

Les travaux des ateliers du forum 2008

Cette synthèse a été établie en mettant en forme le contenu des documents de support aux restitutions qui ont été faites en séance plénière, et en prenant en compte les remarques de relecture de leurs auteurs. JPM.

Atelier 1 : Thèmes et sujets de recherche en Ingénierie des Systèmes.

L'atelier débute par :

- la présentation d'une structuration thématique des travaux de recherche de doctorants, présentés en posters. **6 posters** ont été présentés traitant des problématiques de l'analyse des besoins, les méthodologies de développement des systèmes et l'étude des relations d'interopérabilité.
- Paul Davies (Thales + Loughborough University) a ensuite présenté, en visio-conférence, une **synthèse sur les systèmes éducatifs (France, UK, Europe, Israel, USA) et les thèmes de recherche** sous le titre : *Topics and Themes in Systems Engineering Research*.

Face aux **questions ouvertes** :

- Comment mettre en place un système académique pour une recherche multidisciplinaire ?
- Comment répondre au manque d'experts en IS diplômés par les universités alors que les industriels rémunèrent bien et donc attirent ces experts ?
- Quels sont les domaines porteurs en IS pour la recherche doctorale et postdoctorale ?
- Face à la concurrence internationale (production croissante hors Europe) dans le domaine de l'intégration des systèmes complexes (qui, plutôt que la technologie de composants, représente notre futur en termes de valeur ajoutée), est-ce que l'Etat doit intervenir avec une politique de recherche et un soutien financier ?
- Comment évaluer la Recherche en IS ?

La **discussion et les suggestions** ont porté sur les points suivants :

- Problème d'évaluation de la recherche en IS :
 - Journaux de référence de la communauté, notamment faire reconnaître les journaux comme JSE par les comités d'évaluation et les faire référencer par Thomson ISI pour évaluer leur facteur d'impact,
 - Intégrer des experts IS dans les comités d'évaluation des revues, afin que le domaine de l'Ingénierie Système soit représenté. Cependant, l'aspect multidisciplinaire et applicatif de ce domaine rend difficile l'acceptation de ces papiers.
 - Confirmer la qualité et la sélectivité des conférences représentatives de la communauté IS par les instances d'évaluation des chercheurs.

- Pénurie de jeunes ingénieurs formés à l'IS :
 - Développer la formation de docteurs en IS en définissant, avec les industriels, des sujets de recherche adaptés.
 - Quel est l'avenir des disciplines telles que l'intégration de systèmes complexes dans un contexte de délocalisation de la production.
- Association Recherche/Industrie :
 - La formation est un vecteur de base pour démarrer des partenariats recherche. L'industrie doit tirer partie de cette opportunité pour lier des partenariats.

Il en résulte des **perspectives de travail** :

- Un Master IS multi-établissements avec un support multi-industriels serait-il viable ?
 - Exemple : Engineering Innovation Center à Loughborough.
 - Ingénieurs en IS par apprentissage ?
 - Master national ou ouvert à l'international ?
- Créer des UE communes entre les formations IS en France, et avec l'étranger.
- Comment intégrer l'IS comme domaine de recherche dans projets européens ? Très souvent, l'IS existe mais n'y est pas visible.

Atelier 2 : Pratiquer l'IS en formation par projet.

L'atelier débute par **deux présentations** :

- Présentation d'une expérience par J.-C. Tucoulou : *dégager des bonnes pratiques d'IS dans le déroulement d'un projet*
- Présentation d'une expérience par J.-Y. Bron : *pratiquer l'ingénierie système en gestion de projet et exigences de l'équipe pédagogique*

Les **débats et échanges** pendant et après les présentations ont porté sur les questionnements :

- Quels besoins ? Quelles compétences ?
- Comment motiver et impliquer les enseignants ?
- Comment valider (certifier, labelliser) la formation ?
- Ingénierie d'un système de formation en IS

Il en résulte **trois propositions de projets** :

■ **Projet 1** « Analyser et formaliser le besoin des industriels vis-à-vis d'un système de formation en IS ».

- Mission d'un jeune diplômé.
- Intégration des modes opératoires de l'entreprise.
- Acquisition des compétences complémentaires.

■ **Projet 2** « Déterminer les moyens et actions pour motiver et convaincre les enseignants à coopérer dans l'enseignement de l'IS ».

