



Groupe de travail sur la mise en oeuvre de l'approche compétences Conférence des Grandes Ecoles (CGE) 15 mars 2012

Le cadre CDIO :

Un référentiel d'objectifs d'apprentissage orienté
activités professionnelles (ingénieurs) et des
standards pour accompagner le changement

Retour d'expérience comme outil d'amélioration
continue à Telecom Bretagne depuis 2008/09

Siegfried Rouvrais
<http://srouvrais.free.fr/>

<http://www.telecom-bretagne.eu/formations/cdio/>

© 2012



1. **Contexte : Telecom Bretagne et pédagogies par projets**
2. **Le CDIO comme outil (référentiel et autres standards)**
3. **Exemples de mises en œuvre de l'approche « compétences » (alignement)**
 1. Une approche *bottom-up* dans la formation d'ingénieur généraliste (FIG) :
 - mise en place dans les projets (2003), généralisation aux UV scientifiques (2008) par l'intermédiaire du référentiel CDIO
 2. Une approche descendante *top-down* dans la formation par apprentissage (FIP) :
 - évaluation des périodes en entreprise (2008), réforme de l'enseignement (2009)
4. **Conclusion**



1. Contexte

- **École de l'Institut Mines-Télécom (1977, accréditée CTI)**
 - domaines: technologies de l'information et de la communication
 - 1200 étudiants (FIG, FIP, MSc, MR, PhD) de 53 nationalités
- **Une expérience de la pédagogie par projet en FIG (formation d'ingénieurs généralistes) depuis sa création**
 - 1994 : projet ingénieur (semestre 4, 86h par élèves)
 - Sujet porté par un partenaire industriel
 - Travail de groupe (4 à 6 étudiants)
 - Double référencement scientifique (2 départements)
 - Encadrement spécifique gestion de projet
 - 1998 : projet d'entreprendre
 - Créativité, création d'entreprise
 - Travail de groupe (4 à 6 étudiants)
 - 2003 : réforme de l'enseignement
 - Démarrage d'une approche « compétences »
 - » en lien avec les demandes de l'Europe
 - » et les premières réflexions sur la VAE (qqs diplômés VAE depuis 2009)

