenant-e-s polymécanicien-ne-s. L'un des points forts de cette étude portait sur le désintérêt généralisé pour la chimie. Après conversion à l'échelle de 1 à 4, les résultats de Fringeli donnent les valeurs suivantes:

Mathématique	76 %
Histoire	60 %
Physique	59 %
Anglais	59 %
Chimie	48 %
Allemand	49 %

Nanotechnologie 66 %

Sur la base de cette étude, on notera que la nanotechnologie fait partie des matières les plus intéressantes. Pour être représentative, cette affirmation doit néanmoins être confirmée par d'autres résultats de recherche.

Le lien avec l'apprentissage reste la principale source d'intérêt pour une matière. Les personnes interrogées représentent huit filières d'apprentissages. La nanotechnologie ne semble pas polariser les intérêts, avec une attraction ou une répulsion marquées. Au contraire, l'ensemble des apprenant-e-s a apprécié cet enseignement, grâce à son organisation didactique modulable.

En supposant que la motivation des apprenant-e-s pour la nanotechnologie dépende davantage de critères contextuels et que, vu la nouveauté de la discipline, aucun intérêt spécifique pour cette branche n'existe de manière marquée, la structuration des activités d'apprentissage passe au premier plan. Cette constatation est mise évidence par Boeckers (2002) dans son modèle de motivation des processus d'apprentissage adaptatifs. Selon ce modèle, la motivation d'apprentissage est stimulée par des activités d'apprentissage bien structurées, vivantes et intéressantes.

Dans le cadre de l'évaluation des séquences d'enseignement de la nanotechnologie, les activités d'apprentissage proposées aux apprenant-e-s n'ont pas été décrites comme très motivantes. Il est dès lors concevable de faire le lien entre l'intérêt pour une matière et la motivation suscitée par les activités d'apprentissage. Cette affirmation est consolidée statistiquement par un coefficient de corrélation significatif de 0,57 (voir table 9). Nous pouvons dès lors en déduire que les séquences d'enseignement sont parvenues à susciter un certain intérêt pour la nanotechnologie.

Néanmoins, la corrélation entre intérêt et activités d'apprentissage se trouve démentie par certaines enquêtes. La recherche menée par Fringeli (2002) est arrivée à la conclusion que la chimie est fortement marquée par sa spécificité de domaine. Dans cette discipline, les activités d'apprentissage captivantes ne génèrent aucun élan d'intérêt particulier. Pour se décider clairement en faveur de la première interprétation, l'interaction des différents paramètres influençant la motivation d'apprentissage devrait faire l'objet d'enquêtes complémentaires.

Le comportement de l'enseignant-e doit également être soumis à l'analyse. Les deux questions relatives à l'enseignant-e (engagement et motivation) ont enregistré les plus hautes moyennes de toutes les questions portant sur la qualité didactique. Lorsque l'enseignant-e est

capable de transmettre son intérêt pour la matière enseignée, il influence positivement la motivation d'apprentissage pour la nanotechnologie.

Conclusions

De par l'innovation et les nouveaux champs de connaissance qu'elle implique, la nanotechnologie est en mesure d'éveiller l'intérêt des apprenant-e-s, indépendamment de l'orientation professionnelle. Il est donc possible de passionner les apprenant-e-s des différentes filières d'apprentissage.

Il faut également tenir compte d'une motivation spécifique pour le domaine. Il faut surtout accepter que l'intérêt puisse être fortement favorisé par des activités d'apprentissage motivantes. Cela signifie qu'un enseignement intéressant, varié et orienté vers la pratique génère chez les apprenant-e-s une attitude d'apprentissage motivée.

3.8 Résumé

La troisième partie du rapport *La nanotechnologie dans la formation professionnelle – NANO-4-SCHOOLS Bilan de projet* présente les résultats de l'évaluation des séquences d'enseignement effectuée au moyen d'un questionnaire rempli par les apprenant-e-s à la fin du cours de nanotechnologie. Les séquences d'enseignement ont été évaluées en fonction de leur qualité didactique (objectifs, contenus, méthodologie d'enseignement, supports pédagogiques). Des questions supplémentaires ont porté sur la motivation d'apprentissage des apprenant-e-s et la construction d'un savoir lié à la nanotechnologie.

Au total, 321 apprenant-e-s, représentatifs de plusieurs types de formation, ont rempli le questionnaire.

Les séquences d'enseignement ont atteint un haut degré de satisfaction (88%). En ce qui concerne la qualité didactique, quelques objectifs d'apprentissage doivent encore être mis au point et formulés plus clairement, afin de permettre aux apprenant-e-s de reconnaître plus facilement les points importants. Du point de vue du contenu, les séquences d'enseignement ont eu valeur de modèle. Le point faible du contenu s'est révélé être l'adaptation aux activités pratiques des apprenant-e-s, la clarté du lien avec les autres disciplines, ainsi que le lien au savoir existant. En ce qui concerne la méthodologie d'enseignement, les séquences d'enseignement ont atteint le niveau didactique souhaité. Les apprenant-e-s ont pu réfléchir sur la nouvelle matière en passant par différentes phases d'apprentissage. D'une part, les variations du rythme d'apprentissage ont permis une rencontre multidimensionnelle avec l'objet d'apprentissage. D'autre part, les séquences d'enseignement comportaient une forte orientation pratique et étaient conçues pour favoriser la coopération entre les élèves. Les supports pédagogiques employés ont été qualifiés d'utiles.

