

La compétence de l'ingénieur et sa construction : une tentative de modélisation

Bernard Blandin

► **To cite this version:**

Bernard Blandin. La compétence de l'ingénieur et sa construction : une tentative de modélisation. 2010. halshs-00537829

HAL Id: halshs-00537829

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00537829>

Preprint submitted on 19 Nov 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La compétence de l'ingénieur et sa construction : une tentative de modélisation

Bernard Blandin – Laboratoire d'ingénierie des environnements d'apprentissage

Sont présentés ici quelques résultats inédits d'un travail de recherche sur la construction des compétences mené depuis 2007 auprès des élèves ingénieurs du CESI, et notamment de ceux suivant des filières en apprentissage. Ce travail a comporté plusieurs phases : en 2007, une première série d'entretiens a été réalisée auprès d'une cinquantaine d'élèves ingénieurs des filières généralistes représentant chacune des trois années en apprentissage et des deux années en formation continue. Les encadrants de ces filières ont aussi été interrogés. De 2008 à 2010, une étude longitudinale a été menée sur une promotion d'élèves ingénieurs de la filière généraliste par l'apprentissage, comportant un entretien tous les six mois avec un panel comprenant une vingtaine d'élèves ingénieurs volontaires. En 2010, une série d'entretiens complémentaires a été réalisée auprès de douze élèves ingénieurs en fin de troisième année d'une filière de spécialité par l'apprentissage.

Quelques résultats de la première phase ont été publiés antérieurement (Blandin & al., 2007 ; Pallado, 2007 ; Pointel-Wiart, 2007), mettant notamment en évidence les rôles joués par le dispositif et par la socialisation dans le développement de la compétence. Mais la question de ce qu'était cette compétence et comment elle se développait restait en suspens. L'étude longitudinale et les entretiens les plus récents ont permis d'avancer quelques éléments de réponse, qui sont présentés ici.

Compétence et compétences

Poursuivant un travail de clarification des notions commencé en 2006 (Blandin, 2006), les travaux de 2007 ont permis de préciser les termes employés, et notamment de distinguer le sens du terme « compétences » (au pluriel) de celui de « compétence » (au singulier).

En résumé, les compétences, au pluriel, sont en général assimilées à des capacités à mener à bien une certaine activité, à produire un résultat attendu dans un contexte donné ; elles s'acquièrent par entraînement au cours de situations où elles sont mises en œuvre ; elles sont mesurables. La compétence, au singulier, est une façon d'être et d'agir en situation. Elle se développe à travers l'expérience vécue dans les situations ; elle s'apprécie globalement, mais ne peut pas être mesurée.

La compétence résulte d'un ensemble de compétences, mais ne s'y réduit pas. En effet, la compétence se déploie et se reconnaît à trois niveaux : celui de l'individu qui agit, celui du collectif de travail auquel il appartient, et celui de l'organisation qui l'emploie. La compétence a une dimension cognitive : l'action mobilise des ressources cognitives (connaissances, habiletés, règles) de l'individu qui agit, ses modes de raisonnement, en même temps que des outils et parfois d'autres personnes pour atteindre le résultat attendu dans la situation. Cela se traduit à la fois par un niveau de performance et par un sentiment de compétence ou d'efficacité personnelle pour l'individu qui réalise l'action. A ce niveau, la compétence peut être assimilée à un ensemble fini et descriptible de compétences. Mais la compétence a, en même temps, une dimension identitaire : lorsque l'action est menée selon les règles de l'art en vigueur dans un groupe professionnel, elle est reconnue comme telle par les pairs (jugement de compétence) et ce jugement génère un sentiment d'appartenance chez l'acteur et contribue à renforcer l'intégration dans le collectif de travail. Enfin, la compétence a aussi une dimension institutionnelle, qui est d'ailleurs le sens premier du terme : pour être validée au titre de l'activité professionnelle d'un individu, l'action menée dans une organisation doit être reconnue comme faisant partie du domaine d'action légitime de la personne qui la mène ; et cette reconnaissance se traduit, normalement, pour l'organisation, par un titre, une position hiérarchique ou indiciaire et un niveau de rémunération attribués à cette personne.

Les compétences, elles, sont associées à une activité, à la réussite de laquelle leur mise en œuvre contribue ; elles se caractérisent par des ressources cognitives mobilisées (connaissances dans divers registres, habiletés, règles à prendre en compte), par un contexte particulier dans lequel elles sont mises en œuvre, ainsi que par des indicateurs de réussite (efficacité, efficience) dans ce contexte (Figure 1).