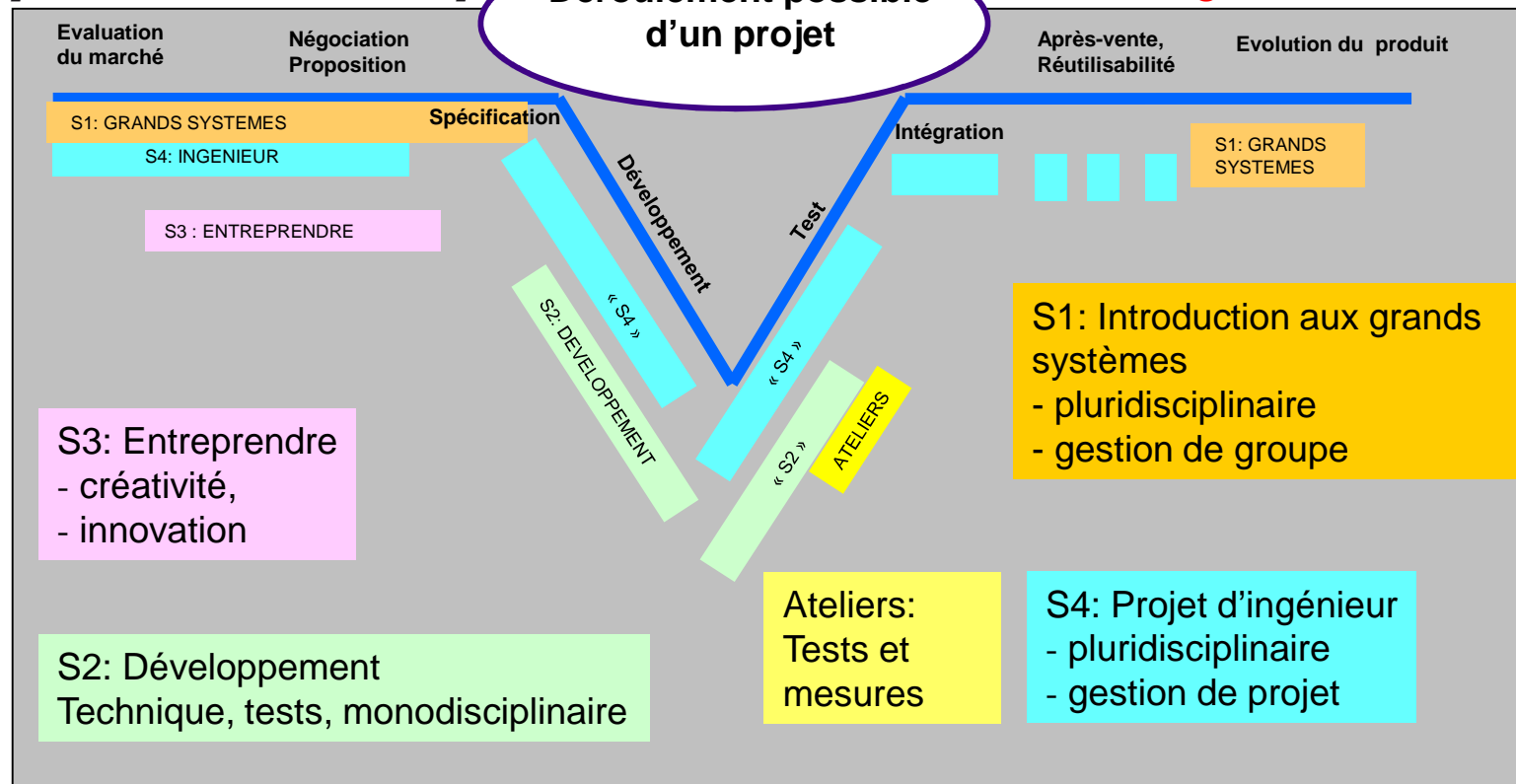
Contexte

- Depuis 2003: un curriculum intégré, un projet par semestre, visée expériences/situations d'apprentissage

[Rouvrais et al., 2006]

Déroulement possible d'un projet

Exemple du cycle d'ingénierie en V



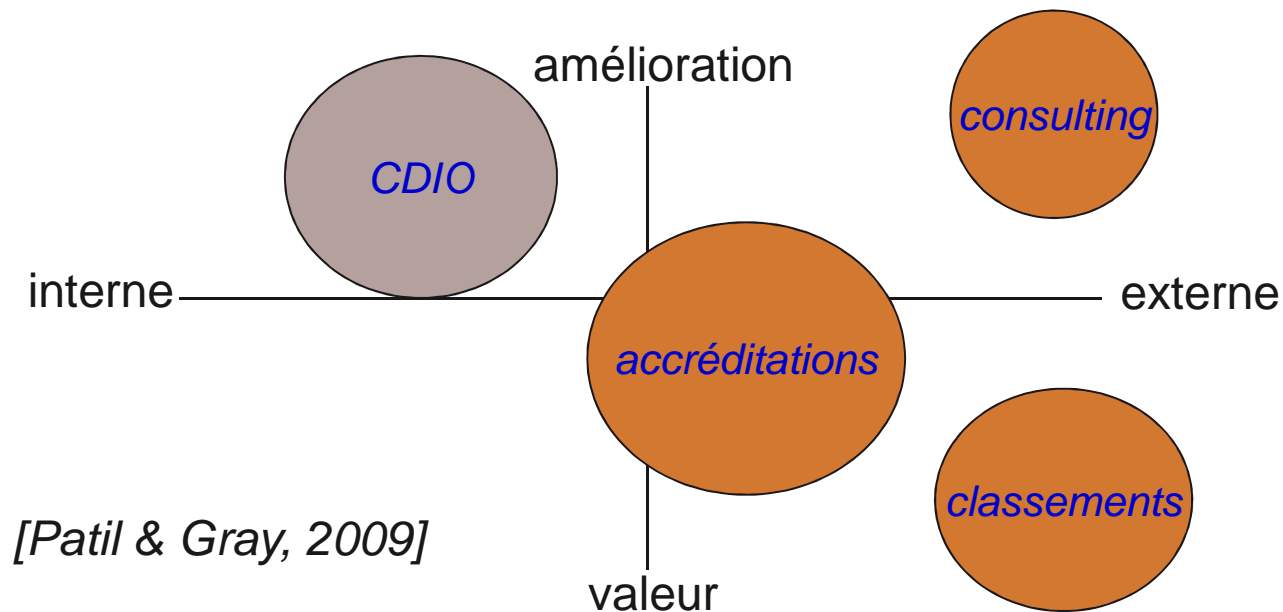
Contexte

■ À partir de 2003:

- Des difficultés à auto-établir un référentiel « compétences » pour la formation d'ingénieurs généralistes (FIG)

■ Début 2009: membre actif au sein de l'initiative CDIO

- Amélioration continue plutôt que label !