Concernant la motivation d'apprentissage, la nanotechnologie est parvenue à éveiller l'intérêt des apprenant-e-s. Tous les groupes professionnels ont manifesté un intérêt similaire pour cette nouvelle matière. Les trois autres composantes de la motivation d'apprentissage, c'est-à-dire *l'Engagement pour la matière*, les *Sentiments pour la matière* et les *Activités d'apprentissage motivantes* ont obtenu des résultats analogues à ceux de *l'Intérêt pour la matière* avec des valeurs avoisinant les 66% et 67%.

Ainsi, grâce aux contenus à valeur de modèle et à l'attitude engagée des enseignant-e-s, la thématique semble avoir trouvé écho auprès des apprenant-e-s. Ceux-ci se sont volontiers prêtés à l'exercice. Ils ont accueilli favorablement la nouvelle matière et le mode de transmission du savoir choisi.

L'effet de la qualité didactique s'exprime en outre dans la construction d'un savoir nanotechnologique chez les apprenant-e-s. Selon une évaluation subjective, les trois quarts

des apprenant-e-s se sentaient capables d'expliquer la nanotechnologie sur la base d'exemples d'application, de nommer et de comparer les tailles en jeu ou de décrire le fonctionnement du microscope AFM.

En ce qui concerne la détermination des contenus et la mise en œuvre didactique, l'évaluation des séquences d'enseignement a montré l'importance et l'adéquation des exemples et d'un enseignement à forte orientation pratique. La nanotechnologie est une technologie fascinante. La nouveauté de la matière ne permettant pas d'exercer une motivation spécifique au domaine chez les apprenant-e-s, il convient de susciter une motivation contextuelle au moyen d'activités d'apprentissage motivantes.

4 Exemples modèles d'enseignement

Martin Vonlanthen

Ce chapitre présente trois exemples modèles d'enseignement de la nanotechnologie. Un des nombreux défis du projet consistait à créer des activités pratiques permettant d'accéder à la dimension nanométrique et aux phénomènes associés.

4.1 La nature montre l'exemple: un accès possible vers la nanotechnologie pour les écoles professionnelles

Une des difficultés didactiques du nanomètre est de rendre compréhensible l'apparition des nouvelles propriétés des matériaux nanostructurés. Pourquoi un vernis est-il antirayure et autonettoyant ? Quelles conditions doivent remplir les matières plastiques pour être conductrices d'électricité ?

La réponse à des questions aussi complexes ne peut pas et ne doit pas être apportée dans l'enseignement professionnel par une approche trop théorique (p.ex. la chimie quantique). En effet, toutes les personnes impliquées (élèves et enseignant-e-s) ne disposent pas des connaissances de base nécessaires à cette démarche. Les exemples pratiques sont bien plus adéquats pour permettre aux apprenant-s- d'appréhender les phénomènes associés aux dimensions nanométriques. Les exemples présentés ci-dessous ont été élaborés dans cette optique.

Pourquoi les feuilles de certaines plantes restent-elles propres malgré la présence d'une forte saleté ? Des expériences simples sur ce phénomène dénommé *effet lotus* (Barthlott et al., 2002) montrent le potentiel didactique de cette technologie. L'*effet lotus* se démontre aisément sur des feuilles de lotus séchées. Ensuite, les apprenant-e-s cherchent eux-mêmes dans le périmètre de l'école d'autres plantes présentant des propriétés autonettoyantes et hydrophobes. Ils doivent ensuite fabriquer des surfaces similaires par des moyens simples. Ils étudient également les propriétés autonettoyantes de produits techniques à *effet lotus* (p.ex. textiles, peintures de façade). Comment reproduire les propriétés naturelles des surfaces nanostructurées et microstructurées de la feuille de lotus sur des surfaces synthétiques produites par l'homme ? Est-il possible d'observer les surfaces nanostructurées ? Est-il possible d'imiter aussi facilement la nature ? Quels autres modèles naturels pourraient trouver une application technique ? Où sont les limites d'une telle transposition ?

Ces questions sont abordées en classe et les réponses sont souvent données par les apprenant-e-s eux-mêmes. En plus des expériences, l'acquisition d'informations (recherches sur Internet) et la présentation des connaissances sous la forme d'un exposé constituent d'autres étapes importantes du travail.

4.2 Le microscope à force atomique (AFM) dans l'enseignement professionnel

Le microscope à force atomique (Atomic Force Microscope AFM) est un développement ultérieur du microscope à effet tunnel (Scanning Tunneling Microscope STM). Il permet de visualiser des structures de surface dans le domaine du nanomètre. Néanmoins, le concept de *microscope* utilisé ici peut prêter à confusion. Une fine pointe de silicium située à l'extrémité d'un bras de levier de même matière balaye, à l'instar d'un tourne-disque, ligne après ligne la surface à analyser. Ainsi, on peut parler de l'AFM comme d'une « canne d'aveugle du nano-monde ».

Au cours du projet, l'AFM s'est avéré être une pièce maîtresse pour la compréhension de la dimension nanométrique. Les apprenant-e-s ont été fasciné-e-s par la maniabilité et la simplicité d'utilisation du microscope, ainsi que par l'indépendance de travail qu'il permet.