■ **Projet 3** « Evaluer les approches de certification / labellisation en IS et en définir le référentiel ».

- Point de vue industriel.
- Point de vue pédagogique.

Atelier 3 : Ingénierie Système Basée sur des Modèles.

L'atelier s'est organisé autour de **trois thèmes** :

Thème 1 : Le modèle, un concept pas si moderne

■ Un modèle est une représentation pour comprendre, simuler, valider, évaluer, échanger sur un sujet étudié dans un environnement donné.

■ Un bon modèle est :
cohérent,
pertinent par rapport au sujet étudié,
fidèle à la réalité,
prédictif,
vérifiable (correct, bien formé),
réutilisable.

■ Attention au domaine de validité du modèle.

Thème 2 : Nature du modèle selon les métiers.

■ Surtout appréhendé par métier et discipline (mécanique, électrique, informatique,...).

■ Les vues structurantes (comportement, structure, déroulement temporel, sémantique,...) ne sont pas pratiquées en entreprise.

■ Le métier d'ingénierie système dispose de peu de modèles, et les standards sont récents.

■ Les modèles de disciplines sont bien développés dans les entreprises mais conduisent à un morcellement de la vision de l'objet modélisé.

→ Transformation des modèles.

Thème 3 : Le modèle pour guide.

■ MBSE = ensemble des processus d'ingénierie système supporté par des techniques de modélisation.

→ Méta-modèle d'ingénierie

■ La référence n'est plus le document mais le ou les modèles.

■ Le MBSE doit être l'intégration verticale (du niveau système vers les disciplines) et horizontale (entre disciplines) de tous les modèles.

Les perspectives :

■ Problèmes actuels à maîtriser :

- le savoir-faire du modéleur (compréhension commune, méthode,...),
- l'exploitation du modèle à travers les métiers, dans le temps,
- la fluidité des échanges (entre disciplines, outils, entreprises,...),
- la résistance au changement, manque de formateurs aux techniques.

■ Bénéfices :

■ capitalisation du savoir et du savoir-faire (bonnes pratiques, design patterns, pièges classiques),

■ réduction des risques par validation par les modèles très en amont,

■ communication facilitée entre tous les intervenants,

■ l'outillage permet des vérifications de cohérence,

■ l'outillage permet une automatisation des méthodes.

Atelier 4 : Intégration, interopérabilité et systèmes ouverts : du composant spécifique au composant sur étagère.

L'objectif de l'atelier était de cerner la place de l'interopérabilité en IS. Les débats ont été structurés autour de différentes facettes de l'intégration :

Influence sur la démarche de conception

■ Gestion de configuration et réutilisation de composants

Origine du problème :

■ Problématique de l'intégration par rapport aux activités de maintenance et de soutien (MCO-SLI).

■ Conception distribuée (firmes réseaux – co-traitance – sous-traitance ...).

La complexité allant, il faut intégrer des composants intermédiaires pour créer des connexions avec les systèmes (notamment dans les SI).

■ Place de l'interopérabilité versus l'intégration ?

L'interopérabilité formule nativement un problème d'intégration de composants hétérogènes.

Nouvelles formes d'architecture

■ Notion d'architecture d'entreprises distribuées (systèmes socio techniques).

■ Origine : développement des clusters d'entreprises – travail en entreprise étendue – firme réseaux systèmes d'entreprises.

■ Définition : l'interopérabilité est considérée comme significative si les interactions peuvent avoir lieu à trois niveaux : données, services et processus, avec une sémantique définie dans un contexte donné.

■ De la non prise en compte dans les modèles d'architecture des caractéristiques non fonctionnelles ?

■ Il y a une partition entre partie publique et partie privée sur les trois niveaux (sécurité).

■ Il y a un système de systèmes qui contient un système médiateur en charge du processus collaboratif, de la gestion des liens applicatifs et des transmissions de messages. Ce système assure la Qualité de Service.

Influence des référentiels (normes, pratiques)

■ Origine :

■ Les normes sont incontournables, elles facilitent l'intégration notamment en ce qui concerne les interfaces entre les composants, mais ne sont pas nécessairement suffisamment couvrantes pour assurer une mise en œuvre réussie.