2. Le CDIO comme outil



- **L'initiative CDIO™ (70 partenaires) est une démarche collaborative internationale de réflexion et d'amélioration de la formation des ingénieurs**
 - s'est donné comme objectif de recentrer les formations d'ingénieurs autour d'activités effectivement réalisées par des ingénieurs en situation professionnelle : un cadre commun
 - cycle de vie des produits, services ou systèmes (de l'idée à la destruction/réutilisation)
 - p.ex. *Conceive, Design, Implement, Operate, ...*
 - ne vise pas à réduire les aspects scientifiques et techniques de la formation d'ingénieur !
 - au contraire, les remettre également en perspective en référence aux activités professionnelles

Le CDIO comme outil

■ L'initiative CDIO propose des standards (12) pour accompagner la réforme des formations d'ingénieurs

- l'esprit est de proposer un ensemble de guides de bonnes pratiques
- ne pas être prescriptif, mais force de proposition et de changement

■ Interroge toutes les composantes de l'organisation et de l'ingénierie de formation

- approche système
- s'intéresse ainsi aux objectifs de la formation, à son organisation, aux salles, aux enseignants, aux méthodes pédagogiques utilisées, aux processus d'amélioration continue, etc.

[Crawley et al. 2007]

- Standard 1 : *Strategy, CDIO as a Context*
- Standard 2 : *Syllabus (117 subsub-items)*
- Standard 3 : *Integrated Curriculum*
- Standard 4 : *Introduction to Engineering*
- Standard 5 : *Design-Build Experiences*
- Standard 6 : *Engineering Workspaces*
- Standard 7 : *Integrated Learning Experiences*
- Standard 8 : *Active Learning*

- Standard 9 : *Enhancement of Faculty CDIO Skills*
- Standard 10 : *Enhancement of Faculty Teaching Skills*

- Standard 11 : *CDIO Skills Assessment*
- Standard 12 : *CDIO Program Evaluation*



Le CDIO comme outil (référentiel)

- **Un standard propose un référentiel d'objectifs (ILO) (2: syllabus) [Crawley et al., 2011]**
 - classement des connaissances, capacités, attitudes, etc. souhaitables pour l'ensemble des ingénieurs
 - une formation d'ingénieurs peut couvrir un **sous-ensemble** de ce référentiel, base pour la construction du référentiel d'une école
- ***Learning Outcomes: Specific, detailed learning outcomes for personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as disciplinary knowledge, consistent with program goals and validated by program stakeholders***

Le CDIO comme outil (référentiel)

■ Ce syllabus est organisé autour de 4 items principaux :