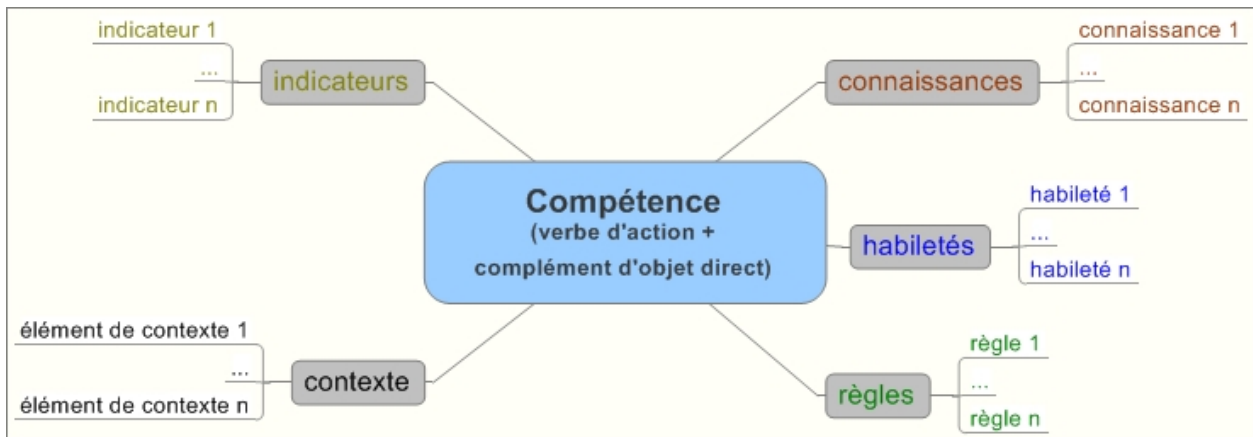


Figure 1 : représentation d'une compétence

Dans la suite de ce document, je m'attacherai tout d'abord à décrire la première dimension de la compétence de l'ingénieur, sa dimension cognitive à un stade développé. Pour cela, je la décomposerai en composantes, qui auront la forme de compétences telles que représentées dans la Figure 1. Puis sera abordée la question de la dynamique de construction de la compétence, où interviendront la dimension identitaire, déjà analysée précédemment (Blandin & al., 2007) et la dimension institutionnelle.

La compétence de l'ingénieur dans sa dimension cognitive

Dans sa dimension cognitive, la compétence résulte de la mise en œuvre simultanée dans l'action de plusieurs composantes. L'analyse des entretiens réalisés permet de décrire la dimension cognitive de la compétence de l'ingénieur par cinq composantes principales, qui sont décrites ci-dessous (Figure 2). Ces composantes sont décrites en termes génériques, sans référence à un secteur ou à un domaine d'activité. Mais elles sont contextualisables pour décrire la *carte de compétence* d'un profil d'ingénieur particulier, par exemple un ingénieur de bureau d'études mécanique, ou un ingénieur en génie civil conduisant des chantiers de travaux publics. Bien que décrites les unes après les autres, ces composantes ne sont pas séparables dans leur mise en œuvre, et c'est ensemble qu'elles décrivent la compétence de l'ingénieur. La carte globale détaillée est présentée à la fin du document (Figure 3).

