



# L'ingénierie et l'intégration des processus de génie logiciel, de génie systèmes et de gestion de projets

CLAUDE Y. LAPORTE & NICOLA R. PAPICCIO

Oerlikon Aérospatiale  
225, boulevard du Séminaire Sud  
Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 8E9, Canada  
Mél : cylaporte@oerlikon.ca

## 1. MISE EN SITUATION

Oerlikon Aérospatiale est l'intégrateur d'un système complexe de missiles de défense antiaérienne à guidage laser. Le système englobe cinq familles de technologies : traitement et affichage, système plate-forme, capteurs et effecteurs, commandement, contrôle, communications et intelligence, ainsi que des systèmes de support comme des simulateurs. Plus de 80 ingénieurs système et logiciel travaillent au développement et à la maintenance du système.

Chez Oerlikon Aérospatiale, l'ingénierie des processus s'est faite en quatre étapes : 1°) définir un processus et l'amener sous le contrôle de gestion ; 2°) supporter le processus avec des méthodes ; 3°) supporter le processus et les méthodes avec des outils appropriés ; et 4°) former l'ensemble du personnel à l'utilisation des processus, des méthodes et des outils.

## 2. DÉVELOPPEMENT D'UN PROCESSUS D'INGÉNIERIE LOGICIEL

En automne 1992, reconnaissant que le génie logiciel était un atout essentiel pour Oerlikon Aérospatiale, le président approuvait l'instauration d'un SEPG (groupe d'ingénierie des processus logiciels) [3]. Un budget était aussi approuvé pour la tenue d'une évaluation des processus logiciels, utilisant le CMM (modèle de maturité des capacités en logiciel) [8] comme structure, et le développement d'un plan d'action.

Au printemps 1993, l'évaluation était effectuée conjointement par le SEPG et par des auditeurs indépendants certifiés par le Software Engineering Institute (SEI). Les forces et les faiblesses étaient alors identifiées et des priorités en matière d'amélioration recommandées.

**Résumé** : Afin de réduire la durée des cycles de développement, d'accroître la satisfaction du client et d'abaisser les coûts, Oerlikon Aérospatiale a, depuis 1992, mis en route une série de projets visant à définir et mettre en place des processus de génie logiciel, de génie système et de gestion de projets. L'initiative a commencé par une évaluation en bonne et due forme des pratiques d'ingénierie du logiciel. Un groupe fut chargé de définir et faciliter la mise en place des processus logiciels. Une seconde initiative, démarrée en 1995, avait pour objectif de définir et de mettre en place un processus d'ingénierie des systèmes et d'intégrer ce dernier au processus d'ingénierie logiciel déjà en place. Une troisième initiative a démarré en 1996, laquelle avait comme objectif de définir un processus de gestion de projets qui chapecouterait les deux autres processus.

Durant la période été-automne 1993, un plan d'action détaillé fut préparé par le SEPG. L'on décida alors de créer des groupes de travail qui définiraient des processus. Les processus suivants furent développés, testés dans des projets pilotes et mis en place : développement, maintenance, rétro-ingénierie, planification et suivi de projets, assurance-qualité, gestion de la configuration, gestion des sous-traitants, gestion de la documentation et de revue par les pairs [4].

Chaque processus est décrit à trois niveaux de détail. Le processus de planification et de suivi de projets est décrit afin d'illustrer le travail réalisé. Au plus haut niveau de détail, il y a trois phases (voir figure 1) : les activités de planification durant la phase de la soumission, la phase de

planification de projet après l'attribution d'un contrat et la phase de suivi du projet. La phase de la soumission prend la vision originale d'un produit potentiel et la transforme en cas d'affaires, ou, s'il s'agit d'un développement sous-traité, les exigences de la demande de soumission sont analysées : on estime l'envergure, le coût et les délais d'exécution ainsi que l'on procède à une analyse de risques. Dans les deux cas, le principal résultat de cette phase revient à déterminer si le projet est ou n'est pas acceptable. Étant donné que, pendant la phase de négociation du contrat, il est possible que certaines exigences (par exemple, calendrier d'exécution, exigences logiciel) aient été modifiées, il faut que la phase de planification après attribution du contrat finalise les plans préparés au cours de la phase soumission. Pendant la troisième phase, on recueille et on analyse les données du projet et l'on ajuste les plans initiaux.

Le deuxième niveau de détail des activités de planification et de suivi durant la phase soumission est représenté dans la figure 2. Comme indiqué, chaque étape du



processus est numérotée ; de plus, chaque étape est définie au moyen d'un verbe et d'un substantif. Les étapes pourraient être utilisées comme des cubes et pourraient être reliées ensemble selon les besoins du projet. Il incombe au chef de projet de façonner les cubes. Même si les étapes sont représentées comme un enchaînement, la rétroaction à des étapes antérieures est permise. Les boucles de rétroaction n'ont pas été représentées pour ne pas encombrer les schémas.

