

# L'apprentissage par problèmes et par projets en ingénierie : une innovation majeure en génie électrique et informatique à Sherbrooke

Philippe Mabillean, ing., Ph. D., professeur au Département de  
génie électrique et de génie informatique à l'Université de  
Sherbrooke

# La démarche

- Une vision programme
  - Conception du programme à partir des objectifs finaux de formation
- Une approche pédagogique centrée sur l'apprenant
  - L'étudiant au centre de son apprentissage
- Un changement de paradigme
  - Nouveau rôle du professeur



# Sommaire : Réinventer la formation des ingénieurs

- Des programmes bâtis sur le développement de compétences
- Les problèmes et les projets
- La structure des programmes
- La structure d'une session
- L'APP au jour le jour
- Les forces et les défis

# Historique

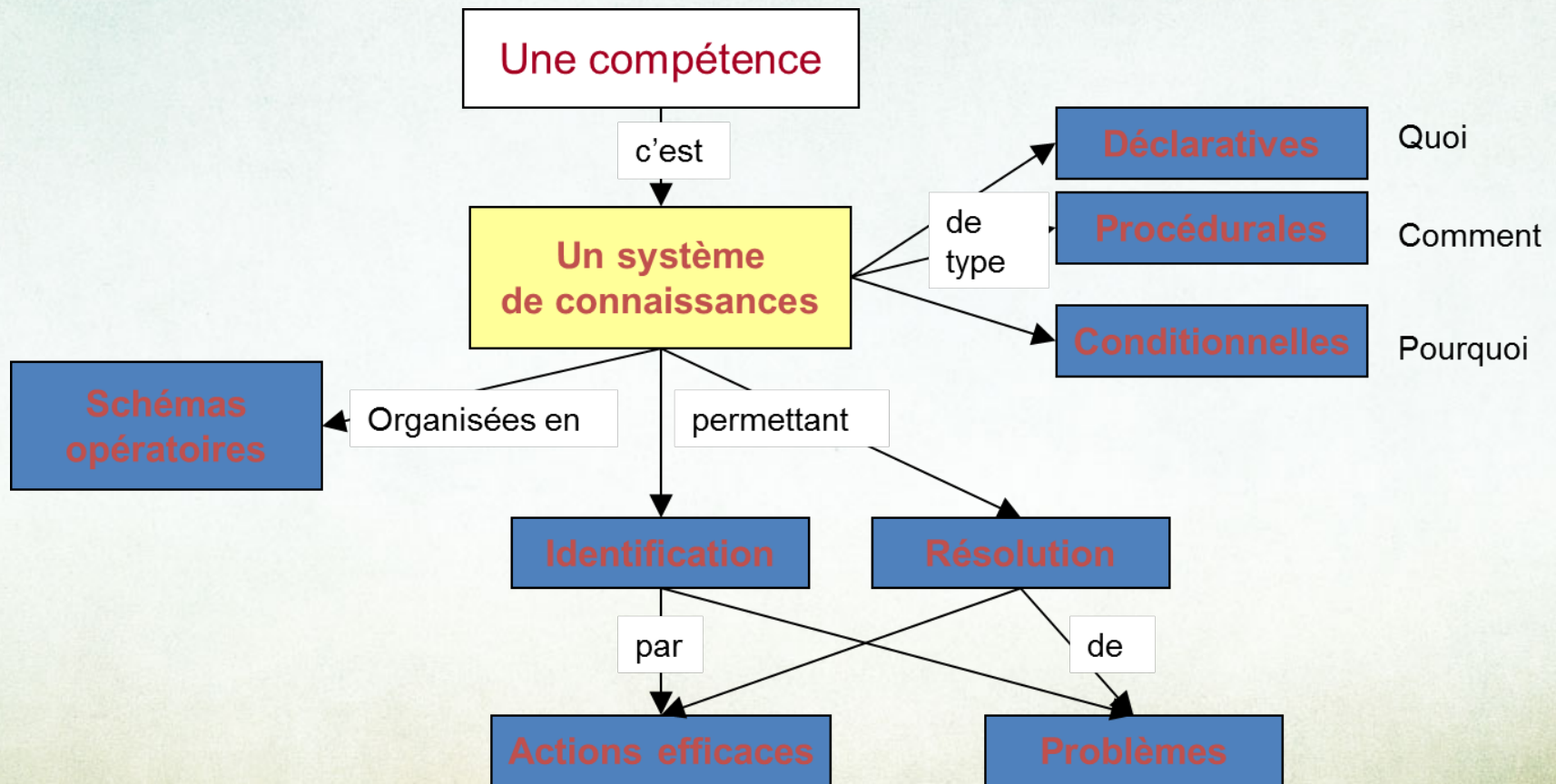
- Fin 1990 - Évaluation périodique des programmes
  - Constats
    - Participation aux activités, abondance de matériel électronique etc...
  - Décision d'innover
    - Fondations reposant sur les compétences
    - Apprentissage actif par problèmes et par projets
      - Inspiration du programme de médecine à Sherbrooke
- Début 2000 – Conception des nouveaux programmes
  - Redéfinition complète des programmes et de toutes les activités
    - Coût = 1 cohorte supplémentaire environ
- Automne 2001 – Admission dans les nouveaux programmes
  - Mise en place en mode « PipeLine »
- Automne 2005 – Premiers finissants dans les nouveaux programmes