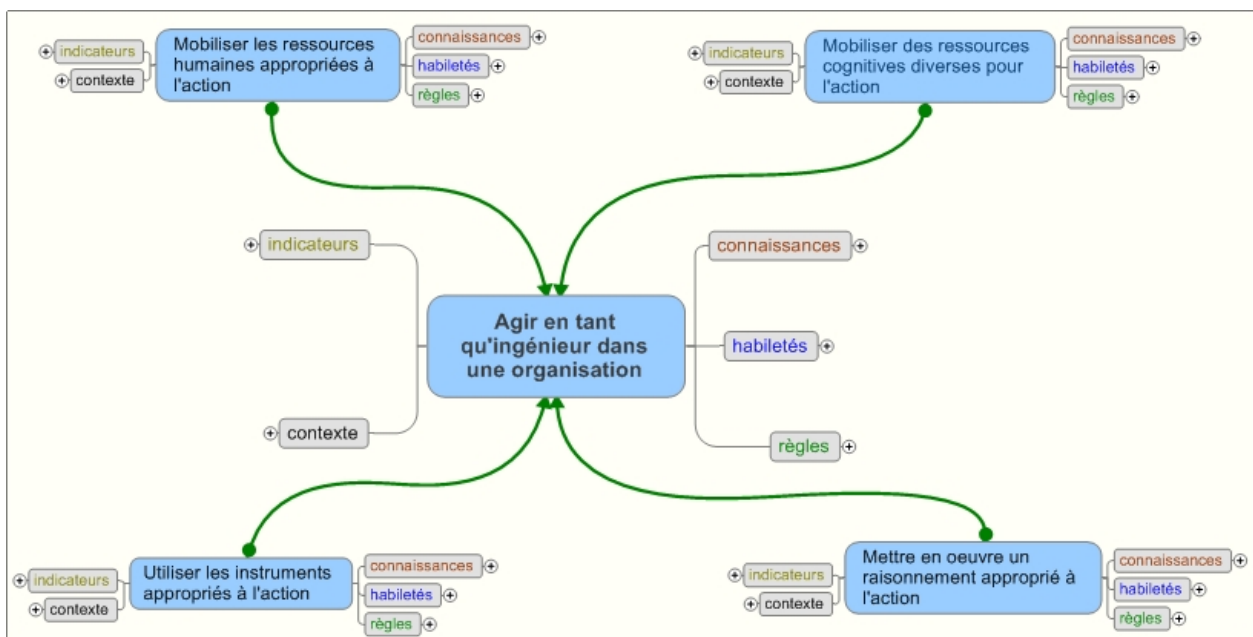


Figure 2 : les cinq composantes de la compétence de l'ingénieur

1) **Agir en tant qu'ingénieur dans une organisation** : cette composante principale est le cœur de la compétence de l'ingénieur. Elle agrège les 4 autres, qui y contribuent. En effet, agir en tant qu'ingénieur suppose à la fois des connaissances sur l'action et des habiletés dans l'action d'une nature spécifique, rarement décrites, à côté des connaissances et des habiletés que l'on attend de l'ingénieur (CTI, 2006, 15), que l'on va retrouver dans les autres composantes.

Ces connaissances spécifiques à l'agir en tant qu'ingénieur sont d'abord celles de la « grammaire » de l'action : comment l'action est organisée, son découpage temporel, les situations qu'elle contient, les ressources et les outils qu'elle requiert... Ce que l'on pourrait aussi appeler la « structure conceptuelle » de l'action. C'est ensuite le langage propre à l'action : le jargon professionnel d'une part, les mots ou expressions de métier, mais aussi des éléments de pragmatique : que peut-on dire à telle ou telle personne, comment le dire, etc. Ces deux ensemble de connaissances apparaissent très vite nécessaires pour s'insérer dans le collectif de travail, et font partie des premiers éléments de compétence construits par les apprentis, parce qu'indispensables à leur bonne insertion dans l'entreprise. Une autre catégorie de connaissance, acquise plus tardivement, apparaît indispensable pour déployer cette composante de la compétence : les savoirs pragmatiques propres à l'action, que ce soient les « concepts pragmatiques » (Pastré, 2004) liés à l'action, ou les gestes professionnels et postures appropriés, ou encore les modes relationnels à privilégier avec telle ou telle personne.

Les habiletés déployées dans cette composante de la compétence sont la participation aux rites de socialisation et aux rituels de l'entreprise, la compréhension et l'application des règles tacites de fonctionnement au sein de l'entreprise – les « règles non écrites » analysées par Gilbert de Terssac (1992), ou encore le respect des usages et des règles de l'art en vigueur.

Les règles à prendre en compte vont ici du règlement intérieur à la réglementation, en passant par les normes du domaine.

Le contexte de déploiement de cette compétence est caractérisé par la nature de l'activité (routinière ou non), le mode projet, la taille du projet, le fait que l'action fait partie ou non du champ de compétence habituel.

Les indicateurs de réussite pour cette composante sont les indicateurs généraux de réussite d'une activité dans une entreprise : la qualité, la fiabilité, le coût, les délais.