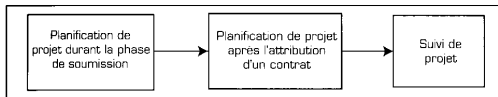


Figure 1 : Trois phases de la planification du projet

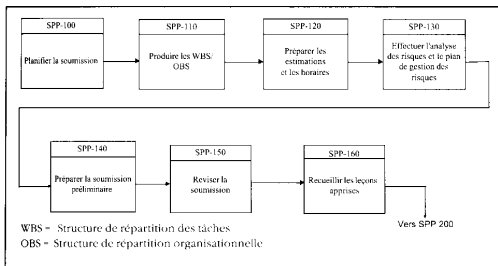


Figure 2 : Processus de planification logicielle pour la soumission

La figure 3 représente le troisième niveau de détail. Cette figure montre le schéma ETVX [10] de l'étape SPP-120. Comme le schéma ne peut pas contenir toutes les informations relatives à une étape en particulier, les schémas sont complétés par du texte dans le manuel de l'utilisateur.

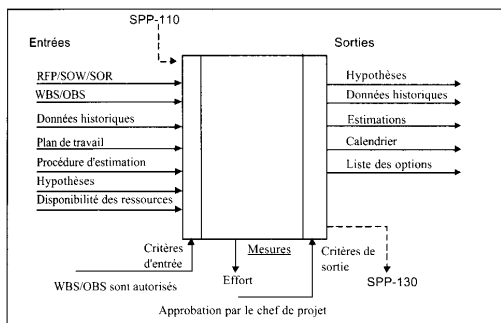


Figure 3 : Schéma ETVX de l'étape SPP-120

Finalement, une seconde évaluation des processus logiciels a été effectuée en février 1997. Oerlikon Aérospatiale a atteint un fort niveau 2 et satisfait déjà à 8 des 17 objectifs du niveau 3. Deux secteurs clés de niveau 3 sont totalement atteints : Ingénierie du produit logiciel et revue par les pairs.

### 3. DÉVELOPPEMENT D'UN PROCESSUS D'INGÉNIEURIE DES SYSTÈMES

Bien que l'entreprise ait utilisé, depuis 1993, des procédures conformes à ISO-9001, on décida qu'il fallait

définir un processus d'ingénierie des systèmes afin de mieux intégrer toutes les disciplines relatives à l'ingénierie de systèmes. En 1995, nous avons effectué une évaluation interne de nos pratiques en utilisant le SE-CMM (modèle de maturité des capacités d'ingénierie de systèmes) [1] ainsi que la méthode d'évaluation SE-CMM Appraisal Method (SAM) [5]. L'objectif était d'aider à identifier les priorités permettant des améliorations à l'intérieur des 18 secteurs clés du SE-CMM. En plus du SE-CMM, on décida d'utiliser le GSEP (Generic Systems Engineering Process) mis au point par le Software Productivity Consortium [11]. On forma un groupe de travail, composé de 11 ingénieurs de systèmes et de logiciel ainsi que d'un représentant de l'assurance-qualité, pour définir et faciliter la mise en place d'un processus d'ingénierie de systèmes.

Le document GSEP décrit, en utilisant la notation IDEF [12], les activités de gestion, les activités techniques ainsi que les documents produits par chaque activité. Les principales activités de gestion (voir figure 4) sont : comprendre le contexte, analyser le risque, planifier un incrément du développement, faire le suivi de l'incrément et développer le système. Les principales activités techniques (voir figure 5) sont : analyser les besoins, définir les exigences, définir l'architecture fonctionnelle, synthétiser l'architecture allouée, évaluer les alternatives, valider et vérifier la solution et contrôler le référentiel. Tout comme le processus logiciel, chaque activité principale est décomposée en un certain nombre d'activités plus petites qui sont décrites individuellement en utilisant la notation ETVX. Notre stratégie était de définir une version bêta du processus, d'utiliser la version bêta sur des projets pilotes et de faire des corrections au processus avant le déploiement dans toute l'entreprise.