# Des programmes bâtis sur le développement de compétences

- Compétences terminales des programmes
  - Attendues d'un ingénieur
  - ± Qualités requises des diplômés (BCAPG)
- Compétences scientifiques
  - Mathématiques
  - Sciences fondamentales
  - Sciences de l'ingénieur
- Compétences en conception
  - Gestion de projets
    - Planification
    - Exécution
    - Suivi
- Compétences professionnelles et personnelles
  - Travail en équipe – relations humaines
  - Communication
  - Auto évaluation - auto formation



# Une compétence c'est ...



# Développer les compétences d'un ingénieur

*Un ingénieur est quelqu'un appelé à résoudre des problèmes de nature technologique, concrets et souvent complexes, liés à la conception, à la réalisation et à la mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services*

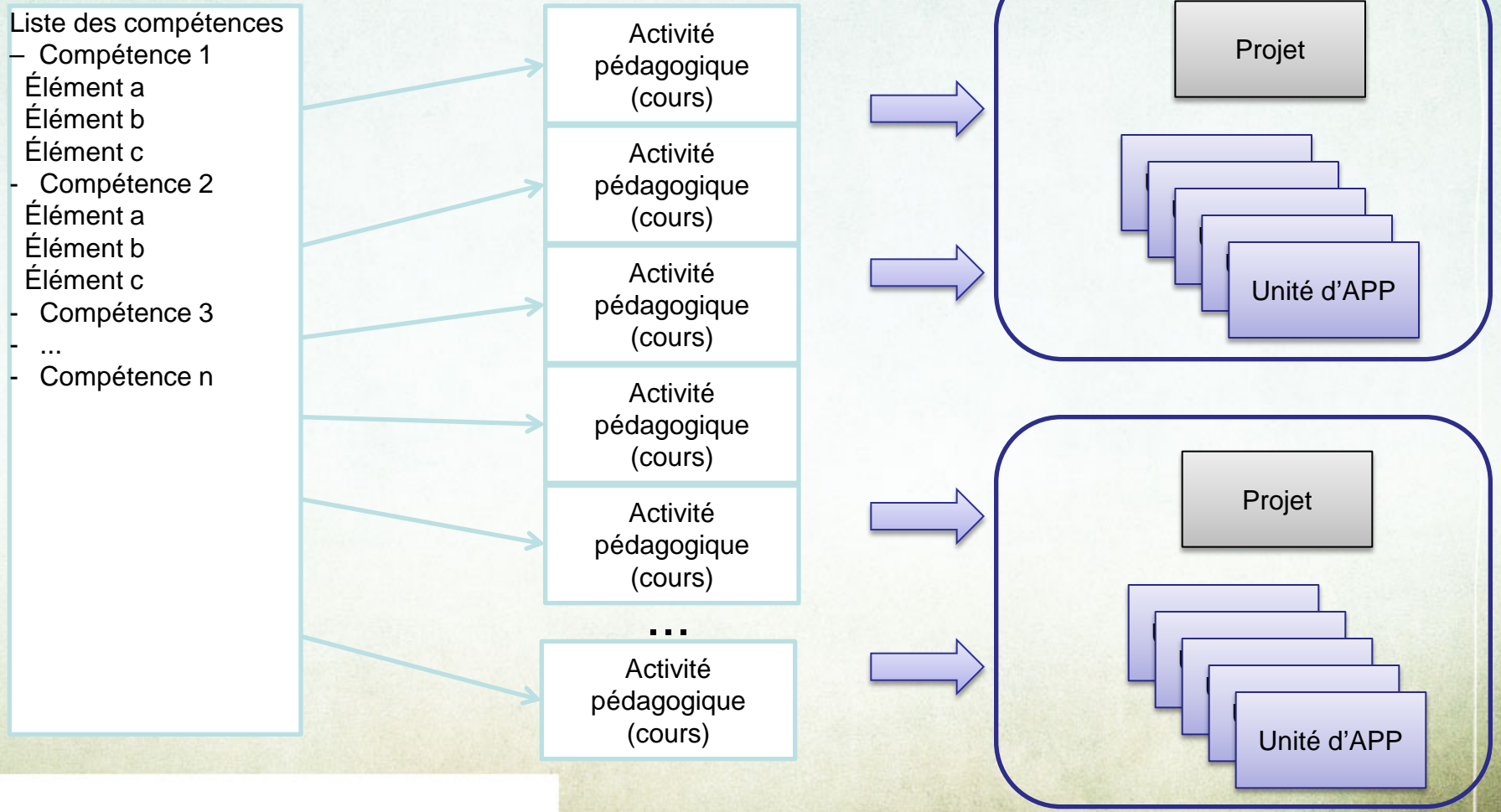
- La meilleure façon de l'apprendre est de le faire  
...  
... d'où l'apprentissage par problèmes et par projets