1 CONNAISSANCES DISCIPLINAIRES ET RAISONNEMENT

1.1 CONNAISSANCE DES SCIENCES DE BASE, Y
COMPRIS MATHÉMATIQUES ET AUTRES
DISCIPLINES

1.2 CONNAISSANCE DES PRINCIPES FONDAMENTAUX
D'INGÉNIERIE

1.3 CONNAISSANCES AVANCÉES EN INGÉNIERIE :
MÉTHODES ET OUTILS

2 CAPACITÉS PROFESSIONNELLES ET APTITUDES PERSONNELLES

2.1 RAISONNEMENT ANALYTIQUE ET RÉOLUTION DE
PROBLÈMES

2.2 MÉTHODES SCIENTIFIQUES : EXPERIMENTATION,
ENQUÊTE ET INITIATION A LA RECHERCHE

2.3 PENSÉE SYSTÉMIQUE

2.4 ATTITUDES ET APPRENTISSAGES

2.5 ÉTHIQUE, DÉONTOLOGIE ET AUTRES
RESPONSABILITÉS

3 CAPACITÉS INTERPERSONNELLES : TRAVAIL D'ÉQUIPE ET COMMUNICATION

3.1 TRAVAIL D'ÉQUIPE

3.2 COMMUNICATION

3.3 COMMUNICATION EN LANGUES ÉTRANGÈRES

4 LES ACTIVITÉS DE L'INGÉNIEUR DANS L'ENTREPRISE : CONTEXTE SOCIÉTAL ET ENVIRONNEMENTAL

4.1 CONTEXTE EXTERNE, SOCIÉTAL ET
ENVIRONNEMENTAL

4.2 CONTEXTE ET ENVIRONNEMENT DE
L'ENTREPRISE

4.3 INGÉNIERIE DES SYSTÈMES : CONCEPTION ET
GESTION

4.4 CONCEVOIR

4.5 RÉALISER

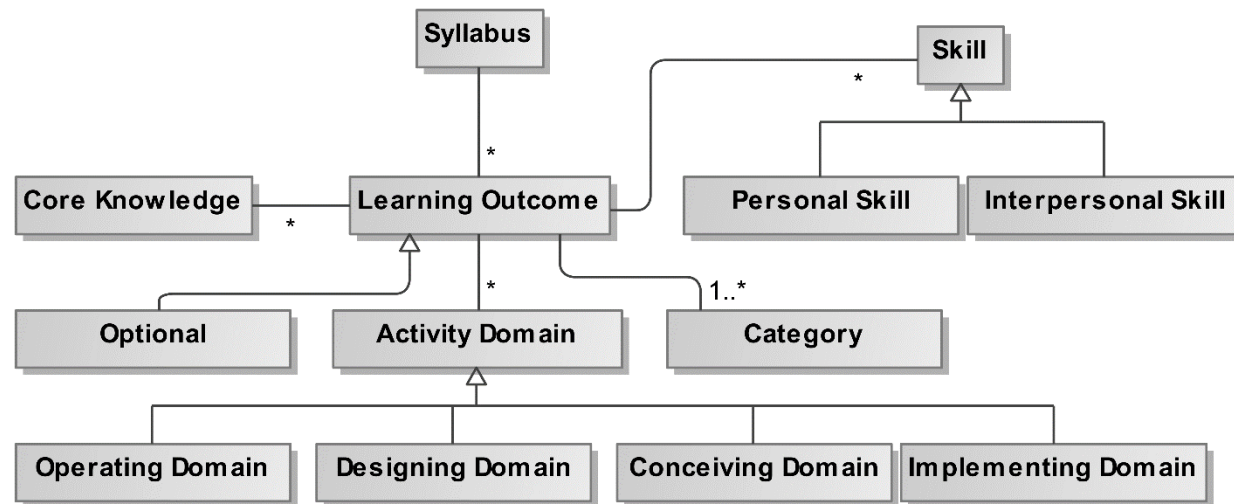
4.6 EXPLOITER

4.7 MENER DES PROJETS D'INGÉNIERIE
INNOVANTS

4.8 ENTREPREUNARIAT

Le CDIO comme outil (référentiel)

- Un découpage qui vise à bien à mettre les aspects scientifiques, techniques et transverses de la formation d'ingénieur en perspective, en référence aux cycles de vie des systèmes/produits



[Rouvrais & Chiprianov, 2012]

Le CDIO comme outil (niveaux de performance)

- Le syllabus CDIO, c'est également un outil de discussion avec les partenaires industriels ou académiques, les élèves, les anciens
- Une classique échelle de niveaux est associable
- L'évaluation es élèves – en situation – amène aux acquis d'apprentissage

TABLE 3.8. CORRESPONDENCE OF PROFICIENCY RATING SCALE AND BLOOM'S TAXONOMY

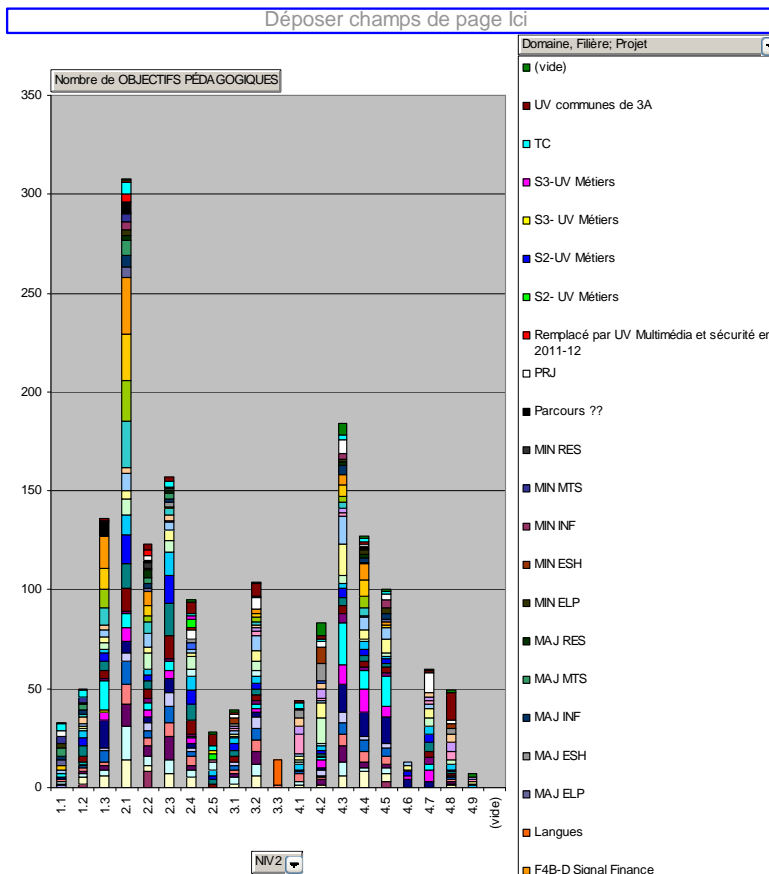
Proficiency rating scale – stakeholder surveys	Bloom's taxonomy - cognitive domain	Examples of learning outcomes based on the CDIO syllabus
1 To have experience or been exposed to	Knowledge	List assumptions and sources of bias
2 To be able to participate n and contribute to		
3 To be able to understand and explain	Comprehension	Explain discrepancies in results
4 To be skilled in the practice or implementation of	Application	Practice engineering cost-benefit and risk analysis
5 To be able to lead or innovate	Analysis	Discriminate hypotheses to be test
	Synthesis	Construct the abstractions necessa to model the system
	Evaluation	Make reasonable judgments about supporting evidence