En plus de définir le processus, chaque membre du groupe de travail avait une tâche secondaire. Alors qu'on définissait chaque étape de la version bêta du processus, les membres du groupe de travail étaient chargés de recueillir les informations suivantes : surveiller la conformité avec le SE-CMM, surveiller les interfaces avec les processus logiciels, identifier des mesures de processus et de produits, identifier les rôles et responsabilités des participants à un projet, définir le glossaire, identifier les méthodes, les pratiques, les outils CASE (ingénierie assistée par ordinateur), définir des cycles de vie, les lignes directrices en matière d'estimation, le matériel didactique et établir la bibliothèque des acquis (Process Asset Library).

Oerlikon Aérospatiale planifie d'effectuer une évaluation du processus d'ingénierie de systèmes d'ici la fin de 1997 pour mesurer la progression faite et planifier une deuxième phase d'amélioration du processus.

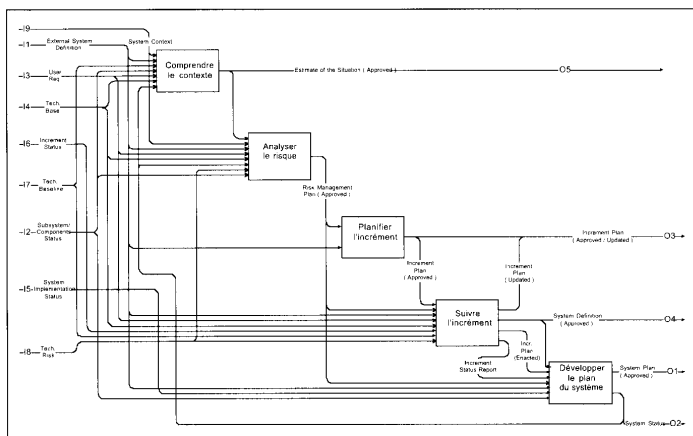


Figure 4 : Activités de gestion du processus d'ingénierie de systèmes

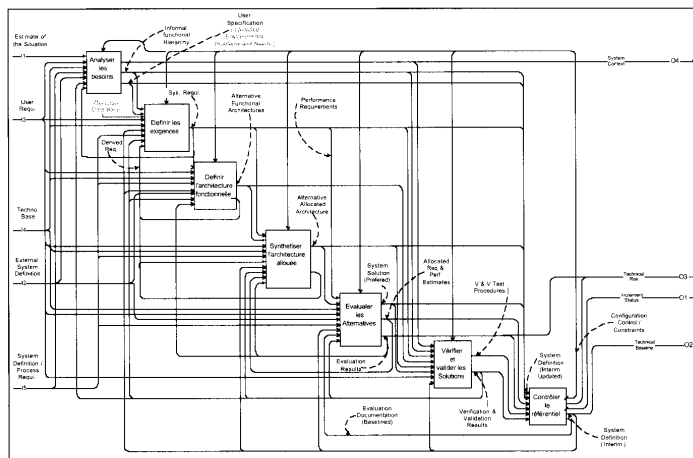


Figure 5 : Activités techniques du processus d'ingénierie de systèmes

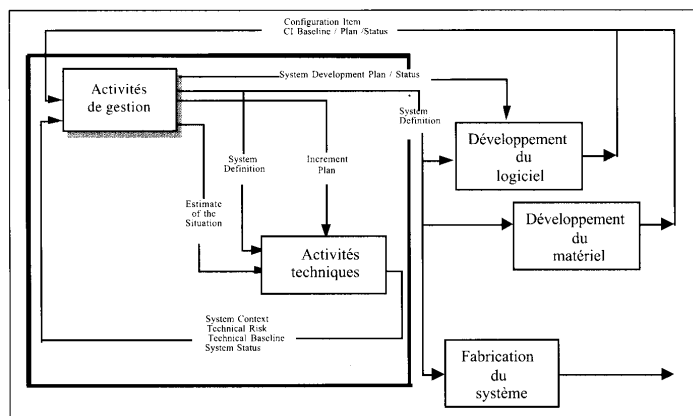


Figure 6: Intégration du processus de génie logiciel au processus de génie système

#### 4. L'INTÉGRATION DU PROCESSUS DE GÉNIE LOGICIEL AU PROCESSUS DE GÉNIE SYSTÈMES

Nous avons utilisé, comme structure d'intégration, un document produit par le SPC qui s'intitule : Integrated Systems and Software Engineering Process (ISSEP) [12]. L'ISSEP décrit les activités à trois niveaux différents : le niveau du système, le niveau CI (Configuration Item) et le niveau des composantes. Les activités au niveau système sont : gérer le développement du système, concevoir et vérifier le système puis intégrer et tester le système. Au niveau CI les activités sont : gérer le développement du CI, concevoir et vérifier le CI, développer les composantes, et intégrer et tester le CI. Les articles de configuration (CI) peuvent être décomposés en une ou plusieurs composantes. Les activités au niveau composantes sont : mettre en place les composantes, développer des cas d'essai d'unités, et réaliser les essais d'unités ainsi que l'analyse. C'est au niveau composantes que le logiciel est codé et que le matériel est fabriqué. La figure 6 illustre les liens entre le processus de génie système et les processus de génie logiciel, de génie sous-systèmes ainsi que le lien avec le processus de fabrication.