# Des compétences aux problèmes et aux projets

- Projection du corpus de compétences vers les activités du programme
- Compétences subdivisées en éléments de compétence
  - 1 élément de compétence = 1 crédit
- Projection vers des activités pédagogiques autour d'unités d'apprentissage par problème et de projets
  - Les activités pédagogiques sont la partie visible au niveau administratif



# Projection des compétences vers les programmes



# Les problèmes et les projets sont complémentaires

## Apprentissage par Problèmes

- Apprentissage individuel
- Apprentissage collaboratif
- Problèmes authentiques durée limitée (2 semaines)
- Évaluation principalement individuelle
- Développe des compétences en ingénierie

## Apprentissage par Projets

- Travail d'équipe
- Apprentissage coopératif
- Projets majeurs de durée relativement longue (1 session, 2 sessions pour le projet final)
- Une part de l'évaluation est pour l'équipe, une partie d'évaluation par les pairs
- Vise particulièrement des compétences de conception

# Structure des programmes

- Alternance stage-étude

1 <sup>re</sup> année			2 <sup>e</sup> année			3 <sup>e</sup> année			4 <sup>e</sup> année			5 <sup>e</sup>
AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT
S-1	S-2	T-1	S-3	T-2	S-4	S-5	T-3	S-6	T-4	S-7	T-5	S-8

1 <sup>re</sup> année			2 <sup>e</sup> année			3 <sup>e</sup> année			4 <sup>e</sup> année			5 <sup>e</sup>
AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT
S-1	S-2	T-1	S-3	T-2	S-4	T-3	S-5	S-6	T-4	S-7	T-5	S-8



# Une session d'étude

- Construite autour d'un thème
  - systèmes électroniques, systèmes téléinformatiques, électronique embarquée etc...
- 6 à 7 unité d'apprentissage par problème
- 1 projet de conception



# Une unité d'APP

- Ensemble d'activités
  - Encadrées et non-encadrées
    - Mais bien définies
  - En groupes
    - De 10 à 15 étudiants ou de 30 à 50 étudiants environ selon la nature de l'activité
- Organisées autour de la résolution d'un problème qui
  - Provoque l'intérêt
  - Requiert des prises de décision
  - Est suffisamment complexe
  - Est partiellement fondé sur des connaissances antérieures
  - Englobe les objectifs d'apprentissage
  - Est authentique

# En pratique: horaire type - unité de 2 semaines

Lundi      Mardi      Mercredi      Jeudi      Vendredi

## Semaine 1

Tutorat	Étude	Formation procédurale	Rétroaction	Revue de projets
Étude	Séminaire	Formation Laboratoire	Étude	Travail avec support
	Étude		Travail collaboratif	

## Semaine 2

Formation procédurale	Étude	Étude	Projets	Étude
Étude	Validation de la solution	Tutorat	Consultation	Évaluation sommative
		Évaluation Formative	Travail en laboratoire	