Ex. échelle des niveaux de compétences :

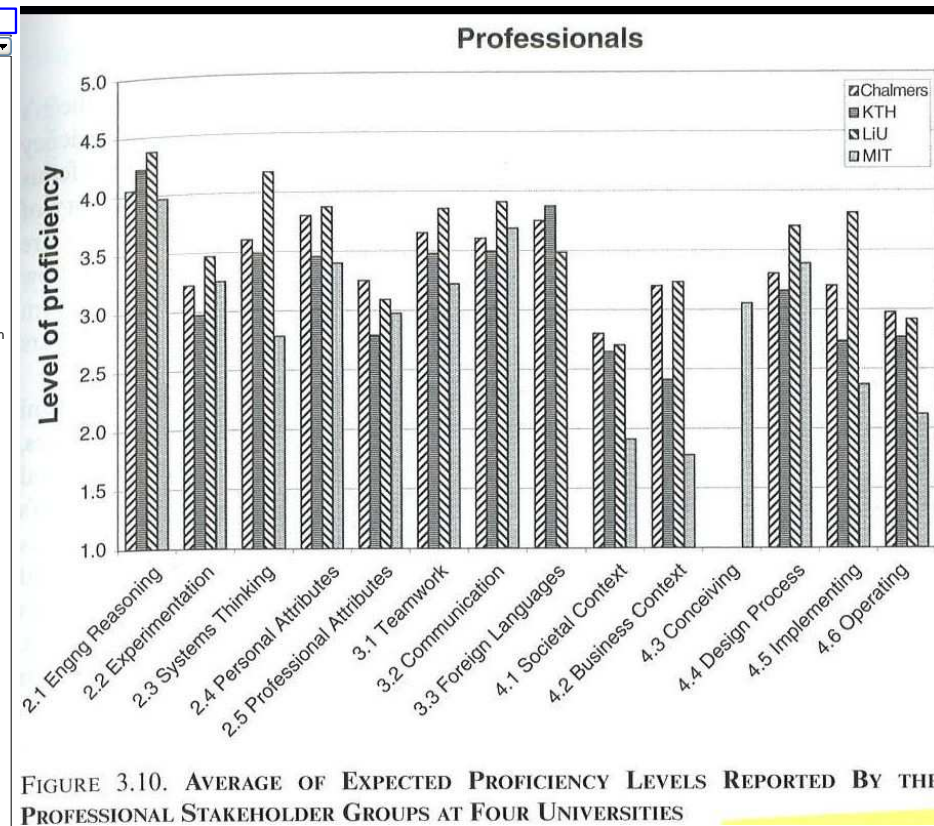
- 0 : n'a pas été mis en situation sur ce critère, ou n'a pas été sensibilisé
- 1 : est sensibilisé à, a été en contact avec, a un aperçu de
- 2 : est capable de participer et contribuer localement, a une vue partielle
- 3 : est capable de comprendre et d'expliquer, a une vue globale et en profondeur
- 4 : est qualifié pour la pratique et la réalisation, a prouvé qu'il est capable d'analyser, évaluer et réaliser
- 5 : est capable de piloter ou d'innover.

Le CDIO comme outil

■ Photographie des sous-items abordés (par UV)



■ Comparaison entre besoins professionnels (4 institutions)