2) **Mobiliser des ressources cognitives diverses pour l'action** : cette composante est celle qui généralement arrive en premier lorsque l'on décrit les compétences de l'ingénieur. Sa mise en œuvre est fortement influencée par la nature de l'action, décrite par la « grammaire de l'action » de la composante précédente : les connaissances ou les habiletés à mobiliser dépendent, en effet, de la nature de l'action.

Les connaissances mobilisées par cette compétence sont extrêmement variées. Le CESI les classe habituellement en quatre catégories : les connaissances scientifiques, les connaissances techniques, les connaissances économiques (incluant des connaissances en gestion) et les connaissances en sciences humaines (sciences de l'homme et de la société, incluant des connaissances d'ordre sociétal). A cela, il faut ajouter les langues, qui prennent de plus en plus de poids. Cette catégorisation suffit ici pour une description générique, mais elle devra être déclinée plus finement pour la description d'un profil concret.

Les habiletés associées sont essentiellement celles liées à l'application des connaissances dans ces quatre domaines, ainsi que la maîtrise des langues.

Les règles associées, que l'ingénieur doit pouvoir mobiliser, concernent la formalisation d'un principe, notamment pour les domaines scientifiques et économiques, et les règles empiriques pour les domaines techniques et les sciences humaines.

Le contexte de déploiement de cette compétence est caractérisé par la familiarité du domaine d'action, et ses enjeux.

Les indicateurs de réussite sont d'une part le niveau de maîtrise des ressources cognitives mobilisées, mais aussi la fréquence de leur mobilisation, et leur niveau de mise à jour, notamment pour les connaissances techniques.

3) Mettre en œuvre un raisonnement approprié à l'action : cette composante de la compétence a été séparée de la précédente, parce que, comme le montrent divers travaux en didactique des sciences, dont notamment ceux de Closset (1983) sur les conceptions de l'électricité, les concepts concernant les éléments d'un circuit électrique (ampoule, pile, résistance...) peuvent être maîtrisés, mais les raisonnements à propos du circuit être fallacieux. Après les travaux de recherche que nous avons menés sur l'approche par problèmes en physique (Blandin & Ouarrak, 2009), j'ai fait l'hypothèse que ce qu'a découvert la didactique des sciences pouvait être généralisé, et qu'il fallait dissocier la maîtrise des concepts et des principes de celle du raisonnement.

Les connaissances mobilisées par cette composante concernent d'une part les catégories de raisonnement qui peuvent être mobilisées d'une manière productive (inductif, déductif, abductif, analogique, en situation...), d'autre part des approches visant à faciliter la compréhension de la réalité comme « l'approche système » (Bertalanffy, 1968).

Les habiletés associées à cette composante sont celles qui permettent de traiter un problème : formuler un problème, le décomposer, identifier les concepts et principes mobilisables pour le résoudre, appliquer ces principes à sa résolution. Ici, la deuxième composante a bien évidemment une influence forte, car selon les ressources cognitives mobilisées dans l'action, les concepts et principes mobilisables peuvent varier.

Les règles à prendre en compte sont principalement celles concernant la recherche d'informations et à la validation de l'information, ainsi que celles concernant la collecte et l'interprétation de données.

Le contexte de déploiement de cette compétence est caractérisé par le type de problèmes (simple ou complexe), par le fait que ce problème soit connu ou non et par le fait qu'il soit ou non complètement défini.

Les indicateurs de réussite sont liés aux résultats du raisonnement (le problème est-il ou non résolu ? combien de temps cela a pris ?), ainsi qu'à la qualité de la solution (innovante ou non, simple ou compliquée, facile ou difficile à mettre en œuvre...).

4) Mobiliser les ressources humaines appropriées à l'action : cette composante est celle que l'on associe généralement à la fonction managériale de l'ingénieur. Elle repose pour une grande part, semble-t-il, sur la connaissance de l'action, de sa grammaire, de son langage, et de certains savoirs pragmatiques propres à l'action, comme par exemple la connaissance des modes relationnels à privilégier avec telle ou telle personne, mais aussi sur les habiletés mises en œuvre dans l'action, et notamment sur la capacité à appliquer les règles tacites de l'organisation, ou d'en respecter les usages.

Les connaissances spécifiques à cette composante portent d'un côté sur les compétences nécessaires à l'action (quelles sont-elles ? qui les détient, où les trouver ?), mais aussi sur la façon de les mobiliser, d'obtenir une motivation et un engagement persistants dans l'action : ce sont les connaissances à la base du « leadership ».