Petit groupe de 10 étudiants      Groupe de 50 étudiants



# Le tutorat d'ouverture

- Lecture individuelle – formulation initiale du problème
- Lecture systématique – indices et mots clefs - reformulation
- Interaction avec le tuteur – validation des connaissances antérieures – identification des hypothèses et pistes de solution
- Identification des connaissances nouvelles à acquérir
- Priorisation des hypothèses de solution
- Revue des connaissances nouvelles
- Retour en groupe sur l'unité antérieure avec l'intendant
- Rôles: scribe (notes), secrétaire (au tableau), intendant

# Le procédural

- Le formateur propose un ensemble d'exercices à réaliser en groupe collaboratif
- Les exercices visent à rendre opérationnelles les connaissances dans des contextes choisis pour cibler des connaissances spécifiques
- Exercices planifiés et minutés
- Les solutions sont apportées par le groupe et validées par le formateur
- Il n'y a pas de corrigé distribué...
- Deux occurrences par unité

# Le laboratoire

- Développe des connaissances opérationnelles pratiques requises
- Comprend des exercices pratiques choisis
- Est réalisé individuellement ou en petite équipe
- Permet de valider une solution pratique de la problématique s'il y a lieu
- Deux occurrences par unité



# Le tutorat de clôture

- Le scribe rappelle la formulation et les hypothèses de solution
- Le tuteur questionne, confronte et valide les connaissances acquises
- On valide son schéma de concept
  - Construction collective d'un réseau de concepts
- On valide les connaissances conceptuelles, on décontextualise
- Bilan en groupe sur les apprentissages réalisés et les stratégies d'apprentissage

# Les évaluations

- Évaluation non normative
  - Validation de l'atteinte des compétences
- Formes multiples
  - Individuelle : Examens théoriques, examens pratiques
  - En équipe : Rapports de solution et livrables, démonstration de la solution
- Une évaluation formative pour autoévaluation
- Une évaluation sommative et un examen final
- Introduction d'évaluations critériées
  - Validation de la solution
  - Échelle d'atteinte pour un critère / Indicateurs descriptifs
  - Lien avec les qualités du BCAPG
- Plusieurs éléments de compétences sont évalués distinctement et doivent être démontrés à un niveau déterminé
- Une validation supplémentaire peut être exigée après la fin de la session pour quelques éléments de compétence non démontrés

# Les projets

- Représentent globalement 20 % du programme
  - $2+2+2+2+3+3+12 = 26$  crédits sur 120
- 1 par session pour les sessions S1 à S6
  - Une journée par semaine environ (3 crédits)
    - Revue de projet avec le tuteur
    - Travail technique encadré
  - Équipes de 8 étudiants environ
  - Formules variées au niveau du mandat
    - Imposé
    - Proposé par les étudiants dans le cadre d'une architecture donnée
  - Évaluation
    - Livrables
    - Présentation devant jury
- 1 projet final majeur en S7 et S8
  - 2 jours/semaine pendant 2 sessions (2 x 6 crédits)
  - Client externe
  - Activité de présentation des projets au public



# La dernière année

- Sessions S7 et S8
  - Des blocs de spécialisation
    - 2 parmi un choix d'une quinzaine environ
  - Un projet majeur de conception
    - Visibilité importante
- Un passage accéléré aux études supérieures
  - Cheminement intégré baccalauréat-maîtrise
  - Maîtrise de type cours
    - Spécialisation plus poussée
    - 1 bloc supplémentaire + gestion de projets
    - 2 ou 3 sessions supplémentaires après le bac
  - Maîtrise de type recherche
    - Accès au doctorat et aux carrières en recherche
      - Après 2 ans en moyenne

# Les bénéfices

- Pour les étudiants
  - Autonomie renforcée
    - Observée dès le stage T1
    - Encadrement réduit
  - Motivation importante
    - Surtout dans les projets
    - Engagement considérable pour certains
  - Expérience en projet
    - 7 au total dont 1 majeur
    - Projets finaux parfois impressionnants
      - Auto électrique

# Les défis

- Faire travailler les professeurs en équipe
- Maintenir la passion du corps enseignant
  - Stimulation pour faire évoluer
    - Les contenus
    - Les problématiques
- Éviter les dérives vers un retour au passé
  - Cloisonnement des unités
  - Leçons magistrales pour assurer une illusion de passage des contenus
- Maintenir un équilibre dans la tâche du professeur
- Éviter une dérive minimaliste (stratégique) de la part des étudiants