Même si le microscope ne permet pas de voir les atomes (de nombreux apprenant-e-s ont exprimé ce souhait au début du cours), il aide néanmoins à rendre visible ce qui était resté caché jusque-là. Quel est l'aspect d'une surface à *effet lotus* ? Combien d'unités d'information (bits) est-il possible de stocker sur un CD ? Est-il possible de voir les circuits imprimés d'une puce électronique ? La surface d'une dent est-elle lisse ou rugueuse ? Par quel phénomène se produit l'irisation d'une opale ? A ces questions posées par les apprenant-e-s, il a été parfois possible de répondre à l'aide des mesures AFM. Néanmoins, les apprenant-e-s ont été souvent confronté-e-s à des difficultés lors des mesures AFM. En effet, de nombreux échantillons n'ont pas pu être analysés à l'aide du microscope. Il est certes possible de générer rapidement de nombreuses images. Mais correspondent-elles à la réalité ou sont-elles le fruit de calculs mathématiques ? Comment les interpréter ? La discussion autour de ces questions permet de renforcer la capacité de réflexion et l'esprit critique. Elle contribue finalement à augmenter les compétences techniques.

4.3 La cellule Grätzel, un exemple d'enseignement interdisciplinaire

L'exemple de la cellule Grätzel est une autre voie pour approcher la nanotechnologie de manière pratique. La nature utilise la photosynthèse pour convertir très efficacement l'énergie solaire en une énergie utilisable par la plante. Ce procédé est utilisé par les chercheurs pour fabriquer des cellules solaires à colorants. Ces cellules offrent une alternative bon marché aux cellules solaires classiques de silicium. Le principe de base des cellules solaires à colorants a été mis au point en Suisse par le professeur Grätzel qui a réalisé les premières expériences avec ce type de cellule il y a 14 ans à l'EPFL. Ces détails historiques sont à l'origine de l'autre appellation des cellules solaires à colorants, les cellules Grätzel. Du dioxyde de titane nanocristallisé constitue le support matériel pour les colorants organiques actifs. Ces colorants libèrent des électrons sous l'effet de la lumière. Il est possible de construire de telles cellules solaires pendant une leçon en peu de temps et sans matériel trop spécifique (la description détaillée est disponible à l'adresse www.nanoforschools.ch). Les enseignant-e-s professionnel-le-s ayant participé au projet ont réalisé à ce sujet différents travaux. Les apprenant-e-s ont non seulement construit des cellules ; ils ont également pu déterminer l'intensité du courant électrique en fonction de la luminosité. Ils ont rassemblé leurs résultats de mesure dans un tableau et en ont donné une représentation graphique. Pour terminer, les apprenant-e-s ont rédigé une petite documentation.

Le caractère interdisciplinaire de la cellule Grätzel est mis en valeur par le schéma heuristique de la page suivante. Les apprenant-e-s ne découvrent pas seulement le potentiel de la nanotechnologie à partir d'un exemple concret, ils sont également encouragés à utiliser correcte-

ment un savoir existant (p.ex. informatique, physique, formation générale) dans un contexte donné.