#### 5. PROCESSUS DE GESTION DE PROJETS

Voyant les bénéfices qu'apportait l'utilisation de processus définis, on décida de procéder à la définition d'un processus de gestion de projets. On a décidé d'utiliser un document produit par le Project Management Institute (PMI) comme cadre de travail. Le document s'intitule Guide to the Project Management Body of Knowledge [9]. Un groupe de travail a été mis sur pied en décembre 1996. Le groupe a d'abord procédé à l'élaboration d'un mandat et d'un plan de travail, lesquels ont été approuvés par le vice-président responsable des projets. À ce jour, la version de travail du processus est terminée. Dans les mois à venir, le groupe va enrichir le processus en y ajoutant des pratiques, des méthodes et des outils de support.

#### 6. LA GESTION DU CHANGEMENT

Étant donné que la gestion du changement est un élément clé pour la réussite de tout programme d'amélioration des



processus, une série d'actions a été planifiée afin de faciliter le développement, la mise en place et l'adoption des processus, méthodes et outils [6, 7]. Par exemple, le président a suivi un séminaire d'une journée sur l'amélioration des processus au SEI, deux directeurs ont suivi un séminaire de trois jours sur le CMM, l'évaluation et l'amélioration des processus. De plus, un membre du SEPG a suivi des cours au SEI traitant de la gestion des changements technologiques. L'on a tenu des séances d'information et l'on a fait paraître des articles dans chaque publication du journal de l'entreprise pour expliquer le pourquoi et le comment de l'évaluation et de l'amélioration des processus et pour décrire les progrès faits. Finalement, l'on a effectué des sondages pour évaluer l'état de préparation de l'entreprise à un tel changement de façon de procéder. Les sondages ont identifié les forces de l'entreprise et les barrières potentielles au programme d'amélioration planifié.

En outre, afin d'obtenir soutien et engagement envers la future mise en place des processus, on a constitué des groupes de travail formés de représentants de plusieurs services : ingénierie du logiciel, ingénierie de systèmes, ingénierie de sous-systèmes, assurance-qualité, gestion de contrats et gestion de la configuration. Chaque groupe de travail était géré comme un projet. Il avait une charte, un budget et un calendrier d'exécution. Il y avait dans chaque groupe de travail un propriétaire de processus, c'est-à-dire un gestionnaire responsable de la définition, de la mise en place et de l'amélioration de chaque processus. Un membre du SEPG agissait comme facilitateur dans chaque groupe de travail. Par conséquent, le propriétaire de processus se concentrait sur le contenu d'un processus logiciel spécifique tandis que le facilitateur se concentrait sur la dynamique de groupe.

### 7. LEÇONS APPRISSES

Gérer la dimension humaine de l'initiative d'ingénierie des processus est l'élément qui non seulement encouragera l'adoption de changements mais aussi créera un environnement dans lequel des changements pourront être introduits de plus en plus rapidement. Les membres du secteur de l'ingénierie réalisent maintenant que gérer le «soft», c'est-à-dire la dimension humaine est aussi important que gérer le «hard».

Il est aussi très important de soigneusement sélectionner les projets pilotes et les participants à ces derniers puisque ces projets favoriseront l'adoption de nouvelles pratiques dans tous les secteurs de l'entreprise. Aussi, ceux qui utiliseront un nouveau processus feront des erreurs. Il est donc impératif de bien former les participants et de leur fournir un «filet de sécurité». Si les participants sentent que les erreurs seront utilisées pour apprendre et pour faire des améliorations au processus, et non pas à les «pointer du doigt», le niveau d'anxiété sera réduit et ils émettront des suggestions au lieu de «cacher leurs erreurs».

L'utilisation de modèles comme le CMM pour l'ingénierie du logiciel et des systèmes change lentement la culture de l'entreprise et l'état d'esprit qui passe de la notion du «pas inventé ici» à celle du «pas ré-inventé ici». Les praticiens voient les avantages qu'il y a à réutiliser le travail de quelqu'un d'autre. Ils voient aussi que l'entreprise les encourage à chercher des solutions au lieu de constamment «réinventer la roue». Les ingénieurs utilisent maintenant beaucoup Internet pour trouver des pratiques développées par d'autres entreprises et ils adaptent ces pratiques à l'environnement de leur propre entreprise. Les praticiens assistent à des conférences commanditées par des organismes comme le SEI et INCOSE (International Council in Systems Engineering) et le PMI pour identifier les meilleures pratiques pour les utiliser dans leurs activités quotidiennes.

