

RETOUR D'EXPERIENCE DU DEPLOIEMENT OUTILLE DE L'INGENIERIE SYSTEME

| Synthèse

Le déploiement de l'ingénierie système sur les projets complexes impliquant de nombreux acteurs nécessite d'être supporté par une infrastructure informatique adaptée. Si cette digitalisation améliore la qualité et l'efficacité des processus en particulier, les outils présentent des limites qu'il faut anticiper d'un point de vue métier. Des adaptations sont aussi recherchées d'un point de vue métier sans être forcément liées aux limites des outils. La synthèse du Cercle CESAM présentée ici se penche sur les principales activités d'ingénierie système, partage des points d'attention et bonnes pratiques associées, et recense quelques outils utilisés par les entreprises qui y ont contribué.

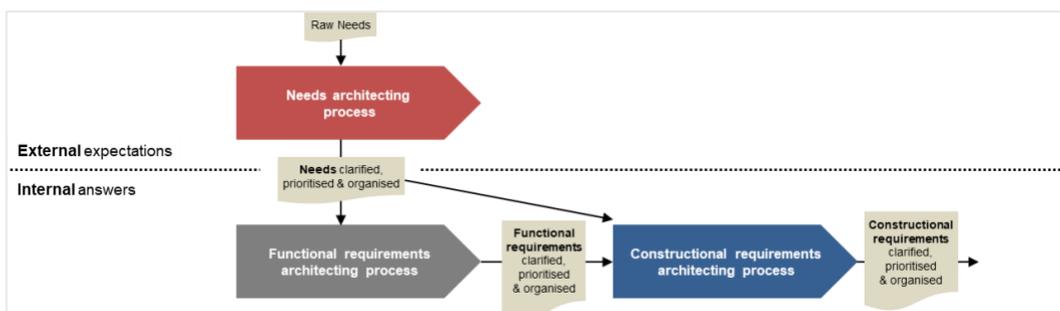
► Management des besoins

Avant toute esquisse d'un système, l'identification des besoins permet de positionner l'entreprise par rapport à la création de valeur et s'appuie en particulier sur des cartographies des systèmes externes prenantes et des fonctionnalités attendues, ou des scénarios dans lesquelles elles impliquent le système d'intérêt dans ses différents états. Ces supports constituent des filtres pour que chacun puisse analyser les besoins et les risques associés (notions de FHA), et ne se dispersent pas.

Cet exercice est complexe et il existe une réelle difficulté à chiffrer les besoins. Leur capture peut être facilitée grâce à la mise en place d'un fonctionnement itératif autour de deux phases : celle de l'écoute active, suivie par celle de la reformalisation et de l'architecture du besoin. Des analyses marketing ou de normes peuvent permettre de créer ou compléter le besoin exprimé selon les typologies du marché.

La maturité des besoins évoluant progressivement, des mécanismes de gestion des évolutions et des configurations sont des atouts clés lors de ces phases projet.

Enfin de manière générale, il n'y a pas de difficulté liée à l'outil, mais il y a plutôt un souhait d'homogénéiser les formalismes "entrants" qui peuvent présenter de réelles différences.



[Figure 1 : Vision d'ensemble du processus d'architecture des besoins et exigences]

► **Spécification**

Le lien entre les activités de spécification et d'architecture se renforce de plus en plus via l'adoption du MBSE. Le travail simultané et itératif permet d'assurer une déclinaison au plus juste des exigences, de générer plus ou moins automatiquement des scénarios, et bénéficie grandement aux analyses d'impacts à condition que les données soient partagées et associées de part et d'autre.

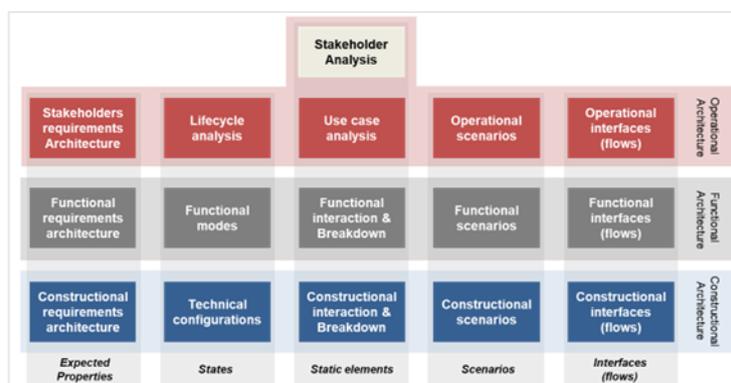
La gestion de l'évolutivité de la spécification doit être particulièrement rigoureuse dans ce contexte de développement incrémental, permettant alors de formaliser plus précisément les deltas d'évolutions et les impacts collatéraux. Ce dispositif est en particulier nécessaire dans le cadre d'une stratégie de capitalisation et de réutilisation d'architectures et de spécifications standardisées, et des éventuels paramétrages d'exigences, par plusieurs projets.

