

MEDI@CONSTRUCT



AFNOR : Association Française de Normalisation		IT-FFB : Institut Technique de la Fédération Française du Bâtiment	
AIMCC : Association des Industries de Produits de Construction		MEDIACONSTRUCT : IAI – Building Smart	
CAPEB : Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment		OGE : Ordre des Géomètres-Experts	
CICF : Chambre de l'Ingénierie et du Conseil de France		UNAPOC : Union Nationale des Professionnels de la Coordination en OPC	
CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment		UNSAFA : Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes	
CTAI : Centre Technique d'Application et d'Innovation pour l'Artisanat		UNTEC : Union Nationale des Economistes de la Construction	

**TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION (TIC)
Et DEVELOPPEMENT DURABLE (DD)
DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION**

**Livre Blanc
ENSEIGNEMENT ET FORMATIONS**

L'action TIC-PME-2010 a été lancée par la Direction Générale des Entreprises (DGE) du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi dans les principaux secteurs de l'économie.

Dans le secteur de la Construction, la DGE s'est associée avec le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) pour retenir le projet **expert** porté par les Fédérations professionnelles du secteur et organismes spécialisés, sur les thèmes des Technologies de l'Information et de la Communication, et du Développement Durable.

Le présent livre blanc à l'attention des établissements d'enseignement du secteur constitue un document intermédiaire pour concertation

Synthèse des Attentes et Recommandations des professionnels pour concertation avec l'enseignement

Etape intermédiaire Novembre 2008

Pilotes du groupe constitué par Médiaconstruct, rapporteur du projet eXpert, ayant contribué à la rédaction de ce document et de ses trois annexes :

Roland BILLON animateur, Olivier CELNIK, Jean-Pierre DECOSTER, Antoine DAUDRE-VIGNIER, François GODLEWSKI, Maxime MAZLOUM, Daniel POUPIN, Souheil SOUBRA, Pascal TERRACOL, Jean-Jacques TERRIN.

Observateurs :

Jean-Pierre COURTIAU, Jean-Pierre COUWENBERG, Jean-Michel DOSSIER, François GIRAUD-CARRIER, Jean-Claude GROUSSARD, Armel JEGOU, Thierry PARINAUD, Jean-Yves RAMELLI, Bruno SLAMA, Pascal TONARELLI, Jacques ZOLLER, ainsi que les pilotes des autres groupes du projet eXpert.

Nota :

Lecture des indices.

Dans ce document, les indices renvoient aux trois annexes séparées :

- **Annexe A** : Glossaire des abréviations, Notes et Références, avec un N° sans préfixe
- **Annexe B** : Extraits de rapports et de programmes pédagogiques, avec le préfixe B
- **Annexe C** : Contributions des experts du Groupe, avec le préfixe C

Suit, rédigé en Octobre 2009, le document « Consultation des Etablissements d'Enseignement » et son annexe « D » : Communication des Intervenants » de la Conférence Rencontre du 14 Mai 2009

Téléchargement du Livre Blanc des Professions, de la Consultation des Etablissements, et de quatre annexes (format PDF) : www.buildingsmart.fr «Les Métiers >L'Enseignement », ou www.mediaconstruct.fr

Sommaire

1	L’ACTION eXpert ET L’ENSEIGNEMENT	4
2	L’ENJEU DE L’EVOLUTION	6
2.1	Un constat historique : l’évolution s’accélère. L’enjeu : l’anticiper.....	6
2.2	Deux défis à relever par notre enseignement et sa recherche.....	6
2.3	Le Traitement du Développement Durable.	6
2.4	La pratique des Technologies de l’Information et de la Communication.....	7
3	METHODE, LIMITES ET FAISABILITE.....	8
3.1	Méthode.....	8
3.2	Les travaux references	8
3.3	Une prise de conscience favorable.....	9
4	LES ATTENTES DES PROFESSIONS	10
4.1	Le propre décloisonnement de l’enseignement en vue du travailcollaboratif	10
4.2	Les tic et les tice : se hisser au meilleur niveau mondial ?.....	10
4.3	Le rôle de la recherche dans l’enseignement des TIC	11
4.4	Les formations deviennent interopérables	11
5	RECOMMANDATIONS POUR L’ENSEIGNEMENT DES TIC ET DU DD.....	13
5.1	Trois recommandations communes à tous les établissements.....	13
5.1.1	Une pédagogie collaborative à généraliser	13
5.1.2	Vers une pédagogie par projet	14
5.1.3	La recherche d’une taille critique.....	14
5.2	L’enseignement de l’ingénierie face aux TIC et au DD.	14
5.2.1	Les écoles d’ingénieurs du secteur, catégorie la plus nombreuse.....	15
5.2.2	Les universités concernées par la Construction.....	15
5.3	Une formation plus technique des architectes	16
5.3.1	Spécificités de l’enseignement de l’architecture.....	16
5.3.2	Le regroupement en réseau de l’enseignement de la maîtrise d’œuvre ?.....	18
5.3.3	Un atelier sous l’égide d’une coopération interministérielle	19
5.4	Les formations interprofessionnelles sur l’interopérabilité et le DD.....	20
5.5	Le service support des TIC pour le projet interopérable	21
6	SYNTHESE INTERMEDIAIRE.....	22

1 L'ACTION eXpert ET L'ENSEIGNEMENT

La Direction Générale des Entreprises du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi a lancé un appel à propositions dans les principaux secteurs de l'économie afin d'accélérer l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC-PME-2010).

Concernant le secteur de la Construction, il s'avère que la complexité des contraintes techniques et économiques, dont celles devenues obligatoires du **Développement Durable**, à prendre en compte dès la conception du projet et pendant toute la durée des études d'ingénierie, appelle non seulement l'utilisation des TIC, mais implique aussi de nouvelles pratiques collaboratives interdisciplinaires et un renforcement des compétences de synthèse.

C'est dans ce contexte que la DGE, associée au Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) a retenu le projet **eXpert**, dont les partenaires sont fédérés par Médiaconstruct.

Cet organisme dont le rôle essentiel est de promouvoir et accompagner les nouvelles pratiques liées aux TIC, regroupe les principaux acteurs et fédérations professionnelles du Bâtiment. Médiaconstruct constitue également le chapitre français de l'association internationale IAI⁽⁵²⁾ chargée de développer les aspects normatifs des échanges de données techniques du projet entre les logiciels du secteur de la construction (CAO et Ingénierie).

Les partenaires du contrat, au nombre de 12, étaient déjà impliqués dans la mutation nécessaire des PME vers les TIC et l'interopérabilité : L'association Française de Normalisation (AFNOR), l'Association des Industriels des Produits de Construction (AIMCC), la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB), la Chambre de l'Ingénierie et du Conseil de France (CICF), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), le Centre Technique d'Application et d'Innovation pour l'Artisanat (CTAI), l'Institut Technique de la Fédération Française du Bâtiment (IT-FFB), MEDIACONSTRUCT, l'Ordre des Géomètres Experts (OGE), l'Union Nationale des Professionnels de la Coordination en OPC (UNAPOC), l'Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes (UNSAFA), et l'Union Nationale des Economistes de la Construction (UNTEC).

Ces partenaires sont complétés par un certain nombre d'adhérents de Médiaconstruct, qui apportent leur expertise, comme par exemple des entreprises, des maîtres d'ouvrage, la quasi-totalité des principaux éditeurs de logiciels techniques, ainsi que le Collège des Etablissements d'Enseignement et de Recherche porteur d'expérimentations pédagogiques sur les thèmes abordés.

Huit groupes de travail de plus de 70 professionnels et spécialistes, sans compter les nombreux observateurs, se sont réunis afin d'identifier les blocages, formuler des attentes et élaborer des recommandations résumées dans **cette première version du livre blanc**.

Les professionnels établissent d'une façon convergente que **l'enseignement lié au secteur de la Construction apparaît comme une composante clé** de la progression des métiers vers les TIC et le DD.

Les acteurs de la maîtrise d'oeuvre, architectes, ingénieurs et économistes devront maîtriser de nouvelles compétences techniques et s'habituer à mieux travailler ensemble, en définissant de nouvelles procédures collaboratives, puis interopérables, qui exploitent une nouvelle norme mondiale dédiée à la Construction et bientôt une base de données numérique d'échange normalisée (le BIM⁵²).

C'est donc essentiellement le rôle de l'enseignement et des formations d'anticiper puis d'accompagner l'effort demandé aux professionnels pour accomplir cette difficile mutation qui se heurte à des réflexes de cloisonnement des métiers.

Le groupe de travail « Enseignement et Formations » du projet eXpert a élaboré un livre blanc qui traduit les attentes et recommandations des professionnels en matière d'enseignement. C'est maintenant, à ce stade de l'étude, aux responsables pédagogiques et administratifs des cinq catégories de l'enseignement concerné (écoles d'Architecture, écoles d'Ingénieurs, Départements universitaires, Recherche adossée, Organismes de formation, liés à l'activité de Construction) de réagir et de préciser leurs positions. Ce qui représente environ entre 120 et 180 établissements (selon leur degré

d'implication dans l'enseignement de la construction) qui sont invités à s'exprimer, individuellement, ou en groupe, selon leur structure de gouvernance.