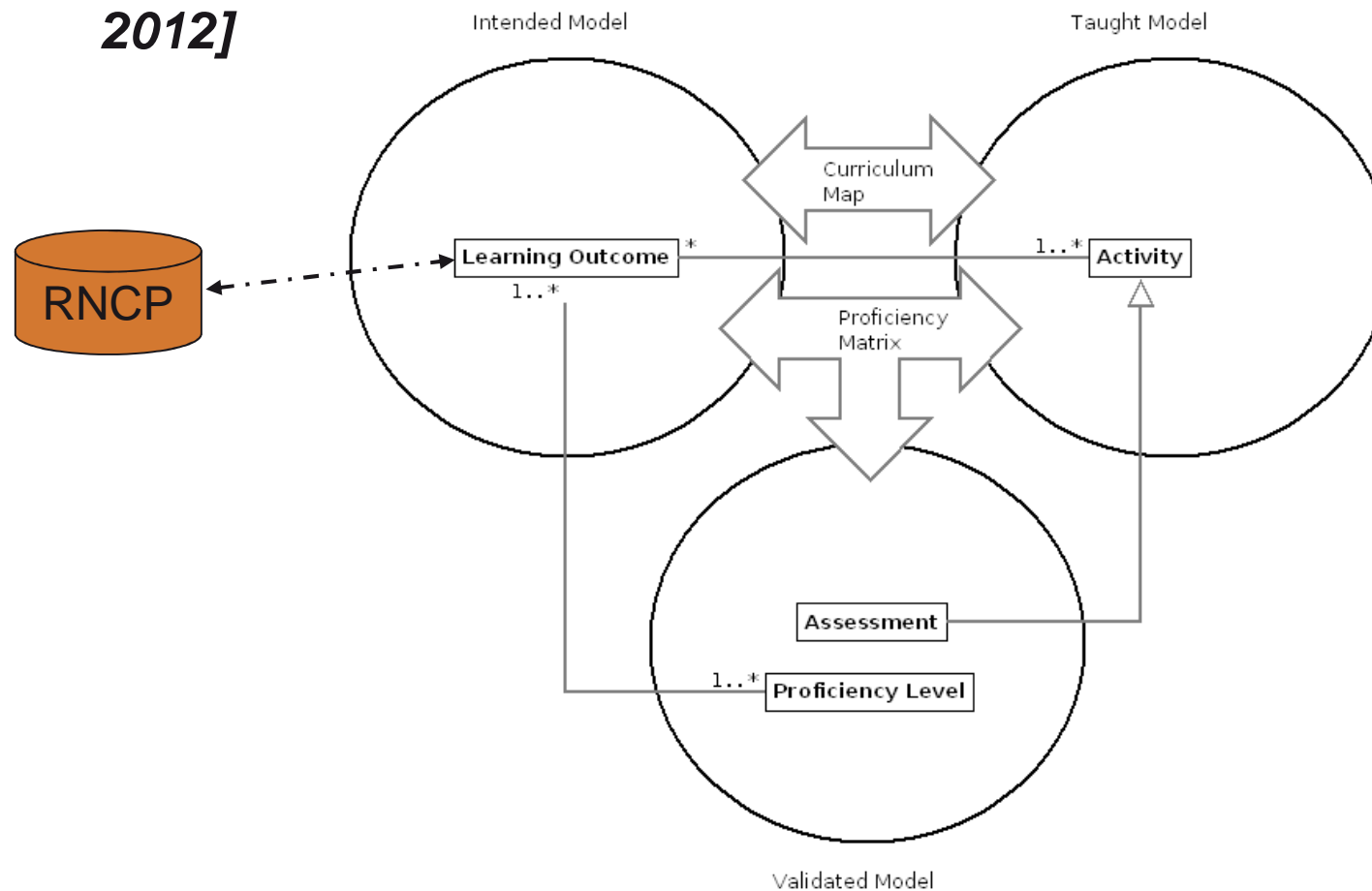
3. L'apport du CDIO à Telecom Bretagne

- **Un cadre pédagogique et un espace de discussion au niveau international**
- **Des méthodes pédagogiques comme source d'inspiration**
 - pédagogie active
 - pédagogie par projets
 - apprentissage intégré
- **Des outils et bonnes pratiques**
 - référentiel, lofts à projets, laboratoires, etc.
- **Un processus qualité (incluant des niveaux de maturité et une auto-évaluation, standard #12)**
 - formation des enseignants-chercheurs
 - évaluations des enseignements
 - évaluation des élèves
 - dialogues avec les industriels,
 - Un levier pour la résistance au changement
 - etc.

1. Contexte : Telecom Bretagne et pédagogies par projets
2. Le CDIO comme outil (référentiel et autres standards)
3. Exemples de mises en œuvre de l'approche « compétences » (alignement)
 - Une approche *bottom-up* dans la formation d'ingénieur généraliste (FIG) :
 - mise en place dans les projets (2003), généralisation aux UV scientifiques (2008) par l'intermédiaire du référentiel CDIO
 - Une approche descendante *top-down* dans la formation par apprentissage (FIP) :
 - évaluation des périodes en entreprise (2008), réforme de l'enseignement (2009)
4. Conclusion

Alignement

- L'alignement comme cœur du dispositif, objectifs et acquis d'apprentissage [Biggs 2003, Rouvrais & Chiprianov 2012]





Exemples de mises en œuvre

■ Formation d'ingénieurs généralistes (depuis 2008) « *bottom-up Professions* »

1. Appropriation du référentiel

- classification / Taxonomie de Bloom (Krathwohl-Anderson)
 - » aide à l'expression des Objectifs d'Apprentissage (Intended LOs)[*Anderson et al, 2001*]
 - » compréhension des différents niveaux
- remise à jour des fiches programmes, objectifs des stages
- ajustements et adaptations ponctuels du programme de formation