La professionnalisation de l'ingénierie des exigences doit garantir par ailleurs la mise à disposition des données à toutes les parties prenantes à travers des générations de documentation adaptées à chaque besoin.

Enfin, la capacité de collaboration sur les exigences, les interactions avec la chaîne outillée, dont le PLM, et la capacité de personnalisation de l'outil peuvent être des critères de choix entre certaines solutions logicielles.

► **Architecture / Trade Off**

La meilleure connaissance des besoins des parties prenantes permet de conduire l'analyse d'architecture plus sereinement. L'espace de solutions peut rester assez large en phase amont mais les architectures des alternatives, et notamment leurs interfaces, sont plus facilement formalisables. L'exploration de cet espace peut être effectuée avec des méthodes conventionnelles ou non, et s'appuyer sur un fonctionnement par baseline technique autour de laquelle les variabilités envisageables sont plus simples à formuler et gérer.



[Figure 2 : Exemple du cadre d'architecture CESAM]

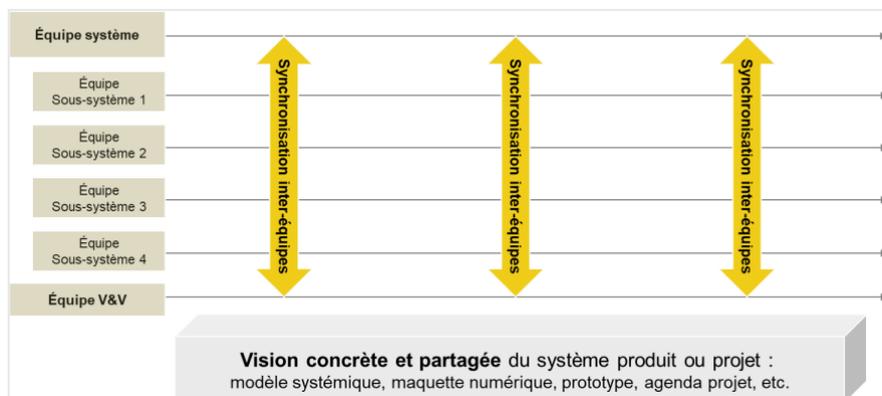
La comparaison des solutions d'architecture nécessite une méthode de prise de décision rigoureuse et collaborative, à travers laquelle les critères de choix sont clairement explicités aux acteurs impliqués. La visualisation des architectures et des performances associées de chaque solution est recommandée, avant de procéder à la définition et validation des critères de choix et des poids associés. Ces critères doivent permettre de comparer les solutions sur tout le cycle de vie, via notamment la dimension RSE qui est de plus en plus prise en compte dans les démarches de tradeoff.

Il peut être judicieux d'établir un arbre de choix après la démarche pour être capable de revenir sur les alternatives en cas d'infaisabilité ou de souhait d'évolution (optimisation de la performance dans le temps par exemple), infaisabilité pouvant être anticipée à l'occasion des analyses de risques propres aux grilles de Readiness Level (TRL, IRL, SRL).

► **Modélisation et simulations métier**

Les modèles constituent des assets d'engineering permettant de mieux formaliser et de consolider plus rapidement les spécifications pour assurer une meilleure communication au sein des parties prenantes du développement, avant de mener des essais parfois coûteux. De nouveau, les besoins du projet doivent être clarifiés ainsi que les risques à atténuer.

Établir et maintenir les liens avec les exigences et architectures est aussi recommandé pour faciliter la mise en cohérence des modèles métiers entre eux, la traçabilité peut être établie entre les modèles dans un premier temps, et peut s'envisager ensuite entre les objets des modèles directement.



[Figure 3 : Travail simultané et itératif entre les parties prenantes du projet]

Ces liens permettent aussi de coupler des modèles et de réaliser des simulations plus interactives (non uniquement causales). Une architecture d'ensemble des modèles devient primordiale pour les faire évoluer progressivement vers un jumeau numérique toujours plus représentatif.