Toutefois en aucun cas ces recommandations ne sauraient être vues comme les directives d'une réforme. Il s'agit au contraire d'une évolution en profondeur, d'une adaptation à un besoin mondial. Au plan national, il s'agit d'anticiper et de préparer l'évolution des formations du secteur selon trois problématiques étroitement liées : les matières concernées (le projet, les TIC et le Développement Durable), la méthode pédagogique (l'enseignement à distance, l'interdisciplinarité, le travail collaboratif, l'interopérabilité entre ingénieurs, architectes, techniciens) et enfin l'organisation des cursus (enseignement obligatoire ou optionnel, cycles et durée, diplômes spécialisés ou non, car à priori ne seraient concernés que les étudiants qui se destinent à l'exercice de la maîtrise d'œuvre, ainsi que dans un premier temps les seuls établissements volontaires).

Il convient bien évidemment que par une procédure de concertation la faisabilité de chaque recommandation soit évaluée par les différents types d'établissement, que les conclusions des expériences pilotes soient analysées, qu'un ordre de priorité puisse se dégager, et surtout que cette évolution fasse l'objet d'une adhésion sur la base d'une motivation des enseignants et d'une volonté de la gouvernance de chaque établissement.

C'est pourquoi nous proposons aux cinq composantes de l'enseignement ces premiers résultats du contrat eXpert, pour nourrir une **période de concertation**. Elle devrait permettre de définir avec les responsables cette évolution thématique et interdisciplinaire de la pédagogie, selon plusieurs étapes.

Une rencontre sera chargée de la synthèse des contributions pour **dégager un plan d'actions possibles**, en coordination avec les différents ministères de tutelle des établissements concernés.

2 L'ENJEU DE L'EVOLUTION

2.1 UN CONSTAT HISTORIQUE : L'EVOLUTION S'ACCELERE. L'ENJEU : L'ANTICIPER.

Le secteur de la Construction vit depuis le siècle dernier des bouleversements brusques ou continus qui transforment ses métiers et en ont fait naître de nouveaux. La globalisation des connaissances et leur diffusion, les nouvelles technologies, les méthodes de management, modifient le contexte relationnel entre les acteurs^{C32}.

L'aspect mondial d'une évolution continue, celle du Développement Durable, récemment pris en compte en France par le Grenelle de l'Environnement, confirmé par un vote unanime de notre parlement, ainsi que l'aspect mondial d'une brusque crise financière, en sont les derniers bouleversements. Au moment où nous aurions besoin de dégager des financements supplémentaires pour traiter le Développement Durable, ce financement devient plus difficile à obtenir. Même si cette période est passagère, elle renforce l'intérêt des pratiques interopérables dans les études de projets, qui permettent l'optimisation technique et économique face aux contraintes, garantissent qualité et sécurité de bonne fin des opérations.

Cette mondialisation, dans son ensemble, a profité surtout au Sud Est Asiatique. Après l'avoir subie, l'Europe réagit. En France, certains secteurs d'activités se sont rapidement adaptés et tirent profit de la mondialisation. Tandis que d'autres ne sont pas encore sortis de leur immobilisme. C'est le cas du secteur de la Construction, qui offre un paysage contrasté. Par exemple, si l'ingénierie réalise encore un bon score avec 20 % de son chiffre d'affaires à l'exportation³⁴, notre architecture, rayonnante dans les années 60 et 70, ne représente plus que 3,5 % du sien.

2.2 DEUX DEFIS A RELEVER PAR NOTRE ENSEIGNEMENT ET SA RECHERCHE.

Pourtant, la mondialisation, et paradoxalement, les périodes de crise, constituent une chance à moyen terme. Elles obligent à remettre en cause l'existant, à reprendre l'initiative de l'innovation, en s'appuyant sur la recherche et l'enseignement, qui doivent par définition devancer l'évolution des métiers, élaborer et détenir le savoir technique et technologique, diffuser les nouvelles connaissances et les bonnes pratiques. Or, il semblerait bien que ces deux pivots de toute société moderne ne jouent plus un rôle précurseur suffisant. C'est grave pour l'enseignement français en général, ce qui est confirmé par les classements internationaux^{B45}.

De précurseurs, certains de nos établissements sont devenus suiveurs. Ceux du secteur de la Construction en sont encore à digérer la maîtrise des logiciels de CAO et de calcul, sans se rendre compte que ce qu'ils considèrent comme un objectif final, l'informatisation, n'est qu'une étape préalable^{C33}. C'est pénalisant pour les professions, privées de compétences nouvelles^{C55}.

Mais c'est surtout inquiétant pour l'avenir du pays, qui doit impérativement renouer avec la croissance, être capable d'affronter les nouveaux défis de la Construction Durable, pour lesquels l'enseignement^{B53} devrait assumer un rôle prépondérant. Il semble urgent d'appliquer des corrections. Une prise de conscience rapide est maintenant indispensable, sous peine de perdre pied.

La gouvernance du pays donne l'alerte : deux défis de la mondialisation doivent être relevés, avec la participation massive de notre enseignement, nourri par la recherche. Défis convergents, inséparables, car l'un apporte les outils dont l'autre a besoin. Il s'agit des TIC et du DD.

2.3 LE TRAITEMENT DU DEVELOPPEMENT DURABLE.

Cette préoccupation figurait déjà dans le secteur de la Construction en France (les recommandations de l'association HQE^{B41}). La création du nouveau Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, le «Grenelle de l'Environnement», donnent une nouvelle dimension à une priorité devenue non seulement nationale, mais mondiale. Cette évolution fixe des objectifs qualitatifs et quantitatifs au secteur de la Construction tout entier, particulièrement à ses ingénieurs, architectes et à son enseignement^{B47}. Ces objectifs concernent aussi bien le neuf que notre patrimoine construit à rénover. Ils sont réalisables à condition d'avoir la volonté de surmonter les obstacles, d'effectuer les adaptations nécessaires.

Le nouveau contenu pédagogique^{B47} du DD à introduire ou à étendre dans les programmes déjà surchargés constitue le premier obstacle. Il faudra choisir, élaguer, et certainement généraliser une pédagogie plus efficace de la diffusion des connaissances³⁹, expérimentée avec succès dans le Sud Est Asiatique et dans d'autres pays européens^{C54}, et en France dans des établissements précurseurs.

Le deuxième obstacle concerne l'enseignement du projet lui-même. Les contraintes du DD sont majoritairement à prendre en compte au moment de la conception des ouvrages. Architectes, ingénieurs et économistes sont obligés de concevoir ensemble. Ce qui renforce l'obligation d'utiliser de nouvelles pratiques interoperables dans la profession, donc aussi pour l'étudiant, entre établissements, lors des ateliers du projet^{B16} qui deviennent « virtuels » par la communication normalisée des données à distance, via Internet.

2.4 LA PRATIQUE DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

Le secteur de la Construction présente non seulement un retard, mais un blocage dans l'adoption de ces technologies. Le projet eXpert le confirme : les technologies progressent à un rythme accéléré, tandis que les pratiques ne suivent pas. Pourquoi ? Les raisons, développées tout au long de ce rapport, sont surtout historiques et culturelles, plus que techniques.

La pratique consiste à utiliser un système d'information normalisé (La norme IFC⁵², puis le BIM⁵² et ses outils) pour réaliser une continuité d'exploitation de l'information des produits, des projets, des services, d'un partenaire à l'autre, pour toutes les activités de notre secteur.

La majorité des contraintes réglementaires, techniques et économiques interagissent lors de la conception du projet. Les prendre en compte suppose les arbitrer dans une procédure interoperable qui les réunit toutes aux moments privilégiés de la conception architecturale, lesquels s'étendent depuis l'esquisse tout au long des études d'ingénierie.

Ce préalable d'interopérabilité⁵² est également nécessaire pour le traitement du DD, par définition interprofessionnel, qui ne fait qu'ajouter au besoin de concertation entre partenaires de la maîtrise d'oeuvre.

Cette rupture méthodologique par rapport aux pratiques séquentielles traditionnelles et cloisonnées fortement ancrées n'est pas sans nouvelle conséquence sur le contenu^{C35} et l'organisation de la pédagogie^{B42}. Les établissements d'enseignement du secteur doivent négocier plusieurs virages à la fois : se décroiser aussi, adopter une pédagogie collaborative de rupture, et utiliser les nouvelles technologies pour pratiquer l'interopérabilité.

Il faut être prudent en définissant des étapes de mise en place progressive de ces pratiques.

C'est d'ailleurs ce qu'a réalisé le Gouvernement. D'abord soutenir l'informatisation des professions. Puis soutenir l'étude et la mise au point d'une norme mondiale de communication des données techniques du projet entre les logiciels des partenaires de la Construction. Puis observer la réussite d'opérations pilotes, d'abord à l'étranger, et maintenant en France.

Enfin, à l'image d'autres pays industrialisés, promouvoir et accélérer les pratiques des TIC par une action réglementaire. C'est ainsi qu'il est prévu à partir de 2009 le recours obligatoire à la norme mondiale IFC⁵² pour les opérations du secteur public.