Les habiletés associées à cette composante sont celles qui permettent d'atteindre les objectifs fixés dans le respect de l'autre, à savoir négocier et s'adapter.

Les règles associées sont d'une double nature : informelles, d'un côté (comment solliciter un avis, un conseil, un coup de main... ou comment pratiquer un échange de services entre collègues) ; formelles de l'autre (les circuits officiels d'invitation, les règles de recrutement et d'achat de ressources).

Le contexte est caractérisé par sa nature institutionnelle : interne au service, à l'organisation, ou en partenariat ; en mode projet ou en mode plus conventionnel.

Les indicateurs sont ceux de la participation active des ressources humaines mobilisées : type de participation, degré de motivation et d'engagement, durée de l'engagement.

5) Utiliser les instruments appropriés à l'action : les instruments dont il s'agit ici sont aussi bien des instruments permettant d'agir sur le monde matériel, que j'appelle des outils (Blandin, 2002), que des instruments permettant d'agir sur des représentations mentales du monde, que sont les méthodes. Le terme instrument est choisi pour indiquer la double dimension d'artefact (matériel ou non), et de schème, au sens piagétien du terme, de ce qui est mobilisé dans l'action instrumentée (Rabardel, 1995) : il ne s'agit pas seulement, pour l'ingénieur, de savoir utiliser des instruments, mais aussi de savoir quel instrument est approprié à telle ou telle action. Là encore, la connaissance de la « grammaire de l'action » est nécessaire. Cette composante, du fait du développement des outils informatiques et des techniques de simulation, pourrait constituer une part de plus en plus importante de la compétence de l'ingénieur.

Les connaissances associées concernent le choix d'un instrument parmi ceux disponibles, la connaissance de leur domaine d'utilisation (incluant leurs limites), de leurs fonctions, de leur mode d'emploi.

Les habiletés associées sont celles permettant de les utiliser, et, dans le cas d'outils, de les utiliser dans des conditions de sécurité acceptables.

Les règles associées concernent la mise en œuvre des fonctions des instruments, la mise en œuvre de méthodes, la manipulation des outils.

Le contexte est caractérisé par la familiarité ou non de l'instrument choisi pour l'action, la fréquence de son utilisation, le fait qu'il est ou non utilisé dans un contexte hors des usages habituels, que l'on appelle détournement ou catachrèse (Rabardel, 1995).

Les indicateurs sont les effets des instruments utilisés, et *in fine*, le résultat de l'action instrumentée.

La construction de la compétence de l'ingénieur par l'alternance

Après avoir décrit la dimension cognitive de la compétence de l'ingénieur dans la section précédente, je vais présenter dans cette section quelques éléments de la dynamique de construction de la compétence de l'ingénieur dans le cadre des dispositifs par l'apprentissage, tels qu'ils ressortent des travaux de recherche menés depuis 2007, et notamment à partir des entretiens menés dans le cadre de l'étude longitudinale. Nous écarterons donc la formation continue, qui n'était pas incluse dans l'étude longitudinale, ainsi que les élèves de formation initiale « classique », à plein temps, pour lesquels nous nous en remettons à nos partenaires dans le projet « Compétence Ingénieur : étude longitudinale » qui dispensent ce type de formation.

Tout d'abord, ce qui avait été repéré en 2007, à savoir le rôle principal joué par la dimension identitaire et la dimension institutionnelle dans la progression « du technicien à l'ingénieur » (Blandin & al., 2007) a été confirmé dans tous les entretiens menés avec les élèves de dernière année. Les élèves ingénieurs en alternance rattachent leur progression ou leurs difficultés à cette double dimension. Ils mesurent leur progression d'abord aux jugements portés par les « professionnels » avec qui ils travaillent pendant les périodes en entreprise : leur tuteur, les membres de leur équipe (supérieurs comme subordonnés), mais aussi leurs partenaires professionnels (clients, fournisseurs...). Toutefois, ce qui consacre ce jugement, c'est lorsqu'il est pris en compte au niveau institutionnel, et que cela se manifeste par l'attribution d'un champ de responsabilité approprié à leur progression : responsabilité d'un petit projet à partir de la seconde année, puis responsabilité de projets plus importants en fin de deuxième année et pendant la troisième année. Ils mesurent aussi leur progression lors des retours à l'école, en comparant leur propre « situation professionnelle » avec les champs de responsabilité et les titres attribués aux autres élèves ingénieurs de leur promotion pendant la dernière période, ou prévus pour leur retour en entreprise.