■ Les travaux normatifs sont peu lisibles pour les PME ce qui empêche d'avoir une attitude proactive (enjeux stratégique création de barrière à l'entrée des marchés) et d'anticiper.

■ Place des normes dans le développement de l'interopérabilité :

■ Besoin de développer des guides d'application et de mise en œuvre.

- Utilisation des prescriptions sous plusieurs formes suivant que l'approche de l'interopérabilité est intégrée, unifiée ou fédérée (ISO 14258).

- Usage des normes :
 - Unifié – Statique.
 - Fédéré – Dynamique.

Nature et emploi des modèles

- Origine :
 - Utilisation intense des modèles à différents niveaux de l'architecture.
 - Utilisation de la connaissance pour réduire l'hétérogénéité sur le champ sémantique.
 - Utilisation de l'ingénierie dirigée par les modèles.
- Quels sont les types de modèles concernés par la conception et l'exploitation de l'interopérabilité des systèmes et quelle est la finalité d'emploi et d'utilisation ?
 - Plusieurs type de modèle : modèle d'entreprise, de processus collaboratif (workflow), modèle de SI (souvent orienté service), modèle de données.
 - Les modèles qui décrivent les organisations complètent chacun de ces types de modèles.
- Le management est-il inclus dans l'espace des représentations ?
 - Oui il existe des tentatives mais dans une hypothèse de rationalité qui limite la portée.

Nouveaux métiers attendus des modèles économiques sous jacents

- Origine :
 - Profil d'intégrateur dans les référentiels métiers est restreint.
 - Constat de la difficulté de recruter.
 - Manque de lisibilité dans l'exercice des métiers et des compétences de base.
- L'interopérabilité soulève-t-elle de nouveaux besoins de métiers ?
 - La roadmap de la Commission Européenne a proposé un modèle économique qui fait émerger le concept de fournisseur de services en interopérabilité (délégation de la conception et de l'exploitation de systèmes médiateurs)
 - Les approches orientées services dans les SI sont prédominantes et travaillent sur des composants intermédiaires qui sont appelés des utilitaires de service en interopérabilité.
- Les fonctionnalités fournies par ces utilitaires de services peuvent être résumées par :
 - Coordinateur (processus).
 - Entremetteur (service).
 - Traducteur (données).

Perspectives de travail

Tenir compte de la montée en puissance des ontologies et des approches orientées service vues comme des formes de COTS présentant l'avantage d'être plus accessibles (prix et disponibilité).

- Emergence de nouveaux métiers : promotion de celui d'intégrateur et anticipation sur la montée des autres (Fournisseur de Service en Interopérabilité).
- Intérêt de travailler sur les caractéristiques non fonctionnelles pour aider la prise de décision entre intégration et interopérabilité.

Atelier 5 : Équilibrage des performances, risques et coûts sur les cycles de vie longs lors des études d'ingénierie.

La **problématique** est de répondre à l'objectif de la maîtrise des systèmes à cycle de vie longs avec une évolution des exigences inévitable, mais peu prédictible.

L'atelier a réfléchi sur les **caractéristiques d'un cycle de vie long** :

- plusieurs fois plus grand que les cycles des besoins et performances, des technologies, des sous-systèmes, des organisations (stabilité des MOA, MOE, soutien ...)
- rapport entre la valeur patrimoniale et le coût de l'évolution (comment assurer la nouvelle fonction sans perdre ce qui a été développé auparavant ? quel seuil pour décider du retrait ?)
- cycles "artificiellement" longs : des systèmes maintenus trop longtemps en raison d'un blocage ou résistance à l'évolution (est-ce que les opérationnels, maintenanciers ... suivront l'évolution ?)

Puis il **a structuré sa réflexion** par rapport :

- Aux processus amont liés au développement système jusqu'à mise en service :
 - Gestion des incertitudes et des risques.
 - Traçabilité des logiques des décisions.
- Aux processus aval liés à la vie du système :
 - Modélisation des environnements.
 - Suivi des évolutions et des risques.
- Aux processus transversaux liés au management du cycle de vie :
 - Pérennité des organisations.
 - Pérennité des modèles, du REX, ...