Nous entrevoyons dans l'analyse qui suit des propositions d'action pédagogiques, mais aussi des modifications à caractère organisationnel et administratif. Il en est de la responsabilité principale de l'enseignement de les étudier, puis de les mettre en place en concertation entre les différents types d'enseignement, ce qui complique la réussite. Le rôle prépondérant doit être assuré par les écoles d'architecture, l'architecte, comme l'étudiant, restant l'initiateur et le coordinateur de l'interopérabilité. Si l'enjeu est compris^{B50}, l'effort d'adaptation suivra.

La loi LRU⁵² et les PRES⁵², dédiés aux universités, mais extrapolables aux établissements interdisciplinaires du secteur de la Construction, ouvrent la voie. Déjà, 10 à 15% des enseignants démontrent la faisabilité de cette évolution par des expériences réussies².

A généraliser, ce qui laisse prévoir des difficultés de mise à niveau, dues à l'hétérogénéité des établissements, obligés de travailler ensemble dans des procédures collaboratives autour du projet, en utilisant les TIC. Difficultés que tous s'attacheront à surmonter.

3 METHODE, LIMITES ET FAISABILITE

3.1 METHODE

Pour définir une réelle prise en compte des TIC et du Développement Durable dans l'enseignement du secteur de la Construction, le principe de la méthode adoptée dans l'étude eXpert est simple :

Les professions formulent des attentes dirigées vers l'enseignement, dans le contexte de la mondialisation à laquelle elles sont soumises,

Les pilotes formulent des recommandations pour que l'enseignement, après une période de concertation, analyse et réponde à terme à ces attentes érigées en objectifs, dans le contexte français.

Plus particulièrement, la méthode exploite des **acquis**, tient compte du **caractère très hétérogène de notre enseignement public** (éclaté en cinq catégories indépendantes : la recherche, les écoles d'ingénieurs, les écoles d'architecture, les universités et les formations), et se place délibérément dans une **volonté d'améliorer l'existant pour atteindre un seuil d'excellence** exigé par les nouveaux savoirs et nouvelles pratiques à mettre en place, et réussir l'évolution attendue.

Nous voulons signaler une difficulté particulière propre au contexte des destinataires. L'intégration de l'interopérabilité est révélatrice du **besoin de modernisation de notre pédagogie et de nos établissements**, ce qui dépasse le cadre de cette étude, mais qui doit être accompli pour atteindre pleinement les objectifs d'évolution.

Les « Recommandations » seront classées différemment pour leurs difficultés supposées de mise en œuvre :

Celles qui semblent dépendre surtout d'une **volonté de réorganisation de moyens existants**, de celles qui supposent faire appel à des moyens plus importants, ou sont de nature plus politique, s'agissant d'une **évolution de nos services publics**.

Les limites de l'étude sont celles de la compétence et de la mission des pilotes du projet Expert. Les recommandations de nature technique, administrative et pédagogique, sont formulées seulement dans un **contexte qualitatif et performantiel**.

En conséquence, aucune évaluation des ressources financières nécessaires n'a été formulée, même si la rentabilité et l'efficacité ont été l'une des préoccupations des pilotes. Les solutions évoquées sont à l'état de « pistes » de réflexion, à examiner et préciser par les responsables pédagogiques des établissements.

Les détails des **acquis et moyens humains** de cette étude figurent dans les trois annexes : la liste des groupes de travail⁷, des fédérations professionnelles⁹, et des pilotes rédacteurs^{5, 6} du groupe « Enseignement et Formations ».

3.2 LES TRAVAUX REFERENCES

L'étude reprend des travaux engagés depuis une dizaine d'années, toujours d'actualité, et les travaux récents sur les trois problématiques évoquées : les programmes et recherches soutenues par le PU-CA, les travaux de l'IAI⁵², les actes des rencontres organisées par le Collège Enseignement Recherche de Médiaconstruct¹ sur le thème du travail collaboratif et de l'interopérabilité², les travaux sur les TICE (UNIT⁵²), les travaux des fédérations professionnelles et partenaires sociaux (étude CEP³), les avis formulés par un grand nombre de professionnels, dont des interviews⁴, les conclusions du Grenelle de l'Environnement^{B47}, le rapport sur l'enseignement supérieur de l'Institut Montaigne^{B45}. Le « Rapport sur la croissance » a fait l'objet d'un constat de convergence avec nos recommandations^{B53}.

Le lecteur se reportera aux autres rapports du livre blanc pour approfondir les enjeux nationaux de la mutation du secteur de la Construction vers le DD, les TIC et l'interopérabilité, et qui justifient le rôle attendu de l'enseignement

3.3 UNE PRISE DE CONSCIENCE FAVORABLE

Sont plus particulièrement à examiner les conclusions des groupes de travail de la Maîtrise d'ouvrage et de la Maîtrise d'œuvre, deux des métiers les plus concernés par les études de projet, dont la prise de conscience est effective, mais la position encore attentiste.

La situation de l'enseignement est très contrastée. Seule une minorité a pris conscience de l'urgence souhaitable de l'évolution vers les TIC, mais elle est active, défriche les problèmes et identifie les conditions de réussite. Ces conditions complémentaires sont de nature différente, sur l'urgence, l'effet de masse, l'environnement pédagogique et l'intervention de l'Etat :

- Nos établissements d'enseignement sont conscients **qu'ils doivent faire face l'évolution mondiale rapide de la société de l'information**^{C32}, et s'adapter rapidement. Ignorer cette évolution serait non seulement aggraver les dysfonctionnements^{C24}, faire reculer la compétitivité³⁴ de notre secteur professionnel¹⁰, mais aussi serait dangereux pour les établissements qui resteraient immobiles. Les candidats étudiants savent choisir.
- **La maîtrise d'ouvrage est en attente** de pouvoir bénéficier de la sécurité de bonne fin apportée par les TIC et l'interopérabilité. Elle est capable de contrer l'attentisme général par son adhésion. Dans l'immédiat, la formation permanente peut permettre de fournir un petit noyau d'architectes et d'ingénieurs compétents. Mais seuls l'enseignement et sa recherche adossée sont capables de répondre aux besoins par un apport massif de jeunes diplômés.
- La modification des contenus pédagogiques, généralisée pour atteindre cet effet de masse, entraîne aussi **la modification du fonctionnement des établissements**. En particulier, avant de permettre la progression des professions^{C55}, l'enseignement doit se décloisonner lui-même. Ce qui constitue une évolution supplémentaire indispensable à mener de front.
- Une intervention de l'Etat sur l'organisation de l'enseignement et de sa recherche adossée peut être envisagée si des **blocages de type administratif ou réglementaires** apparaissent.
- Les établissements du secteur de la Construction devraient pouvoir **bénéficier des dispositions nouvelles** encore réservées aux universités (LRU en se structurant, et PRES).
- Cette intervention de l'Etat est d'autant plus justifiée que **l'interopérabilité permet de renforcer le traitement du développement durable** dans la Construction. DD et TIC sont indissociables.

Une dernière condition, mais la plus importante, est **l'adhésion du corps enseignant du secteur de la Construction**. L'exploration effectuée par le Collège Enseignement Recherche de Médiaconstruct nous rend optimiste sur la prise de conscience nécessaire. Si celle-ci se renforce, l'évolution se mettra en place d'elle même.

Un réveil encourageant^{B50}, de nombre de nos chercheurs et établissements^{C35}, qui expérimentent déjà le travail collaboratif, et même l'interopérabilité^{13, B16} et aussi les TICE¹¹ dans un objectif d'efficacité^{12, 39}, témoigne de la faisabilité de cette évolution, déjà amorcée, à généraliser.

4 LES ATTENTES DES PROFESSIONS

4.1 LE PROPRE DECLOISONNEMENT DE L'ENSEIGNEMENT EN VUE DU TRAVAIL COLLABORATIF

Il faut remarquer que les professions du secteur sont loin d'avoir terminé leur mutation vers les logiciels informatiques, et notamment le 3D, condition préalable au préalable pour aborder les TIC et le numérique, à la charge de l'enseignement^{C33, C35}.

A1 : LE DECLOISONNEMENT PREALABLE DE L'ENSEIGNEMENT POUR LE TRAVAIL COLLABORATIF

Devant les enjeux économiques et sociaux, la formation doit remplir son rôle pour anticiper l'évolution mondiale et conduire la mutation, actuellement bloquée, du secteur de la Construction vers les TIC. Dans cet objectif urgent, les divers établissements d'enseignement doivent modifier leur pédagogie dans une concertation interprofessionnelle pour former leurs étudiants aux outils et méthodes de l'interopérabilité, préalable pour relever le défi du DD par une approche globale de la conception du projet.

Cette pédagogie de rupture suppose que la recherche, les écoles d'architecture, d'ingénieurs, les universités et les formations concernées par la Construction organisent l'enseignement du projet en coopération, sous une forme collaborative. Ce qui conduit au décloisonnement de notre enseignement.