Le développement de la compétence de l'ingénieur se manifeste donc d'abord par un « lâcher prise avec la vie étudiante » et un investissement important dans la vie professionnelle de l'entreprise d'accueil, qui se complète d'une exigence accrue vis-à-vis de l'école : fournir des savoirs utiles aux projets du monde professionnel au moment où ils s'avèrent utiles. Cette exigence s'accompagne d'une motivation à apprendre renforcée par le sentiment d'utilité de ces savoirs à ce moment-là.

Autrement dit, le moteur du développement de la compétence de l'ingénieur, dans le cadre de l'apprentissage, semble bien être la composante centrale « Agir en tant qu'ingénieur dans une organisation ». L'*action en situation professionnelle* apparaît à la fois comme le moteur de l'insertion dans l'entreprise d'accueil, mais aussi comme ce qui déclenche le développement de la composante managériale (« Mobiliser les ressources humaines appropriées à l'action »), et comme ce qui génère la nécessité du développement des autres composantes de la compétence. En même temps l'*action en situation professionnelle* entretient la motivation à apprendre... du moins ce qui apparaît utile pour résoudre les problèmes posés par l'*action en situation professionnelle*.

Les situations favorables au développement de la compétence se caractériseraient alors par un ajustement du champ de responsabilité accordé à l'élève ingénieur dans son activité professionnelle et de l'accompagnement du tuteur ou des partenaires professionnels à la « zone proximale de développement » (Vygotski, 1933) de la compétence de l'élève, avec des apports de connaissances appropriées aux problèmes à résoudre. En suivant le fil de cette évolution conjointe des trois dimensions de la compétence, et en prenant comme repères les évolutions de l'identité professionnelle attribuée par autrui identifiées précédemment (Blandin & al., 2007), plusieurs étapes caractéristiques dans le développement de la compétence de l'ingénieur peuvent être mises en évidence.

Etape 1 : c'est l'étape initiale commençant avec l'insertion dans l'entreprise, et l'attribution d'un statut d'apprenti ou de stagiaire, que l'on tient à l'écart de l'action qu'il risque de parasiter.

- Apprentissage progressif de la « grammaire de l'action » et du langage de l'action par observation et imitation en effectuant des tâches périphériques à l'action principale menée par le tuteur ou d'autres membres de l'équipe de travail ;
- acquisition progressive des habiletés associées à l'« agir en tant qu'ingénieur dans une organisation » par apprentissage vicariant (Bandura, 1976) en prenant progressivement en charge une petite partie de l'action principale ;
- passage au statut de collègue de travail lorsqu'une participation à l'action est reconnue possible.

Etape 2 : cette étape est déclenchée par la responsabilité d'une action confiée à l'élève ingénieur (tâche en autonomie, petit projet de courte durée...). Elle n'est possible qu'à partir du moment où l'élève ingénieur est considéré comme un collègue de travail ayant un potentiel de contribution à l'action commune. Elle débute au plus tôt vers le milieu de la première année.

- Poursuite des apprentissages de la « grammaire de l'action », du langage de l'action et des habiletés associées à l'« agir en tant qu'ingénieur dans une organisation » au travers de l'action confiée en responsabilité ;
- acquisition de savoirs pragmatiques liés à l'action confiée (apprentissage vicariant, essais / erreurs) ;
- initiation et essai d'utilisation d'instruments ;
- sélection des ressources cognitives à acquérir dans les périodes à l'école sur la base de critères d'utilité.

Etape 3 : cette étape est favorisée par la prise de responsabilité successive d'actions variées sur des projets plus longs (de 3 à 6 mois). Elle débute au plus tôt en fin de première année, avec la première période suffisamment longue en entreprise pour la permettre.

- Application et enrichissement de la « grammaire de l'action » et des habiletés associées, utilisation du langage de l'action ;
- Mise en œuvre des savoirs pragmatiques acquis ;
- utilisation d'instruments en autonomie dans le cadre des actions confiées ;
- mise en œuvre de raisonnements appropriés aux actions confiées ;
- début de mise en œuvre de la mobilisation des ressources humaines dans le cadre des actions confiées (relation avec des clients et des fournisseurs, pilotage de petites équipes...) ;
- développement d'une attitude réflexive sur son action, son projet professionnel, ses besoins de formation ;
- exigences croissantes sur les ressources cognitives nécessaires, autoformation, sélection renforcée des ressources cognitives à acquérir dans les périodes à l'école sur la base de critères d'adéquation au projet professionnel ;
- passage au statut de « presqu'ingénieur », assistant ingénieur, assistant chef de projet.