### 8. CONCLUSION

Notre entreprise a fait des investissements substantiels pour définir, mettre en place et intégrer les processus, méthodes et outils. Les améliorations demandent d'importants investissements, mais les activités techniques et de gestion permettront de développer des projets complexes dans un environnement discipliné. Ingénieurs et gestionnaires pourront réaliser leurs activités avec plus d'efficacité et d'efficience.

### RÉFÉRENCES

- [1] R. Bate : *A systems engineering capability maturity model— version 1.1*, Software Engineering Institute, CMU/SEI-95-01, 1995.
- [2] B. Curtis et Coll. : *People capability maturity model*, Software Engineering Institute, CMU/SEI-95-MM-02, 1995.
- [3] P. Fowler & S. Rifkin : *Software engineering process group guide* ; Software Engineering Institute, Rapport CMU-SEI-TR-24, 1990.
- [4] T. Gilb & D. Graham : *Software inspection* ; Addison-Wesley, 1993.
- [5] D.A. Kuhn et Coll. : *A description of the systems engineering capability maturity model appraisal method, Version 1.1* ; Rapport du SEI, CMU/SEI-HB-004, 1996.
- [6] C. Y. Laporte : *Process improvement and the management of change* ; Proceedings of the 4th IEEE Computer Society Workshop on Software Engineering Technology Transfer, Dallas, 28-29 avril 1993.
- [7] C. Y. Laporte : *Development and integration of engineering processes at Oerlikon Aerospace* ; Actes du septième symposium de International Council on Systems Engineering, Los Angeles, Californie, 3-7 août 1997, pages 633-640.
- [8] M. Paulk et Coll. : *Capability maturity model for software* ; Software Engineering Institute, SEI/CMU-93-TR-24, 1993.
- [9] PMI, Project Management Institute : *Guide to the project management institute body of knowledge* ; 1996.



- [10] R. A. Radice : *A programming process architecture* ; IBM Systems Journal, vol. 24, n° 2, 1985.
- [11] SPC : *A tailorable process for systems engineering* ; Software Productivity Consortium, SPC-94095-CMC, 1995.
- [12] SPC : *Integrated systems and software engineering process* ; Software Productivity Consortium, SPC-96001-CMC, 1996.
- [13] SEI : *Relationships between the systems engineering maturity model and other products, Version 1.0* ; Software Engineering Institute, CMU/SEI-94-TR-26, 1995.
- [14] USAF : *Integrated computer-aided manufacturing architecture ; Function Modeling Manual (IDEF0)* ; United States Air Force, AFWAL-TR-81-4023, 1981.

#### BIOGRAPHIES

**Claude Y. Laporte** a obtenu en 1973 un Baccalauréat en Sciences au Collège Militaire Royal de Saint-Jean. En 1980, il a obtenu une Maîtrise en Physique à l'Université de Montréal et, en 1986, une Maîtrise en Sciences Appliquées au Département de Génie Électrique et Génie Informatique à l'École Polytechnique de Montréal. Il a été officier au sein des Forces armées canadiennes pendant 25 ans et profes-

seur, au Collège Militaire, pendant plus de 10 ans. De 1988 à 1992, il participe à la mise en place du Centre du génie logiciel appliqué. Il quitte les Forces armées canadiennes en 1992 avec le grade de major. Depuis lors, il a rejoint à Oerlikon Aérospatiale où il coordonne le développement et la mise en place des processus, méthodes et outils d'ingénierie des systèmes et du logiciel. Il est président du Groupe d'amélioration des processus de Génie logiciel (GAP-GL) de Montréal. Il s'investit aussi dans l'établissement d'un volet de l'INCOSE à Montréal.

Nicola Papiccio a obtenu un Baccalauréat en Sciences Administratives en 1980 au Collège Militaire Royal de Saint-Jean. Il a aussi suivi tous les cours du programme de Maîtrise en Gestion de projet de l'Université du Québec à Montréal. Depuis 1982, il s'occupe d'ingénierie des systèmes et du logiciel, particulièrement pour le Programme canadien de frégate de patrouille. Il a quitté la Marine canadienne avec le grade de lieutenant-commandant spécialisé en génie logiciel. Depuis 1995, il dirige la section Ingénierie du logiciel chez Oerlikon Aérospatiale. Il s'occupe actuellement de la création d'un Centre d'excellence en ingénierie des systèmes et du logiciel au Canada.