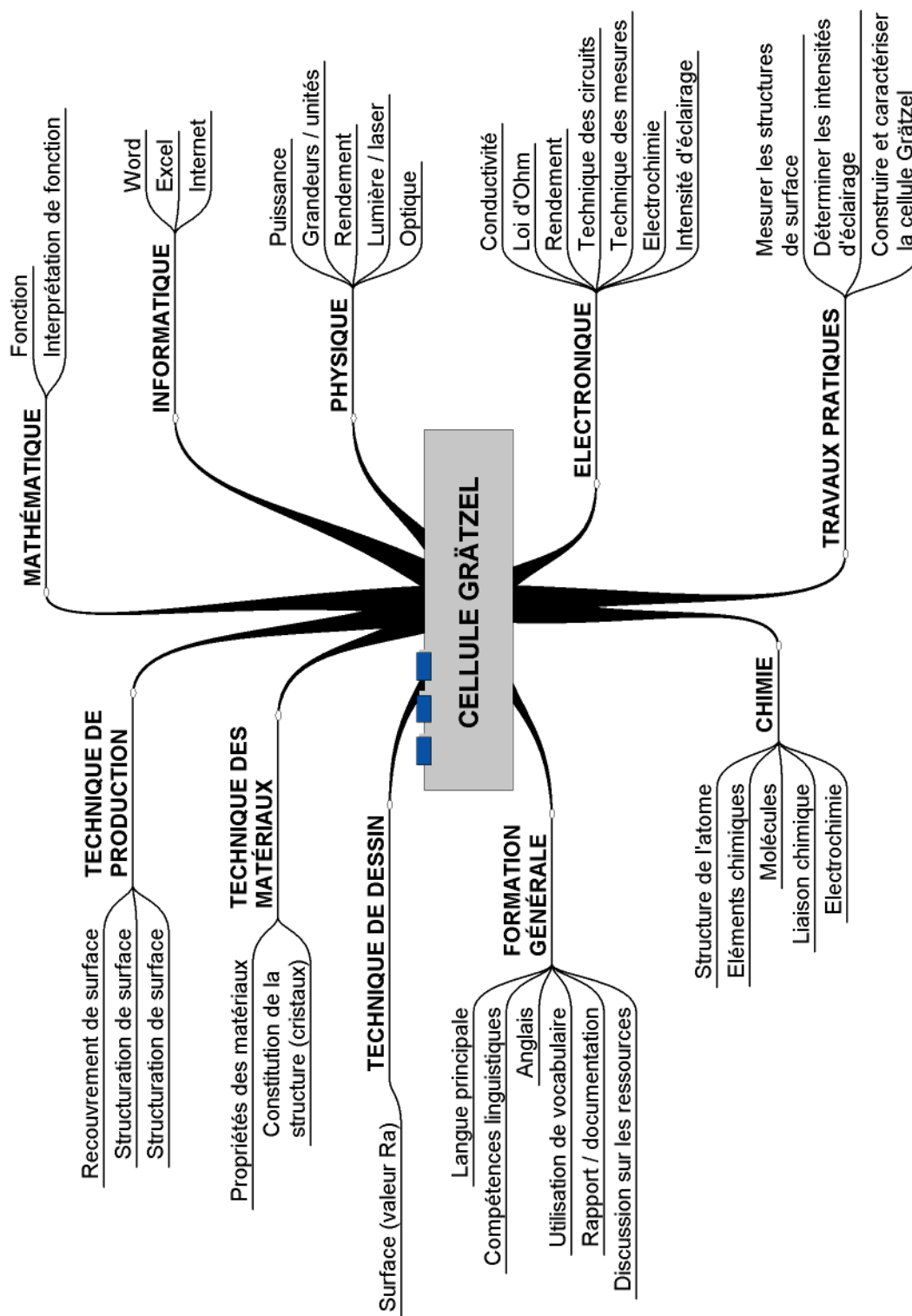


Figure 22 : La cellule Grätzel comme matière transdisciplinaire (mindmap de Daniel Rietschin, école de formation professionnelle Winterthour)

5 Conclusion et perspectives

Marianne Rupf et Martin Vonlanthen

Les expériences réalisées dans le projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* – NANO-4-SCHOOLS ont montré les possibilités d’approcher un thème aussi exigeant que la nanotechnologie et de traiter les questions actuelles et complexes qui en résultent tout en respectant le niveau en vigueur dans les écoles professionnelles. De même, le projet a permis de mettre en évidence qu’il est possible de rendre les élèves actifs pendant l’enseignement de la nanotechnologie. Au cours du projet, des questions fondamentales se sont posées qui méritent d’être détaillées.

- **Est-il opportun d’institutionnaliser la « Culture technologique » ?** La nanotechnologie, de par son aspect multidisciplinaire et thématique, semble propice à l’ancrage de la « culture scientifique » et de la « culture technologique ». La réflexion doit porter sur la manière d’intégrer définitivement la nanotechnologie au programme des branches professionnelles et en particulier des branches de culture générale. Les résultats du projet NANO-4-SCHOOLS ont clairement montré que les branches en rapport avec la technologie jouent un rôle important dans la formation professionnelle. L’enseignement des branches professionnelles est déjà orienté vers les problèmes en lien avec la technique et la technologie. Un renforcement de la thématique au niveau de la culture générale semble par conséquent indiqué, en particulier ce qui concerne les questions de société et les conséquences des nouvelles technologies. L’équipe de projet souhaiterait voir se renforcer la collaboration entre les maîtres d’enseignement technique et les maîtres de culture générale, par exemple dans le cadre de leçons interdisciplinaires.
- **Comment enseigner la nanotechnologie ? Quels sont les thèmes porteurs ?** L’enseignement ne doit pas se limiter à la transmission de connaissances et de savoirs trop pointus et devrait plutôt s’orienter vers l’action, la compréhension et les exemples. Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque les contenus sont directement en lien avec le savoir existant de l’apprenant-e, c’est-à-dire la vie courante. Cette condition est difficile à remplir étant donné que de nombreux développements de nanotechnologie se situent encore au stade de laboratoire. En l’absence d’applications actuelles dans le champ professionnel, ces développements restent sans lien direct avec la pratique quotidienne des apprenant-e-s. Cette situation va certainement évoluer dans les prochaines années. Les magasins spécialisés vendent déjà quelques produits d’usage courant issus de la nanotechnologie. Des textiles fonctionnels aux écrans en couleur des téléphones mobiles, en passant par les ustensiles de cuisine autonettoyants, les produits marqués Nano sont de plus en plus nombreux sur les étalages des magasins. Des produits permettent une bonne introduction au thème de la nanotechnologie.
- **Comment aborder la dimension du nanomètre ?** Bien entendu, il faut aborder cette question pendant la leçon d’un point de vue mathématique : un nanomètre équivaut au milliardième de mètre, c’est-à-dire 10^{-9} mètre. Mais cette introduction doit être complétée par une autre approche, celle du « voir signifie comprendre ». Ce principe simple s’applique tout particulièrement à la dimension nanométrique. D’une part, les images des nanostructures aident à la compréhension des phénomènes. D’autre part, elles montrent la beauté du monde atomique et moléculaire. Les apprenant-e-s ont apprécié de pouvoir manipuler eux-mêmes le microscope AFM, même si la recherche d’échantillons appropriés n’a pas toujours été facile, que les mesures ont pris beaucoup de temps et que l’interprétation des images n’a pas été aisée. Ces travaux pratiques ont aidé l’apprenant-e à comprendre la dimension du nanomètre.