Etape 4 : cette étape est favorisée par la prise de responsabilité d'un projet considéré comme important pour l'entreprise.

- Mise en œuvre de la compétence de l'ingénieur dans toutes ses dimensions ;
- renforcement de l'attitude réflexive sur l'action, identification de ses points forts et de ses points faibles ;
- autoformation, marques d'intérêt pour des ressources cognitives négligées jusqu'ici ;
- passage au statut d'ingénieur, de chef de projet, de conducteur de travaux...

La compétence de l'ingénieur se construit ainsi progressivement, à partir de l'action en situation professionnelle et dans l'action en situation professionnelle. On pourrait alors se demander quel est le rôle de l'école, en dehors de la gestion des périodes en entreprise. Les entretiens menés montrent que ce rôle est important : le retour des périodes en entreprise est l'occasion de faire le point avec les autres élèves et le référent de promotion sur leur expérience, de la verbaliser, la comparer, ce qui facilite sa conceptualisation (Pastré, 2004). Cette phase est institutionnalisée par des séances de débriefing, mais elle a aussi lieu d'une manière spontanée, lors des pauses. Les cours fournissent les connaissances reconnues indispensables à l'action, mais qui ne peuvent s'acquérir dans l'action. Mais elles sont alors filtrées selon un critère d'utilité.

Une spécificité de l'alternance ?

Toute formation permet d'acquérir des compétences. Mais il semble que seule l'alternance, appuyée sur un parcours professionnel au sein de l'entreprise, permette de développer et de reconnaître la compétence, dans sa triple dimension, avant même la sortie de l'école : la réussite dans les « épreuves » professionnelles jalonnant le parcours en alternance attesterait à la fois de performances cognitives (le niveau ingénieur), d'un parcours identitaire (devenir ingénieur) et de références institutionnelles (avoir tenu un poste d'ingénieur). En effet, seule l'expérience permet de construire l'agir en tant qu'ingénieur dans l'organisation.

Références

- Bandura, A. (1976) *L'apprentissage social*. Bruxelles : Editeur Pierre Mardaga.
- Bertalanffy, L. von (1968), *General System theory: Foundations, Development, Applications*, New York: George Braziller, revised edition 1976
- Blandin, B. (2002) *La construction du social par les objets*. Paris : Presses universitaires de France.
- Blandin, B. (2006) *Suivre le développement des compétences de l'ingénieur généraliste CESI*. Document interne CESI
- Blandin, B. Guillot, M.N. Ouarrak, B. Pallado, G. Wiart, C. (2007) Socialisation et développement des compétences de l'élève ingénieur, in *Colloque « Compétences et socialisation »*, 7 et 8 septembre 2007 à Montpellier. Accessible à l'URL suivante (accédé le 20/04/2009) : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00373604/fr/>
- Blandin, B. Ouarrak, B. (2009) Quand l'expérience joue des tours dans un dispositif de formation en alternance, in *Actes du 1^{er} colloque international de l'association Recherches et pratiques en didactique professionnelle*, Dijon, 2-4 décembre 2009 (communication n°407).
- Closset, J.L. (1983), *Le raisonnement séquentiel en électrocinétique*, Thèse de 3^{ème} cycle, Paris : Université Paris 7
- CTI (2006) *Références et Orientations*. Approuvées en Assemblée plénière du 13 juin 2006. 5^e édition.
- Pallado, G. (2007) *La pédagogie du projet dans les dispositifs de formation d'ingénieurs généralistes CESI*. Mémoire de Master 2 sciences de l'Education. Nanterre : Université Paris – X
- Pastré, P. (2004) L'ingénierie didactique professionnelle, in CARRE, P. & CASPAR, P. (dir.) *Traité des sciences et techniques de la formation*. 2^e édition. Paris : Dunod, p 465-480
- Pointel-Wiart, C. (2007) *La dynamique du développement des compétences de l'ingénieur généraliste CESI à travers la notion de « moment clé »*. Mémoire de Master 2 sciences de l'Education. Nanterre : Université Paris – X
- Rabardel, P. (1995) *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Terresac, G. de (1992) *Autonomie dans le travail*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Vygotski, L. (1933) *Pensée et langage* (traduction de Françoise Sève, avant-propos de Lucien Sève), suivi de « Commentaires sur les remarques critiques de Vygotski » de Jean Piaget, Rééditions : La Dispute, Paris, 1997