Au-delà **de recommandations évidentes dès l'analyse des besoins** :

- implication de l'utilisateur final le plus tôt possible,
- gestion de vues différentes (parties prenantes) : Identification des besoins, réalisation des compromis, arbitrages,
- Traçabilité, gestion de configuration : essentielles,

... l'atelier a ouvert un certain nombre de **pistes** :

Piste 1 : Analyse des besoins

- Disposer de justification des besoins (un DJD existe mais pas de "DJB" ...), et de traçabilité des décisions concernant les hypothèses.
- Améliorer la gestion de l'incertitude :
 - A chaque niveau de décision, des types d'incertitudes différents liés :
 - à des hypothèses de besoins et de leur évolution (pour la définition des exigences),
 - à des choix de solutions techniques plus ou moins innovantes (pour le choix de concept, la définition des architectures) ...
- Comment répondre à des besoins que l'on ne sait pas dimensionner sur l'ensemble du cycle de vie ?
 - Dialogie entre l'efficacité et l'évolutivité : capacité d'anticipation et prise de risques.

Piste 2 : Approche modulaire

- Identification d'une architecture de systèmes avec socles paramétrables, des modules qui permettent des évolutions, des composants avec des cycles de vie différents (stabilité de l'architecture logique) :

- difficulté d'identifier un cœur stable (noyau dur) et des composants potentiellement "jetables" (évolution ou disparition de la fonction),
- alignement de l'architecture avec les processus de l'utilisateur (exemple : système de systèmes d'information : conception de l'usage en même temps que celle des évolutions des utilisateurs et de l'environnement = résilience ou au mieux adaptabilité du système)..

Piste 3 : Pérennité des structures, organisations et des acteurs

- Les responsabilités sont stables mais peuvent être transférées (les organigrammes ... changent) : processus de management de la MOA au long du cycle de vie sur les responsabilités et non sur les organisations et acteurs.

Piste 4 : Pérennité des modèles

- Ce qui est fait :
 - modèles fonctionnels / physiques qui servent à la MOE pour justifier ses choix et gérer la configuration.
- Ce qu'il faudrait :
 - des modèles de ou des environnements (pour anticiper et suivre les évolutions et leur niveau d'impact sur le système),
 - les modèles du système pour comprendre l'impact des évolutions et suivre les obsolescences technologiques.

Piste 5 : Aspect organisationnel

- Clarifier les responsabilités "stables" de management pour le cycle de vie aux différents niveaux (politique, MOA, MOE, ...).
- Elaborer des modèles de répartition et des risques associés.

Piste 6 : Retour d'expériences

- sur les choix technologiques :
 - quelle efficacité sur des systèmes à cycle long quand les technologies évoluent fortement ?
- sur les besoins et l'environnement :
 - intérêt du suivi des hypothèses et des décisions prises sur les besoins / traçabilité des exigences pour l'amélioration des processus de genèse et maîtrise de besoins.

Atelier 6 : L'expression des besoins : recherches et applications industrielles

L'atelier a été **introduit** par

- une introduction à l'ingénierie des exigences par les buts,
- une présentation des concepts et d'applications industrielles de KAOS et Objectiver,
- des présentations des projets de recherche : Daust, Deploy et Kimono.

Le travail a porté sur **deux questionnements** :

- Concernant le modèle de buts:
 - Les buts permettent-ils de lier niveaux stratégiques, besoins et exigences ?
 - Permettent-ils de tenir compte des différents points de vue (utilisateur + client + industriel) ?
 - Seront-ils adaptés aux SdS ?
- Concernant les méthodes, techniques et outils :
 - Elicitation : comment fait-on naître les premiers buts ? L'expression première reste-t-elle classique ? L'efficacité dépend-elle moins de la MOA ?
 - Aide à la décision: dichotomie entre les buts qui font l'objet de décision et ceux qui servent de critère.

- Traçabilité: intégration des exigences/buts dans les ateliers de génie logiciel et ateliers d'ingénierie système.

Les **perspectives de travail** proposées concernent :

- coté industriel :
 - Intégration aux AGS/AGL (par exemple projet Kimono).
 - Définir les nouvelles problématiques et les nouveaux usages possibles (en V&V, pour la formation, pour tracer la documentation de l'architecture).
 - Promotion et partage des retours d'expérience.
- coté R&D :
 - Variabilité: nouveaux formalismes, vérification, validation, configuration.
 - Alignement: interopérabilité, complexité, métriques.
 - Sémantique: formalisation psycho-cognitive, modélisation mathématique, ontologies.