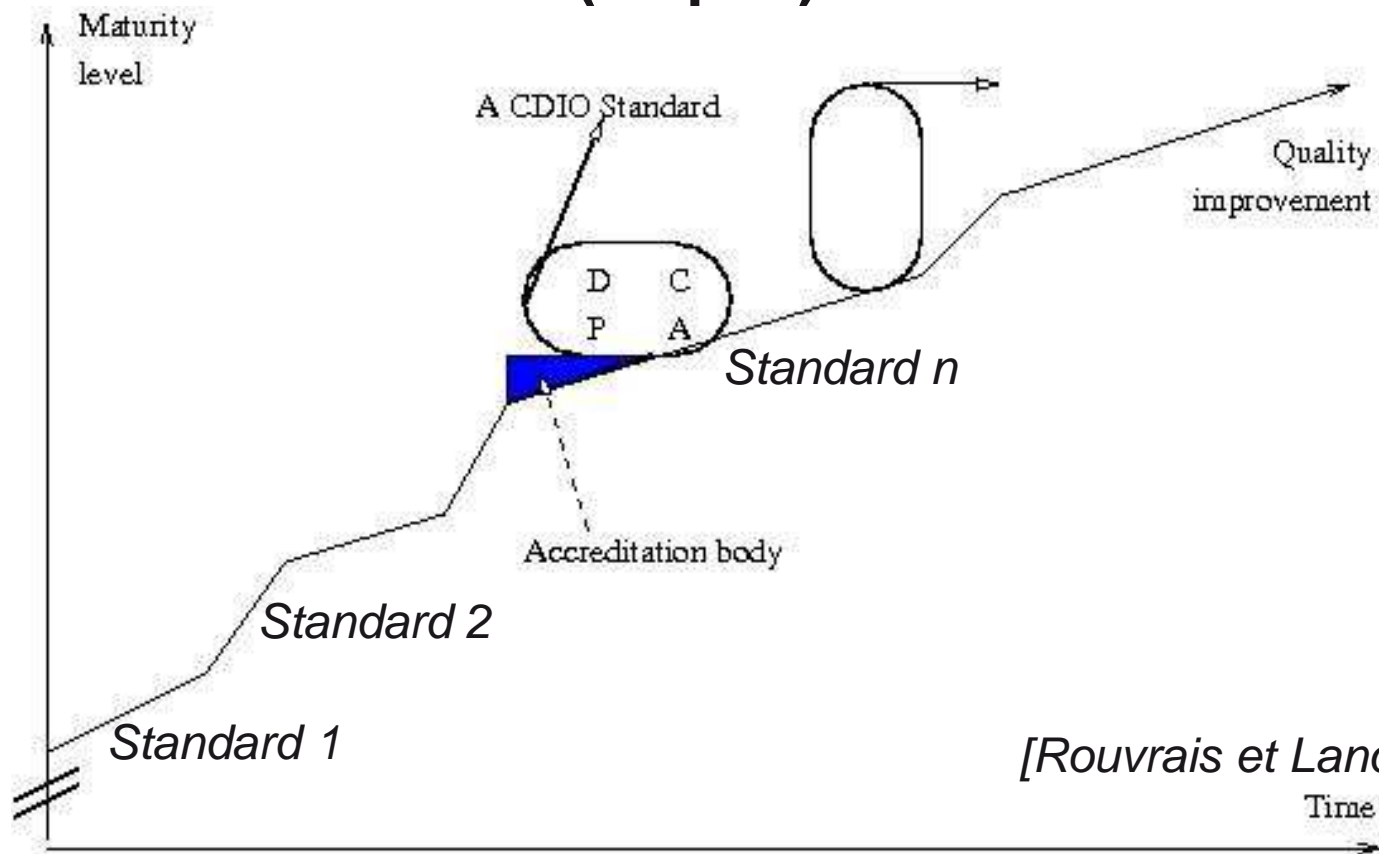
2. Cartographie du profil de l'ingénieur Telecom Bretagne

- sur le curriculum, par UV, etc.

3. Dialogue avec les industriels et les élèves (conseil de programmes)

Exemples de mises en œuvre

- Approche en FIG : résistance au changement; amélioration continue, par étapes (avant spirale), avec un “Do” délicat (ellipse)



Exemples de mises en œuvre

■ Formation par apprentissage (réforme 2009)

« *top-down* Métiers »

1. Métiers plutôt visés :

- **Architecture et ingénierie**

- » Ingénieur intégration, intégrateur de systèmes, architecte réseau, SI, ... ingénieur validation, ingénieur sécurité, ingénieur qualité

- **Études et développement**

- » Ingénieur logiciel, réseau, télécoms, SI, RF

- **Chef de projet**

- » Maître d'œuvre, maître d'ouvrage

2. Objectifs et niveaux visés (base référentiel CDIO)

3. Conception du programme de formation



4. Conclusion

- **Un référentiel d'objectifs d'apprentissage est une très bonne clé pour initier l'amélioration continue (pilotage & gouvernance)**

- **Le CDIO comme guide de bonnes pratiques**
 - conception et/ou évolution des programmes de formation, sur la base du référentiel et des objectifs d'apprentissages formulés
 - alignement avec des métiers ou professions (ingénierie) :
 - « École spécialisée » (FIP – visée famille de métiers)
 - « École généraliste » (FIG – visée professionnalisation)
 - évolution des programmes de formation, des méthodes pédagogiques, d'évaluation, etc.