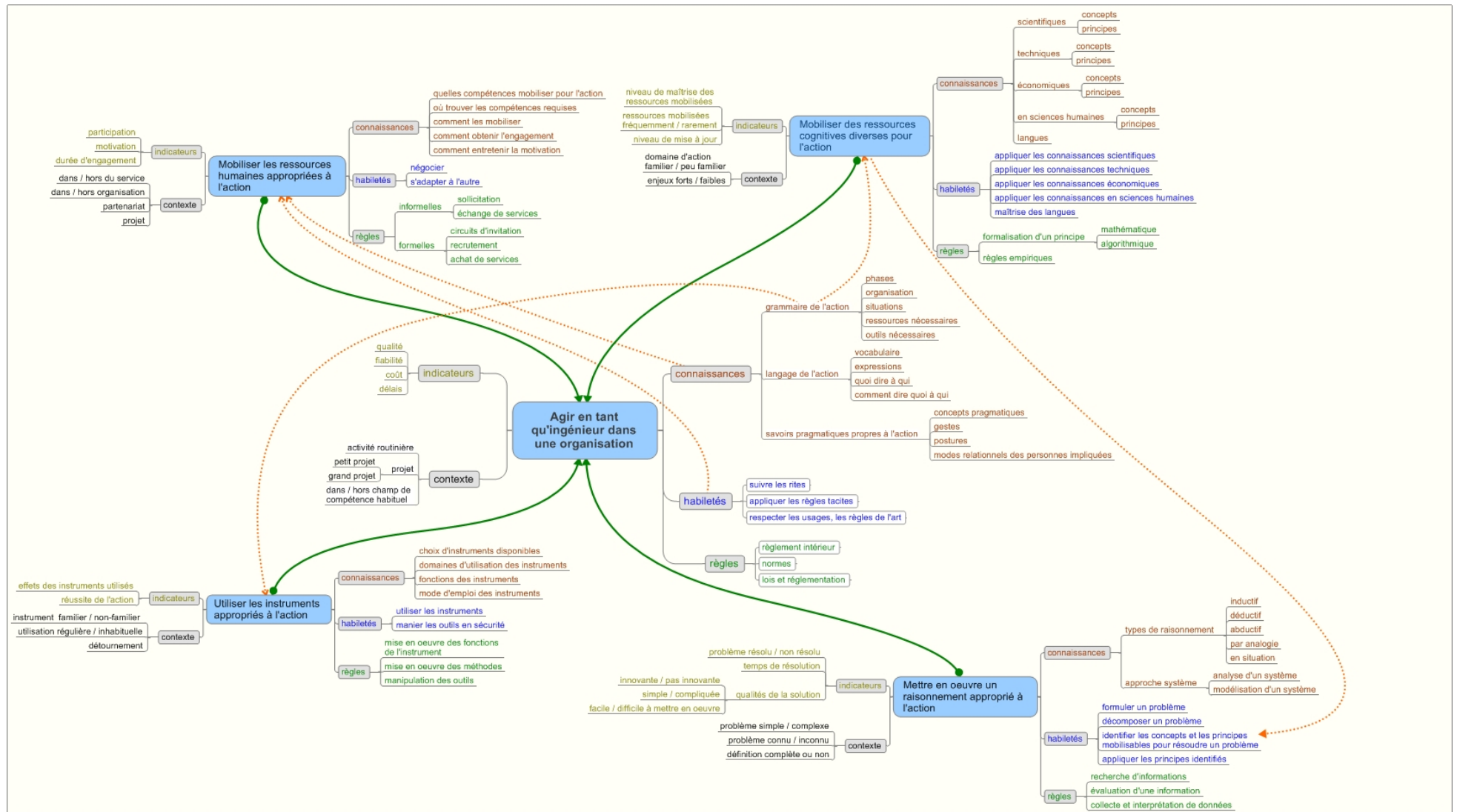


Figure 3 : Carte générique de compétence de l'ingénieur
(notata : les relations en pointillé indiquent une influence d'un élément d'une composante sur un autre)