Atelier 7 : Les variantes de l'IS au-delà de l'ISDM et de l'ingénierie dirigée par les processus.

L'atelier s'est posé la question de la nécessité et de la suffisance des approches par les processus et par les modèles ainsi que du problème émergent de leur intégration. Les approches alternatives ont surtout porté sur l'opportunité d'introduire des méthodes de type agile en IS.

L'approche guidée par les processus sous forme d'activités fédérées et formalisées

- apparaît comme nécessaire :
 - renouvellement des équipes, transfert de savoir,
 - guide minimum pour comprendre et appliquer.
- mais n'est pas suffisante :
 - risque de routine, de frein à l'innovation.

→ amène à une réflexion complémentaire sur les modèles.

L'approche guidée par les modèles

- apparaît comme nécessaire :
 - différentes représentations du système : besoin, caractéristiques (exigences), architecture logique, architecture physique,
 - l'approche objet (potentiellement) intéressante pour certains types de système et non contradictoire a fait l'objet de discussions (discret vs continu).
- mais ne présente-t-elle pas des insuffisances :
 - adéquation d'UML ?, de SysML ?
 - bien maîtrisée par les discipline (transformation vers réalisation), l'est-elle pour les systèmes hétérogènes ? La multidisciplinarité ?
 - problématique d'intégration des modèles.

→ amène au besoin d'un meta-modèle de l'IS ?

L'intégration des deux approches, processus et modèles

- très positive sous réserve :
 - d'un « bon dosage » entre processus et modèles,
 - de l'introduction du liant nécessaire entre processus et modèles.
- mais il faut aussi :
 - du talent (ce qu'est un « bon » ingénieur système), la qualification des individus,
 - la capacité d'innovation, de ruptures, ...

- la maîtrise du travail en équipe versus le travail individuel,
- l'aspect multiculturel,
- l'équilibre entre créatif et structuré,
- la valorisation du patrimoine.

La discussion sur les approches complémentaires ou alternatives a conduit **aux pistes et perspectives de travail** suivantes :

- Développement de patrons (motifs) au niveau ingénierie système, analogue à ce qui est fait dans certaines disciplines :
 - les formaliser, les cataloguer,
 - les (faire) apprendre.
- Une ingénierie système agile ? Avec ses domaines d'application (réponse à appel d'offre, PME, crise...) :
 - Recensement des expériences et pratiques actuelles.
 - Vers un manifeste d'une IS agile (analogue à celui du génie logiciel agile) ?

Atelier 8 : Vérification et Validation système

L'atelier s'est proposé de positionner le problème en cherchant à définir le périmètre de la V&V système, puis d'en analyser les pratiques actuelles et les manques.

Le positionnement du problème

- Caractéristiques de la V&V des résultats d'ingénierie / V&V des constituants du système :
 - V&V sur les comportements normaux et anormaux du système.
 - Aspect cumulatif de la V&V.

- La V&V peut s'appliquer à des systèmes techniques et à des systèmes organisationnels.

■ Au sujet des définitions : Consensus sur les définitions globales : Vérification = fait-on bien ? Validation = fait-on le bon ?, mais des compléments essentiels :

- Validation : rôle de censeur ; vérification : pour l'amélioration.
- Validation vis-à-vis de l'amont (exigences), validation vis-à-vis de l'aval (faisabilité).

Bonnes pratiques et manques

- Modèles de cycle de vie :
 - La V&V ne doit pas être placée en fin de cycle.
 - L'ingénierie de la V&V doit être menée en parallèle avec l'ingénierie du système (message à faire passer en formation).
- Périmètre du domaine d'emploi par rapport à la V&V :
 - Prise en compte du déploiement, en particulier pour les organisations.
- Permutation entre concepteurs et « V&V-acteurs ».
- Nécessaire rigueur des « V&V-acteurs ».

Perspectives de travail

- Couplage ingénierie dirigée par les modèles et V&V.
- Perception d'un manque de modèles de niveau système, rendant impossible la V&V sur les modèles.
- Discontinuité sémantique entre les modèles (niveau système, multi-technologies) : à combler.
 - Passerelles basées sur des méta-modèles.

Meilleure prise en considération des aspects dysfonctionnels lors de la conception.