Il s'agit maintenant de généraliser savoirs et pratiques à rendre obligatoires à terme^{C37} pour atteindre l'effet de masse, une des conditions de réussite. Il est par ailleurs dangereux de reculer le moment de cette adaptation, car nous sommes en réalité, en France, face à une situation sans issue si personne ne se décide à faire le premier pas. La Maîtrise d'œuvre attend⁴ pour utiliser la formation continue¹⁴. La Maîtrise d'Ouvrage attend aussi la mise en place des compétences. **Seul le rôle novateur de l'enseignement peut agir d'une façon durable pour débloquer cette situation attentiste.**

A2 : ASSURER LE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE PAR LES JEUNES DIPLÔMÉS

Les professions du secteur de la construction sont dans une position attentiste face à l'évolution de leur métier vers le numérique et la société de l'information. Il appartient donc à la nouvelle génération de diplômés d'assurer le transfert technologique des TIC et du DD vers les métiers, en atteignant ainsi rapidement le seuil de masse critique attendu.

L'enseignement de l'interopérabilité dans l'ensemble des établissements du secteur de la Construction, doit précéder les pratiques, pour les susciter.

Dès lors, toutes les professions se tourneront vers les formations diplômante et permanente pour accélérer l'évolution attendue.

4.2 LES TIC ET LES TICE : SE HISSER AU MEILLEUR NIVEAU MONDIAL ?

Il faut bien réaliser que nous sommes au tout début de l'aventure des TIC, et que nous ne pouvons soupçonner encore l'explosion de ses performances à moyen terme. Il est donc urgent de profiter tout de suite des avantages offerts, de ne pas se laisser distancer, sous peine de perdre pied, et surtout d'anticiper l'évolution mondiale en reprenant l'initiative de l'innovation. Il faut acquérir un état d'esprit déterminé pour vaincre l'immobilisme résiduel de notre enseignement public.

A3 : UN OBJECTIF PERMANENT D'EXCELLENCE

L'état d'esprit nécessaire à la réussite de l'intégration des TIC des TICE, et du Développement Durable dans la pédagogie implique d'avoir l'ambition de hisser son établissement au meilleur niveau mondial.

4.3 LE ROLE DE LA RECHERCHE DANS L'ENSEIGNEMENT DES TIC

La recherche représente un atout considérable pour l'intégration des TIC et des TICE dans le secteur tout entier de la Construction, et notamment la recherche adossée à l'enseignement, qui peut constituer un bras de levier efficace dans l'évolution, sous quelques conditions d'organisation réalisables sans gros investissements :

- **Réaliser une coordination globale et pérenne des nouveaux thèmes de recherche.**
Les laboratoires sont actuellement peu intéressés par les nouveaux savoirs et nouvelles pratiques du DD et de l'interopérabilité, notamment dans les écoles d'architecture^{25,27}.
- **Confier aux enseignants chercheurs un rôle de formateur** des enseignants de leur propre établissement, et de ceux des formations diplômante et permanente. Un établissement public, comme une entreprise, devrait faire converger vers un objectif commun l'ensemble de ses forces, et remettre en question habitudes, règlements conventionnels et administratifs, s'ils constituent des freins à l'innovation.
- **Offrir aux responsables pédagogiques concernés un support technique dédié aux TIC**, avec des missions pédagogiques, ce qui existe déjà pour les TICE : UNIT^{11,39}

A4 : L'EXTENSION DU RÔLE DE LA RECHERCHE ADOSSEE

Les laboratoires de recherche adossés aux établissements d'enseignement doivent impérativement ouvrir de nouveaux axes de recherche sur l'interopérabilité et le développement durable, coopérer avec des organismes comme l'IAI et le CSTB, et se coordonner entre eux et avec la recherche universitaire.

Les enseignants chercheurs devraient assurer un rôle essentiel dans la formation des enseignants du projet de leur établissement sur ces technologies et ces méthodes, ainsi que pour les formations diplômantes et permanentes.

Les enseignants et chercheurs devront pouvoir bénéficier d'une structure assurant des fonctions à la fois de support technique, de mise à niveau des chercheurs et de valorisation des travaux pédagogiques.

4.4 LES FORMATIONS DEVIENNENT INTEROPERABLES

Les organismes de formations diplômante ou permanente concernés par les attentes des professions sont ceux qui peuvent offrir des formations sur le Développement Durable, la HQE, en liaison avec les TIC et l'Interopérabilité.

A l'image de l'enseignement, elles en acquièrent les mêmes caractéristiques :

- **Le nouveau système de formations doit devenir interprofessionnel.** Plusieurs organismes de formations inscrivent les thèmes de la HQE dans leur programme. Mais oublient de les lier étroitement à l'interopérabilité, sauf exception^{51 28} ce qui diminue fortement leur impact.
- **Les Formations doivent s'appuyer sur la recherche et l'enseignement**, en utilisant également les TICE au service des TIC et de l'interopérabilité, sans chercher à devancer la progression logique du transfert des connaissances.

**A5 : DES FORMATIONS OBLIGATOIREMENT INTERPROFES-
SIONNELLES**

La transmission des connaissances et des pratiques innovantes comme les TIC et le DD ne dérogent pas à un enchaînement logique et sécurisant de la recherche successivement vers l'enseignement, les professions et les formations, lesquelles autorisent un mécanisme d'amélioration du savoir.

Sur les thèmes réunis des TIC, du Développement Durable et de l'interopérabilité, les formations diplômante et permanente deviennent obligatoirement interprofessionnelles.

Dans le secteur de la Construction en particulier, pour des raisons de cohérence, d'efficacité, de rapidité et d'économie, la structure pédagogique des formations doit s'intégrer dans celle unique de la recherche adossée et de l'enseignement, et exploiter les TICE avec des cours en ligne de préférence interprofessionnels.

5 RECOMMANDATIONS POUR L'ENSEIGNEMENT DES TIC ET DU DD

Pour satisfaire aux attentes des professions, les recommandations sont dirigées vers chacune des 5 catégories d'établissements d'enseignement supérieur du secteur de la construction, afin de tenir compte de leur contexte particulier vis à vis des nouveaux savoirs et nouvelles pratiques.

Certaines s'adressent à toutes les catégories. Au contraire, plusieurs concernent uniquement les universités pour la coordination de la recherche sur de nouveaux thèmes, et les écoles d'architecture appelées à jouer un rôle préalable prépondérant dans l'évolution des métiers.

5.1 TROIS RECOMMANDATIONS COMMUNES A TOUS LES ETABLISSEMENTS

5.1.1 Une pédagogie collaborative à généraliser

Les contenus théoriques^{B42, B47} de l'enseignement^{C37} à mettre en place représentent un temps étudiant non négligeable pour les TIC, si on inclut les préalables de maîtrise des logiciels techniques en 3D. Ils sont plus importants encore pour le Développement Durable. Selon les spécialités développées par l'établissement, le total varie entre 300 et 600 heures/étudiant. Impossible donc de se contenter d'ajouter quelques heures dans chaque année. Il faudra adopter une nouvelle pédagogie de la transmission des connaissances, pour ne pas sacrifier des matières fondamentales ni augmenter la durée du cursus total. Sans doute en redéployant les cours les plus adaptés vers l'enseignement à distance. L'étudiant devra s'habituer à une formation plus libre, qui demande un effort personnel. Il devra préparer ses contacts plus espacés avec son tuteur. Ce type de fonctionnement doit devenir la règle dans l'enseignement supérieur, et tout au long de la vie⁴⁶.

Les travaux pratiques consistent essentiellement à organiser les ateliers de projet sous une forme collaborative, à distance, avec un certain nombre d'établissements proches ou éloignés. Ce qui devient possible en utilisant les normes d'échange de données techniques (et graphiques). Les problèmes de disponibilité, distance, temps, fréquence sont d'ailleurs mieux pris en charge par les TIC, qu'en réunissant physiquement les étudiants. Ce qui devient impossible, sauf pour conserver des moments rares et privilégiés (Formation des équipes, jury).

R1 : UN ENSEIGNEMENT COLLABORATIF INTERPROFESSIONNEL A GENERALISER

L'enseignement à mettre en œuvre sur le DD, les TIC et l'interopérabilité concerne à la fois de nouvelles matières théoriques, et de nouvelles pratiques du projet. Les cours interprofessionnels utilisent les TICE, tandis que les ateliers de projet s'appuient sur des échanges de données normalisés entre logiciels :

- Sciences environnementales,
- Techniques du Développement Durable en construction,
- Introduction aux sciences de l'information et de la communication,
- Structuration de l'information du projet de Construction,
- Aspect normatif des échanges et conditions de l'interopérabilité.

Les ateliers du projet seront organisés sous une forme collaborative entre une école d'architecture et plusieurs écoles d'ingénieurs et de techniciens de l'économie.

Les pré-requis sont la maîtrise de l'environnement informatique (Certificat C2i), puis des logiciels de CAO en 3D pour l'architecte, et des logiciels techniques de calcul et de simulation pour l'ingénieur et le technicien.

Nous insistons sur **les pré-requis informatiques et Internet**, actuellement négligés depuis le secondaire jusqu'à l'enseignement supérieur, autant pour l'étudiant que pour l'enseignant. Lacune qui complique ensuite la maîtrise des outils logiciels métiers, puis des TIC et des TICE. Les établissements devront se rapprocher d'organismes comme le consortium PORTICES qui délivre le certificat national C2i, en un niveau de compétence généraliste, et un niveau métier. A rendre obligatoire.