- **Quel cadre horaire donner à l'enseignement de la nanotechnologie ?** L'idéal serait de disposer d'une semaine entière pour approfondir le thème *Nature et Technique* librement et de manière interdisciplinaire, sans être astreint au rythme habituel des périodes d'enseignement. Quelques écoles professionnelles mettent déjà sur pied régulièrement des semaines thématiques et les résultats obtenus jusqu'ici sont prometteurs. Il serait souhaitable d'élargir cette pratique aux « Nouvelles technologies ».

Quelles sont les prochaines étapes ?

Tenant compte de l'importance croissante des branches technologiques dans la formation professionnelle, les propositions suivantes sont faites :

- a) Séquences d'enseignement à développer et à diffuser**
Les prototypes de séquence d'enseignement existants doivent être retravaillés et mis à disposition des écoles professionnelles intéressées. Concrètement, le matériel pédagogique développé pendant le projet (présentations PowerPoint, séquences d'enseignement, images, etc.) doit être disponible sur la plate-forme www.nanoforschools.ch. La page d'accueil donne également des informations sur la suite des opérations planifiées. Les écoles pourront continuer d'emprunter le microscope AFM.
- b) Plans de formation à compléter et modules d'enseignement retenus**
Pour envisager à l'avenir de compléter les programmes d'enseignement de la formation professionnelle initiale d'un point de vue technologique, il faudrait préalablement que les prototypes d'enseignement aient été étoffés et qu'ils soient disponibles en tant que modules d'enseignement.
- c) Connaissances spécialisées et acquisition de ces connaissances par le corps enseignant**
Les enseignant-e-s doivent pouvoir justifier d'un savoir spécialisé suffisant dans le domaine pour assumer le rôle d'expert-e et enseigner de manière compétente. Dans cette optique, les cours de formation continue initiés depuis deux ans (« Introduction à la nanotechnologie », « Le microscope à force atomique dans l'enseignement professionnel », « La nanotechnologie dans l'enseignement professionnel – un exemple modèle ») doivent être poursuivis et si nécessaire élargis. Le nombre croissant de participant-e-s montre que la direction choisie est la bonne. De même, les journées d'information sur le thème de la nanotechnologie seront maintenues dans les programmes de formation didactique DFAP et CFAP de l'ISFPF. Les réflexions sur les nouvelles technologies doivent autant que possible faire partie intégrante de la formation des enseignant-e-s.
- d) Réseau à consolider**
Le réseau initié au cours du projet doit être consolidé et élargi. L'idée de base consiste à mettre sur pied un réseau de compétences sur les « Nouvelles technologies ». Ce réseau doit permettre aux acteurs et actrices de la formation professionnelle de tisser des liens avec les spécialistes des hautes écoles et de l'économie. En collaboration avec IngCH (Ingenieurs shape our futur), des modules adaptés à la formation professionnelle vont être élaborés pour la mise sur pied de semaines technologiques analogues à celles des gymnases et des hautes écoles pédagogiques. Ces modules doivent d'une part mettre en lumière l'importance sociétale des nouvelles technologies, d'autre part elles doivent également fournir des informations concrètes en vue d'une éventuelle qualification ultérieure dans le domaine des nouvelles technologies (formation en haute école spécialisée, profil professionnel). Des visites d'entreprises « high-tech » pourraient compléter cette offre à laquelle doivent s'ajouter les modules développés au cours du projet.

6 Synthèse finale

Marianne Rupf

Le projet au niveau suisse *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* – NANO-4-SCHOOLS a poursuivi les objectifs suivants :

- a) Sensibiliser les acteurs et actrices de la formation professionnelle aux développements économiques, industriels, et techniques dans le domaine de la nanotechnologie.
- b) Familiariser les enseignant-e-s professionnel-le-s avec l'utilisation des nouveaux instruments adaptés aux dimensions nanométriques.
- c) Elaborer des séquences d'enseignement pour la nanotechnologie.
- d) Acquérir le savoir-faire nécessaire à la promotion des acquis technologiques dans la formation professionnelle.

Le projet a été co-financé par TOP NANO 21 (programme de développement national avec la participation de l'industrie), un programme de la CTI de l'office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie (OFFT). Ont collaboré au projet l'Institut Suisse de Pédagogie pour la Formation Professionnelle (ISFPF) et le département des hautes études pédagogiques AHL⁹ de l'université de Berne.

La nanotechnologie est parfois considérée comme la technologie la plus importante du XXI^e siècle. Elle permet des innovations dans des applications aussi variées que les poêles non adhérentes, les vitres de fenêtre et les verres de lunettes autonettoyants, les matériaux d'obturation des dents, etc. Grâce à la nanotechnologie, il est possible aujourd'hui de « manipuler » l'atome et la molécule de manière ciblée pour permettre de nouvelles solutions technologiques. Les matériaux de la taille d'un milliardième de mètre (10^{-9} mètre) sont intéressants car ils présentent de nouvelles propriétés.

Le bilan du présent rapport porte sur les connaissances acquises par la démarche du projet NANO-4-SCHOOLS qui s'est déroulé sur une période d'environ deux ans. Dans une optique évaluative, tous les membres du projet se sont exprimés quant au déroulement du projet NANO-4-SCHOOLS. Par ailleurs, ce bilan présente également les résultats des 321 questionnaires remplis par les apprenant-e-s ayant suivi un cours de nanotechnologie; les enseignant-e-s des écoles pilotes qui ont participé au projet ont également exprimé leur avis.