Conclusion

- **Approche « compétences » :**
motiver/convaincre les enseignants chercheurs
 - alignement constructif [*Biggs 2003*]
 - importance du travail en équipe
 - travailler de manière collaborative et partager ses expériences (groupe pédagogie mis en place)
 - reconnaître l'implication...
 - impliquer les élèves, les partenaires industriels, etc.

- **Jongler avec les différents référentiels et standards ?**
 - CTI, EUR-ACE, ABET, EFMD-EQUIS, etc. etc. etc.

- **Perspectives :**
 - métamodèle et modèles: cohérence, interopérabilité

■ CDIO :

- <http://www.cdio.org>
- Une conférence annuelle (8^{ème}) :
 - 1 au 4 Juillet 2012 à Brisbane, Australie, approx. 150 participants
- Un meeting annuel (pour la 1^{ère} fois en France) :
 - Du 23 au 25 octobre 2012 à Telecom Bretagne
<http://conferences.telecom-bretagne.eu/cdiofallmeeting2012>
 - Spécificités écoles françaises seront adressées
+ “CDIO *Introductory Workshops*”

■ Le CDIO à Telecom Bretagne :

- <http://www.telecom-bretagne.eu/formations/cdio/>



Bibliographie

- Edward F. Crawley, Johan Malmqvist, William A. Lucas et Doris R. Brodeur. “**The CDIO Syllabus v2.0: An Updated Statement of Goals for Engineering Education**”, *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Technical University of Denmark, Copenhagen, 2011.
- Arun S. Patil et Peter J. Gray (Eds). “**Engineering Education Quality Assurance: A Global Perspective**”, Springer, 2009.
- Laurie C. Woollacott . “**Validation the CDIO Syllabus for Engineering Education using the Taxonomy of Engineering Competencies**”. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 34(6), 2009.
- Edward Crawley, Johan Malmqvist, Soren Ostlund et Doris Brodeur. “**Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach**”, Springer, 2007.
- Rouvrais, S. and Landrac G. **Resistance to Change in Institutionalizing the CDIO Standards: From a Waterfall to and Agile Improvement Model**. 8th International CDIO Conference, Queensland University of Technology, Brisbane, July 1-4, 2012.
- Rouvrais S., Ormrod J., Landrac G., Mallet J., Gilliot J-M., Thepaut A., et Tremembert P. “**A Mixed Project-based Learning Framework: Preparing and Developing Student Competencies in a French Grande Ecole**”. *European Journal of Engineering Education*, "Engineering Competencies", Vol. 31(1) 2006.
- Rouvrais, Siegfried. and Chiprianov, Vanea. “**Architecting the CDIO Educational Framework Pursuant to Constructive Alignment Principles**”. *International Journal of Quality Assurance in Engineering and Technology Education (IJQAETE)*. *Developments in Engineering Education Standards: Advanced Curriculum Innovations*. Editors: A. Patil and P. Gray. IGI Global (US). Release expected Summer 2012.
- Lorin W. Anderson, David R. Krathwohl, et al., “**A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing — A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**”, Addison Wesley Longman, Inc., 2001
- John Biggs. “**Aligning Teaching and Assessment to Curriculum Objectives**”, *Imaginative Curriculum Project*, LTSN Generic Centre, 2003.



(Supp.) Ex. d'objectifs du projet S1 « Ingénierie des grands systèmes » et classification CDIO

■ « Être capable de » :

- Établir les besoins et les objectifs d'un grand système, et construire les documents de conception de premier niveau
 - *CDIO : 4.3.1 Comprendre les besoins et établir les objectifs*
- Comprendre et appliquer les techniques de bases de travail de groupe projet interculturel
 - *CDIO : 3.1.2 Organisation du travail en équipe*
- Collecter et synthétiser l'information nécessaire à la compréhension d'un projet interdisciplinaire
 - *CDIO : 2.2.2 Etat de l'art*
- Comparer des solutions différentes et sélectionner une solution adéquate sur un ensemble de critères construits
 - *CDIO : 2.3.4 Chercher des compromis et décider*
- Comprendre le fonctionnement économique d'une entreprise
 - *CDIO : 4.2.2 Parties prenantes de l'entreprise, stratégie et objectifs*
- Produire une analyse économique et financière
 - *CDIO : 4.2.2 Parties prenantes de l'entreprise, stratégie et objectifs*
- Présenter un projet devant un auditoire en appliquant les techniques de base relatives à la prise de parole en public
 - *CDIO : 3.2.6 Présentations orales*