5.1.2 Vers une pédagogie par projet

Les nouvelles matières en constante évolution présentent un contexte idéal pour appliquer une nouvelle forme de pédagogie, dite *pédagogie par projet*^{C54}, exploitée avec succès dans les grandes écoles et dans de nombreux pays^{C56}. Cette méthode responsabilise l'étudiant qui choisit son parcours pédagogique, améliore la transmission du savoir, favorise son assimilation.

Organisation qui ne nécessite pas de moyens si importants^{C40}, si on considère les économies réalisées par le partage des investissements entre plusieurs sites, la mise en commun des supports pédagogiques, techniques, technologiques, des résultats de recherche, mais aussi la mutualisation de la gestion administrative, et enfin le bénéfice d'une meilleure qualité et rentabilité de la pédagogie.

Combinée à l'abandon progressif des cours magistraux au profit d'un enseignement à distance individualisant le contact avec le professeur, cette nouvelle pédagogie permet à une école de rayonner dans un espace géographique élargi, de franchir le seuil du nombre d'étudiants limité dans le contexte traditionnel, d'améliorer l'efficacité et la qualité de l'enseignement autant pour l'étudiant que pour le professeur, que pour l'établissement organisé en réseau virtuel.

Certes, dans l'ordre des priorités à examiner, on peut admettre que cette modification radicale des pratiques pédagogiques bien adaptées au contexte pluridisciplinaire et à distance de l'apprentissage de l'interopérabilité, sera à prévoir dans une étape ultérieure. Néanmoins, elle doit figurer dans les évolutions indispensables pour améliorer l'efficacité des établissements du secteur de la Construction.

R2 (optionnelle) : TENDRE VERS LA PEDAGOGIE PAR PROJET

Ce type de pédagogie qui transforme le fonctionnement d'un établissement, nécessite des moyens généralisés d'enseignement à distance, offre le maximum d'attraits et de réussite à l'étudiant.

Cette nouvelle organisation s'applique de préférence à un regroupement d'écoles en réseau, sur la base du volontariat, pour partager et optimiser les investissements et les moyens pédagogiques par l'utilisation des TICE.

5.1.3 La recherche d'une taille critique

Nous ne faisons que reprendre au profit des établissements du secteur de la Construction les recommandations de l'Institut Montaigne^{B45} sur l'enseignement supérieur, afin d'assurer une meilleure représentativité à l'international, une meilleure formation par une mutualisation des moyens pédagogiques et administratifs, par une diversité d'options. Ce qui ne peut être réellement atteint sans le concours de la pédagogie par projet^{C54}, qui implique à son tour l'accès aux performances des TICE⁵².

A prévoir ultérieurement, sur la base du regroupement en réseau d'entités qui actuellement sont trop petites pour espérer atteindre un fonctionnement satisfaisant face aux défis de la mondialisation.

Cet objectif s'adresse en particulier aux écoles d'architectures, éparpillées et consommatrices de ressources redondantes, qui en l'état peuvent difficilement prétendre adhérer à un PRES⁵² ou bénéficier de dispositions extrapolées de la loi LRU⁵².

R3 : SE REGROUPER POUR ATTEINDRE UNE TAILLE CRITIQUE

Les établissements doivent poursuivre la recherche d'une taille critique par des regroupements, pour viser une position d'excellence, espérer mutualiser leurs ressources et offrir une attractivité convaincante aux étudiants étrangers

5.2 L'ENSEIGNEMENT DE L'INGENIERIE FACE AUX TIC ET AU DD.

L'adoption de pratiques interopérables par les professions de l'ingénierie devrait être plus simple et immédiate que pour la profession d'architecte^{C55}.

L'évolution de son enseignement également, pour qui les quatre premières attentes des professions peuvent être satisfaites sans nécessiter de changements profonds de leur fonctionnement. Il n'en sera pas de même pour les contenus pédagogiques. C'est à dire pour la mise en place du travail collaboratif autour du projet, et l'introduction au traitement spécifique du Développement Durable, qui selon les spécialités de l'établissement peuvent prendre une importance considérable.

Une seule recommandation est ajoutée à celles communes, déjà énumérées : celle concernant la coordination de la recherche sur de nouveaux thèmes à définir, à assurer par les universités, les mieux placées pour cette mission.

5.2.1 Les écoles d'ingénieurs du secteur, catégorie la plus nombreuse

Nous avons décelé, à travers le Collège Enseignement Recherche de Médiacconstruct de nombreuses initiatives de travail collaboratif entre établissements de spécialités différentes. Les élèves ingénieurs sont ravis de travailler avec des étudiants architectes, et la réciproque est vraie². Il ne s'agissait pas encore d'une véritable interopérabilité, mais le saut qualitatif et méthodologique s'effectuera sans difficultés. Cette prédisposition est confirmée par une coopération pilote^{B16}.

L'utilisation des technologies éducatives est en bonne voie. Preuve en est l'intérêt grandissant pour l'utilisation des TICE par des établissements concernés par la Construction, puisque beaucoup adhèrent au consortium UNIT¹¹, tandis que d'autres ont développé une forme de FOAD⁵² qui fonctionne avec succès depuis quelques années (Le Groupe des Ecoles des Mines GEM³⁹).

Contrairement aux écoles d'architecture qui sont homogènes dans leurs qualités comme dans leurs défauts, et pour lesquelles il est plus facile de formuler des recommandations précises, la situation contrastée des écoles d'ingénieurs orientées vers la Construction nous interdit de formuler des recommandations autres que celles communes à tous les établissements du secteur, déjà énumérées.

Les ingénieurs, ainsi d'ailleurs que les techniciens de l'économie, et les spécialistes de la coordination de l'ingénierie et de la réalisation des ouvrages, sont, au même titre que l'architecte, prédisposés à assurer le pilotage technique du système d'information du projet. Cependant, de part sa mission, l'architecte devrait rester maître de la synthèse de la procédure interopérable, et des informations techniques traitées, lors de la conception de l'ouvrage ; Il faut bien distinguer la différence, et la séparation, dans un système d'information du projet, entre l'aspect décisionnel, et l'aspect de gestion et de stockage de l'information numérique et technique.

5.2.2 Les universités concernées par la Construction

Soulignons en premier lieu que la loi LRU solutionne le décroisement des universités. Cette évolution vers l'autonomie¹⁷ favorise à grande échelle ce que nous préconisons pour le tout petit monde des écoles d'architecture, et pour celui plus nombreux des écoles d'ingénieurs.

Nous n'aurons donc aucune recommandation à formuler concernant l'environnement pédagogique des Universités. Elles sont prédisposées à enseigner les nouveaux savoirs, à utiliser les ressources des TICE²⁹ (elles sont à l'origine du consortium UNIT¹¹), bénéficient d'une force prépondérante de recherche. Ce qui constitue de loin leur meilleur atout pour l'intégration des TIC.

Le problème reste entier néanmoins pour les nouvelles pratiques, et la participation des universités aux ateliers de projet interopérable, ce qui est moins facile pour elles, puisque peu de diplômés universitaires s'engagent dans la maîtrise d'œuvre concernée par l'étape de conception.

Les filières courtes, plus axées vers le projet (par exemple les UIT spécifiques au secteur de la construction, dont les IUT de génie civil) seront plus motivées, d'autant que les autres établissements du secteur attendent de compléter leurs équipes collaboratives avec les techniciens de l'économie.

Le deuxième effort doit porter sur le rôle prépondérant que l'université peut jouer **dans la coordination de nouveaux thèmes de recherche orientés sur les TIC, le Développement Durable et l'interopérabilité**, pour répondre à l'attente (N°4) des professions.

R4 : COORDINATION AVEC LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE SUR LE DD ET LES TIC, EN CONSTRUCTION

Privilégiées par une force de recherche existante, et dotées d'une loi leur permettant de se décloisonner, les universités sont en position idéale pour jouer un rôle moteur d'entraînement dans la recherche sur de nouveaux thèmes orientée vers le Développement Durable, les TIC et l'interopérabilité, par des coopérations avec les laboratoires des écoles d'architecture et d'ingénieurs, avec ceux de l'industrie, ou avec des centres de recherche professionnels comme le CSTB.

La coordination pourrait se matérialiser par un cycle périodique de conférences rencontre sous une autorité interministérielle pour réaliser une réelle complémentarité des sujets de recherche.

Certaines entités universitaires d'enseignement du secteur de la Construction pourraient également participer avec les écoles d'architecture et d'ingénieurs à des ateliers de projet interopérable, lieux propices à l'émergence d'idées novatrices.

5.3 UNE FORMATION PLUS TECHNIQUE DES ARCHITECTES

Les écoles d'architecture, réputées appartenir à l'enseignement supérieur, sont soumises, comme les écoles d'ingénieurs et les universités du secteur, aux mêmes recommandations communes à caractère interprofessionnel déjà énumérées, ci-dessous commentées :

- **Sur les contenus**^{B42, B47} de l'enseignement^{C37} à mettre en place, ce qui constitue une évolution en profondeur, aussi bien pour le DD que pour les TIC, avec environ 600 heures étudiant à introduire (ce qui exclut d'avoir recours à un complément de formation HMO^{C56}). La tentation sera grande de recourir à des solutions optionnelles pour l'étudiant^{C37}. Cependant, cette dernière solution présente des dangers, par exemple d'introduire des différences de compétence entre deux catégories d'architectes qui se destinent à la maîtrise d'œuvre et à la conception, et qui seraient détenteurs du même diplôme.