La nanotechnologie a été perçue par les apprenant-e-s comme un thème intéressant et fascinant. Les mesures AFM, l'effet lotus ou la celle Grätzel sont quelques exemples de séquence d'enseignement. Leur contenu a valeur de modèle. Il est pratique et met l'accent sur la compréhension. Cette conception est à l'origine du succès rencontré auprès des apprenant-e-s. Il s'est avéré cependant difficile de faire le lien entre les contenus de la nanotechnologie et la pratique professionnelle des apprenant-e-s. Le rapport direct avec la pratique professionnelle a été rarement exprimé. La nanotechnologie semble plutôt être un thème transversal dont l'importance pratique se limite à quelques domaines isolés et dont le caractère de formation générale touche toutes les professions. La nanotechnologie s'est avérée être un thème d'enseignement adapté au niveau de la formation professionnelle. De plus, son contenu innovateur permet d'éveiller l'intérêt des apprenants.

⁹ Dès le 1^e septembre 2005 : Haute Ecole Pédagogique de Berne

Le projet a nécessité l'élaboration de modules d'enseignement ; il a également été nécessaire d'encourager la formation continue des enseignant-e-s. A l'avenir, l'offre correspondante doit être maintenue.

L'enseignement de la nanotechnologie doit être laissé au libre choix de l'enseignant-e, qui peut décider d'y consacrer une journée ou semaine thématique.

La situation change s'il s'agit d'intégrer l'enseignement de la nanotechnologie dans les plans de formation, qui pourrait très bien s'insérer dans un programme de « Culture scientifique » ou de « Culture technologique ». Dès lors, il serait à l'avenir urgent de discuter le plan d'enseignement cadre de la formation générale et d'envisager d'y intégrer un champ général « compréhension de la technologie ».

Les résultats intéressants et les expériences enrichissantes du projet *La nanotechnologie dans la formation professionnelle* – NANO-4-SCHOOLS ont permis d'éclaircir de nombreuses questions. Le bilan final plaide en faveur d'une reconnaissance de l'importance de l'enseignement de la nanotechnologie. La nanotechnologie offre à la formation professionnelle la chance de l'innovation, ne la laissons pas passer !

7 Bibliographie

- Barthlott, W., Cerman, Z., & Neinhuis, C. (2002). Der Lotus-Effekt: Selbstreinigende technische Oberflächen nach dem Vorbild der Natur. In A. Beck (Hrsg.), *Faszination Lebenswissenschaften*, (S. 3 – 12). New York: Wiley.
- Boekaerts, M. (2002). The on-line motivation questionnaire: a self-report instrument to assess students' context sensitivity. *New Directions in Measures and Methods*, 12, 77 – 120.
- Coradi, M., Denzler, S., Grossenbacher, S., & Vanhooydonck, S. (2003). Keine Lust auf Mathe, Physik, Technik? *Trendbericht SKBF Nr. 6. Schweizerische Koordinationsstelle für Bildungsforschung (SKBF)*. Aarau: SKBF.
- De Senerclens, M. (2005). Ein Plädoyer für die Zukunft: Technikverständnis als Teil der Allgemeinbildung. *zhwinfo* Nr. 25, Juni 2005, Zürcher Hochschule Winterthur.
- Dubs, R. (2002). Science Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*, (S. 69 – 82). Opladen: Leske und Budrich.
- Eysenck, M.W., & Keane, M.T. (1995). *Cognitive Psychology*. Hillsdale: Erlbaum.
- Fringeli, C. (2003). Weshalb ist die Chemie als Fach so unbeliebt und was kann dagegen unternommen werden? *Selbstständige Vertiefungsarbeit im Rahmen der Ausbildung zur Berufsschullehrperson am SIBP Zollikofen*: SIBP Schweizerisches Institut für Berufspädagogik.
- Gage, N. L., & Berliner, D.C. (1986). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz.
- Haenger, P., & Vonont A. (2004). Gen und Geist. Wie halten Sie es mit der Gentechnologie? *Horizonte*, März 2004, Schweizerischer Nationalfonds.
- Knopp, K. (2005). Nanotechnologie: Grosse Zukunft für kleine Dinge. *In bulletin spezial*, Credit Suisse, 8-15.
- Schallies, M. (1999). Biotechnologie und Gentechnik – Implikationen für das Bildungswesen. In M. Schallies & K.D. Wachlin (Hrsg.), *Biotechnologie und Gentechnik. Neue Technologien verstehen und beurteilen* (S. 25 – 37). Berlin: Springer.
- Schulz von Thun, F. (2002). *Miteinander reden 1*. Reinbek: rororo.
- Thommen, J.-P. (1996). *Betriebswirtschaftslehre Band I*. Zürich: Versus.

Annexe

Questionnaire

Votre opinion est précieuse pour nous.

Questionnaire de l'élève

Enseignant: _____ Classe: _____
 Localité de l'école professionnelle: _____ Apprentissage de: _____
 Dans quelle année d'apprentissage êtes-vous? _____ Date: _____

⇒ Cocher la case correspondante. Une seule coche par déclaration.