Il s'agit d'un problème stratégique de fond, d'organisation de la pédagogie, et même de politique nationale d'enseignement du secteur, qui est posé, et qui reste à résoudre.

Voir **R1 : LE CONTENU DU NOUVEL ENSEIGNEMENT INTERPROFESSIONNEL**

- **Sur la nouvelle pédagogie par projet** bien adaptée à l'étudiant en architecture^{C56, C54}. Cette recommandation soumise à l'examen des écoles reste difficile à appliquer à court terme et à généraliser, réservée à des établissements dont les enseignants seraient motivés à aborder le changement pédagogique qu'elle suppose, avec quelques moyens à trouver^{C40}.

Voir **R2 (optionnelle) : LA PEDAGOGIE PAR PROJET**

- **Sur le moyen d'atteindre une attractivité internationale**, une efficacité pédagogique, une qualité vers l'excellence^{B45} : réussir des regroupements, adhérer à un PRES.

Voir **R3 : UNE TAILLE CRITIQUE POUR TOUS LES ETABLISSEMENTS**

Et **R4 : COORDINATION AVEC LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE SUR LE DD ET LES TIC**

5.3.1 Spécificités de l'enseignement de l'architecture

Cependant, il faut tenir compte de la réalité qui différencie les écoles d'architecture de celles d'ingénieurs, vis à vis des TIC et du DD :

- L'enseignement de l'architecture se situe sur le chemin critique de l'évolution des métiers vers la société de l'information et du numérique, car il joue un rôle prépondérant.
- Particulièrement, l'évolution de l'enseignement du projet est plus complexe, qui remet en cause la façon de concevoir le projet dans des ateliers devenus collaboratifs et interdisciplinaires, au moins dans le cycle Master (certains préconisent de le mettre en place plus tôt).

- Les jeunes diplômés doivent jouer un rôle de formateur. Les architectes en exercice souhaitent leur confier la normalisation de leur agence⁴.
- L'évolution vers le DD^{B47} et les TIC suppose revoir le niveau de l'enseignement, à rendre plus technique^{B42} si non plus polytechnique. Il est en effet demandé à l'architecte qui conduit une équipe interopérable d'assurer la synthèse des informations techniques issues de l'ingénierie. Il doit donc posséder une culture en ingénierie suffisante pour être un interlocuteur valable. On peut admettre que le pilotage du système d'information lui même puisse faire l'objet d'une option dans sa formation. Cette mission spécialisée pourra d'ailleurs être assumée séparément par un ingénieur ou un technicien dédié. Mais de toutes façons, cette évolution technique, méthodologique, technologique et économique de la conception suppose une orientation sélective des candidats lors de l'inscription dans les écoles, et non en cours de cursus, dès lors que le candidat envisage d'assurer l'exercice de la maîtrise d'œuvre.
- La pérennité de la fonction de l'architecte est en jeu^{B49} dans les nouveaux défis. Les écoles endossent donc une responsabilité supplémentaire dans la réussite de la mutation du secteur de la Construction tout entier, dans le devenir de la profession d'architecte, dans l'évolution de leurs propres établissements.

On comprend que tout retard dans cette évolution nécessaire et inéluctable de l'enseignement de l'architecture soit lourd de conséquences, alors que dans beaucoup de pays, notamment anglo-saxons, cette inertie n'existe pas. L'existence d'une formation plus scientifique, le plus souvent dans des universités polytechniques, les prédispose à l'évolution, au regroupement, à la recherche d'excellence.

La décision majeure de relever le niveau scientifique et technique des écoles d'architecture, si elle est prise, produira malheureusement ses effets avec une inertie de plusieurs années. La France part déjà avec un handicap sérieux, si toutefois elle part tout de suite.

Dans un premier temps, en urgence, il faudrait que dans chaque école, une option du Master permette aux étudiants qui le souhaitent et qui en ont le niveau de se diriger vers les TIC et le DD, en ouvrant également un atelier de projet collaboratif avec une ou deux écoles d'ingénieurs.

Ce qui oblige les professionnels à formuler une recommandation spécifique aux responsables pédagogiques des écoles d'architecture, en forme de question :

R5 : LE CARACTERE POLYTECHNIQUE DES ECOLES D'ARCHITECTURE ?

L'enseignement dans les écoles d'architecture devrait-il devenir plus technique, afin que l'étudiant domine les sciences et techniques du DD, des TIC et de l'interopérabilité dans la conception, puisse conduire une équipe de maîtrise d'œuvre et d'ingénierie, assurer la synthèse technique et économique du projet ?

Le pilotage informatique du système d'information, distinct de la mission décisionnelle, peut faire l'objet d'une spécialité optionnelle, d'ailleurs ouverte à tous les partenaires.

Se situant sur le chemin critique de l'évolution du secteur de la Construction, la modification rapide du niveau scientifique et technique dans les écoles d'architecture ne devient-elle pas la première étape prioritaire, urgente, qui assure le décloisonnement de l'enseignement du secteur ?

En effet, cette dernière recommandation entre en contradiction avec une évolution antérieure dans ces écoles : l'hétérogénéité du niveau scientifique et technique de ses étudiants.

Les écoles d'architecture françaises se sont attribuées deux missions : la formation de type universitaire, qui prépare au doctorat et à des emplois nombreux autres que la conception des ouvrages¹⁹, et la formation professionnalisante, orientée vers la maîtrise d'œuvre. Avec un seul et même programme pédagogique, un seul diplôme.

Cette orientation qui date des années 1980 a ouvert le recrutement des étudiants dans un objectif de diversité des débouchés, en réduisant les matières scientifiques et techniques. Ce qui provoque un malaise permanent¹⁸ et de violentes critiques de la part des professionnels^{22, B49, C56}

Cette ouverture, source d'un dysfonctionnement de nos écoles d'architecture, ne garantit plus le niveau de compétences professionnelles requis pour l'évolution vers les TIC et l'interopérabilité, attaché au diplôme unique²⁶.

Des efforts méritants^{C36} pour mieux appliquer les directives européennes du LMD⁵² à ce contexte français ne seront peut être pas suffisants pour redresser la situation, qui réclame une mesure radicale. A l'image de ce qui existe dans le reste de l'Europe^{B52}.

Si la volonté d'une diversification des débouchés du diplôme d'architecte était louable dans le contexte de la précédente crise (le dernier choc pétrolier), **il n'en est pas moins vrai que cette situation présente aujourd'hui des inconvénients majeurs vis à vis de l'intégration de techniques en devenir comme le DD, de technologies complexes comme les TIC, de pratiques pédagogiques de rupture comme l'interopérabilité. Et rend difficile l'attente N°3 des professions visant l'excellence.**

La réalisation des recommandations R1 et R5 suppose également une **modification de l'environnement pédagogique des écoles.**

Les besoins rejoignent ceux qui ont provoqué l'émergence de la loi LRU pour l'autonomie des universités¹⁷ : une participation de la recherche^{B25} adossée sur les nouveaux thèmes de l'interopérabilité, du développement durable, des TICE, pour permettre une nouvelle mission de formation des enseignants chercheurs, l'autonomie dans le recrutement des professeurs compétents sur les TIC et le DD, même à l'étranger, la recherche de ressources financières complémentaires, le rapprochement avec le milieu professionnel.

R6 : PLUS D'AUTONOMIE ET D'OUVERTURE DANS L'ENSEIGNEMENT DE L'ARCHITECTURE

Cinq dispositions majeures à améliorer ou mettre en place paraissent incontournables pour réussir le décroisement des écoles d'architecture vers le traitement du Développement Durable et l'utilisation des TIC :

- 1 Chaque établissement devrait posséder au moins un laboratoire de recherche orienté vers les TIC, les TICE et le DD.
- 2 Les enseignants chercheurs devraient consacrer leur part d'enseignement à la formation des enseignants du projet.
- 3 Chaque établissement doit jouir de la liberté de recrutement des professeurs compétents, et rester maître de ses promotions internes.
- 4 Chaque établissement doit être libre de se procurer des ressources complémentaires par des coopérations avec le monde professionnel ou des collectivités, ou par l'accueil d'étudiants étrangers.
- 5 Pour atteindre le niveau polytechnique requis dans les écoles d'architecture, des critères de sélection doivent être adaptés aux étudiants qui se destinent à l'exercice de la maîtrise d'œuvre.

5.3.2 Le regroupement en réseau de l'enseignement de la maîtrise d'œuvre ?

Les pilotes du contrat eXpert ont été confrontés à de nombreuses questions sur ce thème, posées par les professionnels de l'ingénierie, mais aussi par des architectes. Il n'est pas dans l'ambition du projet eXpert d'aller au delà de ce constat observé, et encore moins d'obtenir des réponses.

Seulement, il n'est pas interdit de réfléchir à comment lever ce blocage identifié, car la position des écoles d'architecture françaises non seulement étonne nos pays européens voisins, mais surtout provoque une carence dans les profils de compétence professionnelle recherchés, notamment dans l'évolution technique et technologique des TIC.

Cette question suppose pour sa réponse réaliser un préalable logique en forme d'alternative :

- soit certaines écoles se spécialisent dans leur mission de formation à la maîtrise d'œuvre, avant de pouvoir se regrouper,

- soit chaque école héberge un cursus distinct de recrutement et de formation à la maîtrise d'œuvre, validé par un diplôme spécifique. Il devient alors indispensable pour ne pas doubler les ressources humaines et pédagogiques des écoles existantes, que cet enseignement soit mutualisé le plus possible en réseau, à distance, en utilisant les TICE.
- Un autre solution, encore plus radicale, et que nous mentionnons pour mémoire, serait la constitution d'écoles nouvelles d'ingénieurs architectes. Certaines écoles d'ingénieurs y réfléchissent.

Mais peu importe le préalable structurel et organisationnel. Examinons l'amélioration des fonctionnalités pédagogiques attendues.

En assumant une pédagogie « par projet » (Recommandation R2) les écoles d'architecture concernées deviendraient un laboratoire d'excellence qui les hisseraient au niveau international, en visant la création d'un **réseau d'un enseignement plus technique d'architecture spécialisé dans le DD, les TIC, et l'interopérabilité dans la Construction. Ce qui répondrait à la demande, à condition d'atteindre rapidement une masse critique suffisante de jeunes diplômés possédant le profil recherché.**

L'un des défauts des écoles d'architecture françaises, constituées d'établissements éparpillés trop petits, peut paradoxalement être retourné en une qualité essentielle pour réaliser ce réseau d'excellence : l'appartenance des établissements à un seul organisme de tutelle peut faciliter un regroupement pour atteindre le seuil critique de 5 000 étudiants^{B45}, sur la base du volontariat.

Cette ambition n'est pas réalisable immédiatement. Mais elle constitue une piste à examiner, **afin de servir de guide et d'objectif aux étapes de l'évolution attendue.** Le texte de loi LRU pourrait alors, au prix d'un peu d'imagination, être adapté et s'appliquer à ce regroupement.

R7 : VERS UN REGROUPEMENT « D'EXCELLENCE »

Un regroupement en réseau d'un enseignement plus technique d'architecture sans investissements importants en regard de l'enjeu pour les écoles et les professions constituerait une dernière étape de l'évolution nécessaire :

- Redonner à la France un rayonnement qu'elle mérite en architecture, attirer les étudiants étrangers, atteindre le seuil critique de taille pour prétendre à l'excellence sur les thèmes du DD et des TIC.
- Remettre le niveau de son enseignement de l'architecture en conformité avec celui de son ingénierie, ce qui garantit la poursuite de la mutation du secteur de la Construction vers le numérique, puisque l'architecte en est le moteur,
- Devenir un interlocuteur valable pour un rapprochement avec les écoles d'ingénieurs et les universités sur ces matières à travers un PRES et espérer bénéficier d'une adaptation de la loi LRU.

5.3.3 Un atelier sous l'égide d'une coopération interministérielle

Dans la plupart des pays étrangers qui ont adopté la norme internationale de communication, l'Etat est intervenu soit pour la rendre obligatoire (par exemple le gouvernement fédéral des Etats Unis pour ses programmes de construction, de rénovation et de maintenance), soit pour en accélérer les applications (pays nordiques).

En France, pour compléter son action incitative, les pouvoirs publics devront sans doute intervenir à travers l'enseignement public, et peut être aussi à travers la maîtrise d'ouvrage publique, qui paraissent les deux seules solutions émergeant de l'état des lieux pour débloquer une situation figée.

(Plus récemment, le MEEDDAT prévoit de rendre la norme de communication des données techniques IFC⁵² obligatoire à partir de 2009-2010 pour les réalisations publiques).

Et peut être aussi l'Etat pourrait inciter l'enseignement public du secteur de la Construction à se décloisonner par une adaptation réglementaire de type LRU et PRES. Ce qui est d'autant plus justifié puisque l'interopérabilité améliore le traitement du DD dans la Construction.

Les écoles d'architecture sont situées sur le chemin critique de cette évolution, alors qu'elles présentent le plus de résistance et de faiblesse à l'effort nécessaire. Il est donc logique que l'intervention de

l'Etat doit se concentrer sur elles. L'intervention est de nature interministérielle, puisque pas moins de 3 ministères de tutelle se réunissent pour contrôler les différents types d'enseignement du secteur.

R8 : UN ATELIER DE COOPERATION INTERMINISTERIELLE

Un atelier devrait être créé sous l'égide des Ministères commanditaires du projet eXpert, du Ministère de tutelle des écoles d'architecture, et de celui de l'Enseignement Supérieur, pour évaluer les modalités de mise en œuvre de l'évolution de l'enseignement dans le contexte des TIC et du DD.

5.4 LES FORMATIONS INTERPROFESSIONNELLES SUR L'INTEROPERABILITE ET LE DD

Ne pas brûler les étapes.

L'attente des professions est formulée clairement (A5), qui implique que toute formation sur les thèmes des TIC et du DD soit obligatoirement interprofessionnelle. Ce qui suppose qu'une formation ne puisse s'ouvrir si la répartition des candidats n'est pas équilibrée entre architectes, ingénieurs et économistes. Cette obligation complique son organisation et sa gestion.

L'expérience de formation permanente mise en place à titre expérimental sur plusieurs années par Médiaconstruct, avec l'aide de la DAPA²⁸,^{B14}, confirme que sur le sujet des TIC et de l'interopérabilité, on ne puisse sauter les étapes de la transmission des nouveaux savoirs et des pratiques : d'abord l'enseignement, ensuite, les formations. Elles ne peuvent avoir lieu que si la demande de pratiques interopérables dans le tissu professionnel provoque les inscriptions.

Puisque ces pratiques doivent être majoritairement initiées par le transfert technologique des TIC assuré par les jeunes diplômés, nous sommes cohérents en affirmant que le rôle des formations, essentiel, viendra après et en complément de celui de l'enseignement initial.

Seule, la Maîtrise d'ouvrage, par une action volontariste lors des appels d'offres, pourrait provoquer une demande de formation permanente précoce. Le besoin d'interopérabilité pour l'activité de GTP (Gestion Technique de Patrimoine), activité souvent liée à la maîtrise d'ouvrage, n'implique pas en urgence les métiers de la Maîtrise d'œuvre. C'est pourquoi l'usage des TIC et des normes d'échange de données ont pris de l'avance dans cette activité, et pourraient susciter tout de suite un besoin de formations.

Nous distinguons les deux types de formations, permanente et diplômante, qui relèvent de logiques différentes, même si toutes deux sont interprofessionnelles.

La formation diplômante.

Rappelons qu'elle a pour objet essentiel de former des professionnels en exercice sur une période assez longue pour l'obtention des mêmes diplômes que ceux délivrés dans l'enseignement initial.

R9 : LA FORMATION DIPLÔMANTE DANS LE CONTEXTE DU DD ET DES TIC SE FOND DANS L'ENSEIGNEMENT INITIAL

Les objectifs, les contraintes de moyens, et le statut des candidats à la formation diplômante impliquent que sa structure se fonde dans celle de l'enseignement initial (garantie de qualité, d'efficacité et de rentabilité, et même caractère interprofessionnel).

La dispersion géographique des candidats et l'exercice simultané de leur profession impliquent nécessairement l'utilisation des TICE pour les cours théoriques et les ateliers collaboratifs, pour leur plus grande partie réalisés à distance.

Cette formation au projet interopérable, généralisée aux autres matières, permettrait de résoudre aussi le problème des étudiants salariés, et de procurer aux établissements des ressources complémentaires en ouvrant aux candidats hors frontières (en anglais).

La formation permanente, encore appelée « continue ».

Son objectif est de compléter la formation de professionnels en exercice ponctuellement sur des thèmes bien identifiés. Elle ne délivre pas à proprement parler de diplômes, mais peut attester de l'acquisition de connaissances ou de compétences spécialisées.

L'enseignement initial résout moins facilement les contraintes de la formation permanente^{C48}. La partie théorique à distance peut être assurée par l'enseignement initial, avec des adaptations pour l'infrastructure.

En revanche, les travaux pratiques et l'atelier de projet interopérable n'échappent pas à une organisation parallèle qui réclame une participation des professeurs supplémentaire au cursus normal, avec une répartition et une fréquence dans le temps plus difficile à organiser, les candidats devant se déplacer.

R10 : LE CARACTERE DEMONSTRATIF DE LA FORMATION PERMANENTE

- 1- Elle doit comporter des journées de vulgarisation attractives et démonstratives, et des stages plus longs d'ateliers de projet interopérable, exclusivement destinés aux opérationnels.
- 2- Le Développement Durable et l'interopérabilité étant deux thèmes indissociables et interprofessionnels, cette convergence devrait favoriser le succès de cette formation.
- 3- L'enseignement initial doit mettre sa structure à disposition, notamment pour la partie théorique qui nécessite l'usage des TICE.
- 4- L'organisation des ateliers de projet interopérable nécessite un doublement des ressources humaines pour des sessions parallèles fréquentes, à rémunérer en conséquence.