Sexe Masculin Féminin
Filière professionnelle CFC Maturité professionnelle
Quel âge avez-vous? 16 ans 17 ans 18 ans 19 ans et plus
Nombre de périodes d'enseignement en nanotechnologie Jusqu'à 5 6 à 10 11 et plus

Enseignement

	total désaccord	plutôt en désaccord	indécis	plutôt en accord	total accord
1. J'ai bien pu suivre la matière enseignée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Je savais ce que je devais apprendre durant chaque période d'enseignement.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. J'ai eu suffisamment l'occasion d'entrer en contact avec les autres élèves pendant l'enseignement.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. J'ai pu faire le lien entre la matière enseignée et mes connaissances préalables.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Les supports visuels étaient de bonne qualité (p.ex. transparent, film).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. J'ai pu suffisamment participer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. L'enseignant a su mettre en évidence les points importants de manière compréhensible.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. La matière a été transmise de manière compréhensible.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Le lien avec mon métier était approprié.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. J'ai pu suffisamment expérimenter par moi-même.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. L'enseignant s'est montré engagé.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. La documentation reçue était compréhensible.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Je connaissais le fil conducteur du travail.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. J'ai trouvé l'enseignement très varié.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Les exemples pratiques étaient parlants.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	total désaccord	plutôt en désaccord	indécis	plutôt en accord	total accord
16. Les liens avec d'autres matières étaient évidents.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. L'enseignement était systématique et construit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. L'enseignement contenait des exemples appropriés tirés de la vie quotidienne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Les schémas et dessins utilisés étaient utiles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. L'enseignant était bien préparé.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. L'enseignement était orienté vers des problèmes pratiques.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. J'ai réactivé mes connaissances préalables de biologie, physique ou chimie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. L'enseignement de la nanotechnologie était adapté à notre niveau.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Il y a eu alternance entre enseignement frontal, travaux de groupe et travaux individuels.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Nous avons eu suffisamment de temps pour exercer la matière à acquérir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. L'enseignement était proche des réalités de la vie concrète.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. L'enseignement était construit à partir de problèmes réels.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Je suis satisfait de l'enseignement reçu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Les mesures d'échantillons avec le microscope à force atomique étaient ennuyeuses.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. La rédaction d'un rapport de synthèse m'a permis de mieux comprendre la nanotechnologie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Les documents reçus étaient bien adaptés à l'enseignement de la nanotechnologie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Nous avons pu tirer profit des mesures d'échantillons.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p>Dans l'enseignement de la nanotechnologie la chose suivante m'a particulièrement frappé:</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					
<p>Les points suivants m'ont déplu:</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					



Motivation d'apprentissage					
1. Etes-vous enthousiasmé par la nanotechnologie?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
2. Trouvez-vous utile ce que vous avez appris?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
3. Avez-vous compris facilement la matière?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
4. Quel a été votre comportement pendant les activités d'apprentissage?					
<input type="radio"/> Très mauvais	<input type="radio"/> Mauvais	<input type="radio"/> Bon	<input type="radio"/> Très bon		
5. Etiez-vous engagé dans les activités d'apprentissage?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
6. Etiez-vous appliqué dans l'exécution des tâches liées à l'enseignement?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
7. Etiez-vous intéressé aux activités d'apprentissage?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
8. Quel niveau de performance vouliez-vous atteindre en nanotechnologie?					
<input type="radio"/> Juste suffisant	<input type="radio"/> Suffisant	<input type="radio"/> Bon	<input type="radio"/> Très bon		
9. Etes-vous intéressé à élargir vos connaissances en nanotechnologie?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
10. Avez-vous été motivé par les activités d'apprentissage?					
<input type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Un peu	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Très		
Comment avez-vous vécu ce module d'enseignement à la nanotechnologie?					
sans plaisir	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	avec plaisir
avec tension	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sans tension
avec stress	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sans stress
sans intérêt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	avec intérêt
sans assurance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	avec assurance

Contrôle de connaissances

1. Quels sont les sujets de nanotechnologie dont vous vous rappelez?

- a) Pourquoi?
- b) Pourquoi?
- c) Pourquoi?
- d) Pourquoi?
- e) Pourquoi?

	Non	Plutôt non	Plutôt oui	Oui
2. Je saurais expliquer clairement à mes amis ce qu'est un nanomètre en le comparant avec d'autres tailles connues.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Je saurais énumérer à mes amis des exemples de la vie courante dont l'explication repose sur des phénomènes nanotechnologiques.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Je connais aujourd'hui les dangers liés à la nanotechnologie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Je suis capable d'interpréter des images de mesure 3D d'un microscope à force atomique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Je suis capable d'expliquer à mon maître d'apprentissage le fonctionnement du microscope à force atomique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Quelles remarques générales avez-vous sur l'enseignement de la nanotechnologie?

.....

.....