5.5 LE SERVICE SUPPORT DES TIC POUR LE PROJET INTEROPERABLE

La création d'une structure interprofessionnelle, légère, donc virtuelle, en réseau, au service de la recherche, de l'enseignement et des formations, est indispensable dans le cas de l'utilisation de technologies complexes comme celle des TIC.

Les contrats classiques de support logiciel trouvent leur limite dans les échanges de données entre logiciels d'éditeurs différents, cas des ateliers de projet interopérable.

Cette structure peut se satisfaire d'un investissement réduit, sous réserve d'une délégation distribuée des compétences assurée par des enseignants chercheurs rémunérés, que l'on doit trouver dans les 180 établissements d'enseignement du secteur et leurs laboratoires adossés. Les ressources attendues (cotisations) doivent couvrir les frais de son fonctionnement, dont les frais fixes sont faibles.

R11 : UNE STRUCTURE DE SERVICES POUR LES TIC

- 1- Elle doit garantir le fonctionnement des systèmes d'information du projet et la pratique de l'interopérabilité dans les établissements d'enseignement du secteur de la construction.
- 2- Cette structure est exclusivement destinée aux chercheurs, enseignants chercheurs, et enseignants, y compris ceux des formations.
- 3- Les services englobent trois prestations : le support technique, la formation complémentaire aux chercheurs et enseignants, la valorisation des travaux pédagogiques.
- 4- Cette structure s'appuyant sur un réseau de laboratoires et d'enseignants chercheurs peut se satisfaire d'un investissement réduit. Les ressources doivent couvrir les frais de son fonctionnement.

6 SYNTHÈSE INTERMÉDIAIRE

Un blocage culturel.

Il existe un problème dans le secteur de la Construction, mis en évidence une fois de plus par les professions réunies dans le projet eXpert, et désigné comme le principal blocage vers l'appropriation et l'utilisation des TIC.

Ce blocage n'est plus technique, ni technologique. De ce côté, c'est résolu. La sécurité d'une norme ISO et une adhésion internationale le prouvent (IAI⁵² et Building Smart).

Le problème qui reste entier est plus difficile à résoudre. Il est né il y a un demi-siècle. Il s'est amplifié. Il entraîne des dysfonctionnements^{C24} d'ordre économique et social¹⁰. Ce blocage porte un nom : « le cloisonnement des métiers du secteur de la Construction ».

Y remédier sera difficile, car ce problème est à la fois structurel et culturel. C'est pourquoi, pour effectuer le premier pas, tous les acteurs concernés semblent paralysés.

Le projet eXpert propose, non pas bien sûr la solution, mais le mécanisme, la stratégie qui pourrait mettre en route l'engrenage.

D'abord en agissant d'une façon prioritaire sur les études de projet (Maîtrise d'œuvre). Ce qui constitue le préalable le plus logique, le plus efficace. Mais pas le plus facile, car cette étape élabore les décisions qui conditionnent la réussite d'une opération : la conception des ouvrages. De plus, le traitement du Développement Durable complique encore un peu plus l'arbitrage nécessaire entre ressources et contraintes.

Plus tard viendra le tour des entreprises de construction, qui opposent des ruptures culturelles encore plus difficiles à résoudre au traitement continu de l'information du projet^{C24}.

Aujourd'hui, les majors du BTP, dont les activités de construction sont maintenant complétées par des coopérations de partenariat avec le secteur public, et qui de ce fait détiennent en une seule main presque tous les leviers, sont d'ores et déjà conscients de l'intérêt d'utiliser une base de données numérique (BIM normalisé ou propriétaire) depuis la conception, jusqu'à la GTP, en passant par la construction. Dans le cas des PME, des regroupements multi corps d'état dans une optique d'ensemblier, associés à des équipes interopérables d'architecture et d'ingénierie, et utilisant un système d'information du projet normalisé, pourraient représenter des pistes intéressantes à explorer.

Le rôle clé de l'enseignement des TIC, du DD et de l'interopérabilité.

Il est impossible de modifier la culture professionnelle de tout un secteur d'activité, s'il n'existe pas une motivation si forte qu'elle incite à changer d'habitudes. Dans le cas des architectes et de l'ingénierie, cette motivation ne peut exister tant qu'ils ne seront pas soumis à des appels d'offre les invitant à répondre en équipe interopérable constituée autour d'un système d'information normé. Les enquêtes menées par l'UNSA et la CICF le confirment.

De son côté la maîtrise d'ouvrage hésite à organiser des appels d'offre trop prescriptifs, car il n'existe pas encore suffisamment de professionnels formés sur ces nouvelles pratiques pour y répondre. Les opérations pilotes, prévues ou en cours, absorbent les partenaires compétents existants.

La formation permanente n'est d'ailleurs d'aucun secours, car les cabinets d'architecture et les BET ne sont pas disposés à y recourir, faute de mise en pratique immédiate. Une expérience de formation permanente interprofessionnelle récente, menée avec la DAPA, en fournit une illustration.

Nous tournons en rond dans cette situation de blocage.

Il convient donc de traiter le problème à sa racine. Comment disposer massivement de nouvelles compétences ? La seule réponse possible appartient à l'enseignement initial qui doit se mobiliser pour accompagner les professionnels dans leur progression technique et technologique, et répondre à une urgence économique et sociale.

En l'occurrence, les compétences disponibles créeront le marché.

Les 120 établissements d'enseignement du secteur de la Construction et leurs laboratoires de recherche adossés en sont capables, sur les thèmes précis des TIC, du DD et de l'interopérabilité.

C'est exactement la conclusion à laquelle sont arrivées les professions, résumées dans ce livre blanc.

Mais en se focalisant uniquement sur les établissements de formation du secteur, et sur les trois matières essentiellement interdisciplinaires à introduire, nous nous heurtons à un nouveau problème : celui du cloisonnement de notre enseignement, qui reflète lui aussi celui du secteur d'activité auquel il appartient.

Exercice difficile en effet de monter un enseignement collaboratif du projet qui nécessite de réunir pour des périodes prolongées des étudiants en provenance de plusieurs établissements de spécialités différentes. Les emplois du temps sont toujours impossibles à concilier. Les absences perturbent le déroulement du cursus pédagogique de chaque école.

La norme de communication des données du projet efface ces difficultés par la mise en place d'ateliers interopérables virtuels, utilisant des logiciels et procédures à distance.

La réunion physique en atelier est limitée à des moments pédagogiques privilégiés.

La mise à niveau technique et scientifique des écoles d'architecture.

Le nouvel enseignement suppose la mutualisation de procédures collaboratives autour du projet par tous les établissements d'enseignement, de recherche et de formations^{B16}. Ils doivent avancer ensemble pour réaliser cette pédagogie de rupture, qui vraisemblablement devra s'appuyer sur les TICE. Les écoles d'ingénieurs ne devraient pas rencontrer de problèmes de mise à niveau, mais surtout des problèmes d'organisation, plus faciles à résoudre.

Dans une équipe interopérable, c'est l'architecte qui joue le rôle principal. A l'école aussi.

L'évolution des écoles d'architecture sera donc plus difficile, concernées non seulement par une nouvelle organisation, mais aussi par un nouveau contenu pédagogique bien identifié qui s'ajoute à l'existant.

Il faut introduire de nouvelles matières dans des emplois du temps déjà saturés, utiliser de nouvelles technologies, mettre en œuvre une nouvelle forme de pédagogie du projet, nouer des relations durables de coopération avec les établissements d'enseignement des métiers partenaires, adapter l'environnement administratif et les ressources humaines aux nouvelles exigences.

Conditions pour permettre à l'étudiant qui se destine à cette nouvelle forme d'exercice de la maîtrise d'œuvre d'acquérir un niveau de synthèse scientifique et technique suffisant pour conduire, dès l'école, les procédures interopérables devenues complexes, maîtriser les technologies et ses outils informatiques, et acquérir une culture suffisante en ingénierie.

Ce qui suppose aussi organiser un recrutement homogène de candidats dont le niveau général est suffisant pour suivre ce cursus, lequel soulève aussi un problème de différenciation du diplôme ...

Cette évolution n'est donc pas anodine, même si elle peut se réaliser en plusieurs étapes.

Les professions alertent donc ces écoles sur cet impératif besoin de suivre, si non de précéder, l'évolution mondiale des métiers de la construction.

Contrairement à la majorité des pays européens ou industrialisés, la France est en mauvaise posture pour cette évolution, car elle n'a pas diversifié ses filières de formation des architectes.

En tout état de cause, il est préoccupant de constater que le succès de la mutation des métiers du secteur de la construction vers les TIC et l'interopérabilité est suspendue à l'évolution des écoles d'architecture afin de mettre sur le marché de l'emploi un apport massif de compétences

A mi-chemin du projet eXpert s'ouvre une période de concertation, pour que l'enseignement du secteur de la construction examine les attentes et les recommandations des professionnels.

En retour, les contributions des écoles d'architecture, d'ingénieurs, laboratoires de recherche, départements universitaires, concernés par la Construction et l'Urbanisme, feront l'objet d'une synthèse lors d'une rencontre avec les professions.

La version finalisée du présent livre blanc sera présentée aux ministères de tutelle des établissements du secteur en vue d'établir un plan d'action.