Merci beaucoup de votre collaboration

Projet Nanoforschools, Marianne Rupf

SIBP Schriftenreihe / Cahiers de l'ISFPF / Quaderni ISFPF

- Nr. 1 Didaktikkurs I und II. Rahmenlehrplan für die deutschsprachige Schweiz, Zollikofen 1996 (vergriffen) / Neuauflage der Schriftenreihe Nr. 1, Zollikofen 2002
- Nr. 2d Zukünftiger Status des Instituts. Bericht der Arbeitsgruppe, Zollikofen 1996 (vergriffen)
- No. 2f Le statut futur de l'Institut. Rapport du groupe de travail, Zollikofen 1996 (épuisé)
- Nr. 3 Ausbildung in den Berufen der Haustechnik. Studie im Auftrag der Eidg. Berufsbildungskommission, Zollikofen 1996 (vergriffen)
- No. 4i La formazione commerciale duale: proposte di riforma, Zollikofen 1996
- Nr. 5 25 Jahre SIBP 1972 – 1997, Festschrift zum 25jährigen Bestehen des Schweizerischen Instituts für Berufspädagogik, Zollikofen 1997
- Nr. 6 Evaluationsbericht über die Ausbildung von Lehrkräften für den praktischen Unterricht, Zollikofen 1997
- Nr. 7 Umsetzung des Rahmenlehrplanes für den allgemeinbildenden Unterricht an den Berufsschulen, Zollikofen 1997 (vergriffen)
- Nr. 8 Sondermassnahmen für die berufliche Weiterbildung (1990 – 1996), Zollikofen 1997
- Nr. 9 Lernen in einer neuen Kultur und Sprache, Zollikofen 1998
- Nr. 10 Choreografien unterrichtlichen Lernens als Konzeptionsansatz für eine Berufsfelddidaktik, Zollikofen 2000
- Nr. 11 Berufspraktische Bildung – Dokumentation zur Impulstagung vom 12. Mai 2000, Zollikofen 2000
- Nr. 12 Integration oder Re-Integration – Dokumentation zur Tagung vom 8./9. Dezember 2000, Zollikofen 2001
- Nr. 13d Virtuelle Welten, Zollikofen 2001
- Nr. 13f Mondes Virtuels, Zollikofen 2001
- Nr. 14 Vereinbarkeit von Beruf und Familie – Dokumentation zu einem etwas andern SIBP-Kurs, Zollikofen 2001
- Nr. 15 Entwicklung und Evaluation von zwei Langzeit-Lehrgängen, Zollikofen 2002
- Nr. 16 Die Evaluation des DELV-Programmes bei Schülerinnen und Schülern in der beruflichen Ausbildung, Zollikofen 2002
- Nr. 17 Berufsbildung USA, Zollikofen 2002
- Nr. 18 Barriere Sprachkompetenz, Zollikofen 2002
- Nr. 19 Die Festlegung von Standards für die Ausbildung von allgemeinbildenden Lehrpersonen an Berufsschulen, Zollikofen 2003
- Nr. 20 Gendergerecht unterrichten an Berufsschulen, Zollikofen 2003
- Nr. 21 Lernbegleitung – Lernberatung – Coaching, Zollikofen 2003
- Nr. 22 Interkulturelle Kompetenzen für Auszubildende, Zollikofen 2003
- Nr. 23 Von der Anlehre zur zweijährigen beruflichen Grundbildung mit Attest, Zollikofen 2003
- Nr. 24 Erfahrungen mit E-Learning in der Berufsbildung: Das Projekt ICT.SIBP-ISFPF, Zollikofen 2004
- Nr. 25 Evaluation der dreijährigen Berufslehre „Hauswirtschafterin/Hauswirtschafter“, Zollikofen 2004 / Evaluation de l'apprentissage en trois ans de „gestionnaire en économie familiale“, Zollikofen 2004
- Nr. 26 Evaluation des Projekts „Von der Anlehre zur beruflichen Grundbildung mit Attest 2001-2004“, Zollikofen 2004
- Nr. 27 Beratung an Berufsfachschulen – Ausbildungskonzept und Praxis, Zollikofen 2005
- Nr. 28 Fächerübergreifender Unterricht in der Berufsbildung, Zollikofen 2005
- Nr. 29 ICT.SIBP-ISFPF – Un progetto d'innovazione – Un projet d'innovation
- Nr. 30 Nanotechnologie in der Berufsbildung – NANO-4-SCHOOLS – Eine Projektbilanz
- Nr. 30f La Nanotechnologie dans la formation professionnelle – NANO-4-SCHOOLS – Bilan du projet

wird fortgesetzt / à suivre / seguirà

In Zusammenarbeit mit WBZ-CPS

(Schweizerische Zentralstelle für die Weiterbildung von Mittelschullehrpersonen)

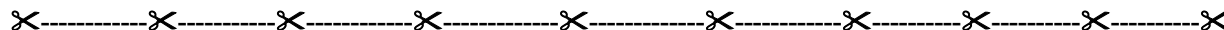
- Kriterienkatalog Geschlechtergleichstellung in Unterrichtsgestaltung u. Schulentwicklung, Zollikofen/Luzern, 2000 (überarbeitete Auflage)

Auch als Online-Version zum Herunterladen auf: www.wbz-cps.ch/deutsch/forschung/folgeseiten/publikat.html

Bestellungen nehmen wir gerne SCHRIFTLICH (per Post oder Fax) oder online über unsere Homepage

www.sibp.ch/index1.htm (F+E → Publikationen) bzw. e-mail: mediothek.sibp@bbt.admin.ch entgegen.

Besten Dank!



BESTELLTALON

Bitte senden Sie uns (gratis) an folgende Adresse:

Institution

Name/Vorname

Strasse

PLZ/Ort

Telefon und E-mail: (für allfällige Rückfragen, danke)

..... Ex. WBZ/SIBP **Kriterienkatalog** Geschlechtergleichstellung in Unterrichtsgestaltung und Schulentwicklung

..... Ex. der SIBP-Schriftenreihe Nummer

..... Ex. der SIBP-Schriftenreihe Nummer

..... Ex. der SIBP-Schriftenreihe Nummer

..... Ex. der SIBP-Schriftenreihe Nummer

Talon bitte einsenden oder faxen an: SIBP, Postfach 637, 3052 Zollikofen / Fax: 031 323 77 77