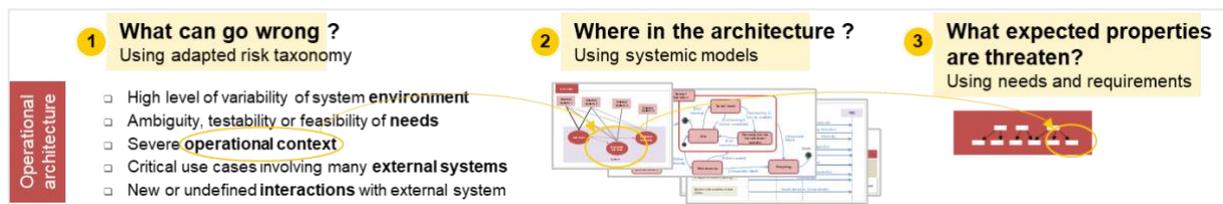
► Intégration & tests du système

La définition du minimum à vérifier est l'enjeu généralement rencontré ; la stratégie doit dépendre des contraintes du projet, et des principaux risques à minimiser. L'identification des risques est en elle-même un enjeu correspondant à la capacité à anticiper les comportements "dérivés", "émergent" selon l'INCOSE, ou "involontaires" selon l'ARP.

Le maintien des liens entre l'architecture, les exigences, les plans de tests, et son exécution permettent de minimiser progressivement les risques et capitaliser sur l'expérience acquise lors de l'intégration et des essais, en vue d'une possible réutilisation en particulier. Les stratégies d'intégration peuvent s'appuyer en premier lieu sur des essais de pré-intégration, puis sur des simulations des interfaces externes des premiers assemblages, sur des intégrations 2 à 2, et enfin sur des intégrations en iso-prod, permettant de corréler les modèles aux essais par la même occasion. Il faut veiller dans ce contexte itératif à définir minutieusement le périmètre par configuration de test afin de faciliter notamment les boucles de redesign.

► Gestion des risques du projet

Les risques suivis par les projets peuvent être liés aux fonctions émergentes, aux technologies émergentes (IA, ...), aux usages émergents (détournement de fonctions, ...), ou aux perceptions émergentes. L'utilisation de l'architecture est alors judicieuse pour se donner plus de chances de les identifier.



[Figure 4 : Exemple de checklist combinée avec les modèles du système pour identifier les risques]

La multiplication des risques à suivre par le projet nécessite de prioriser les sujets ; une stratégie d'entreprise claire sur la sélection des risques, la cotation de l'occurrence et de l'impact, complétée par la classification par phénomènes simples, compliqués, complexes et chaotiques, sont préconisées pour donner des critères objectifs et partagés permettant de comparer les risques techniques, projet et d'entreprise pour tous les métiers.

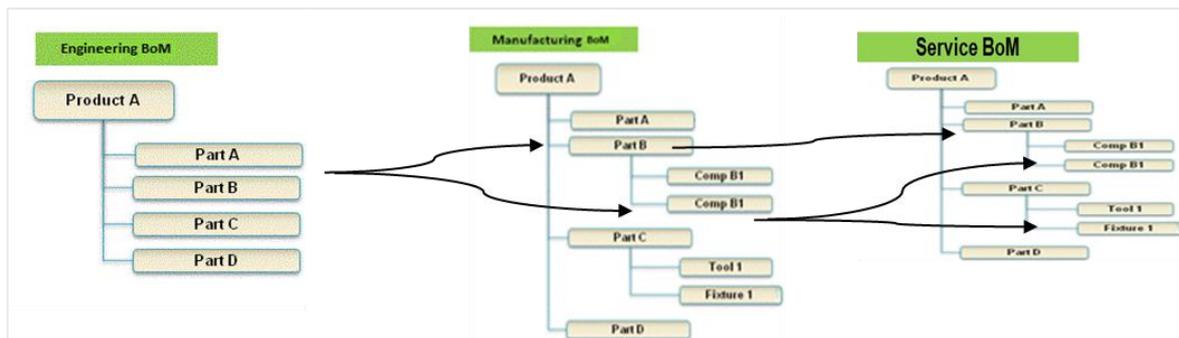
Le traitement des risques peut s'appuyer ensuite sur le contournement, la tolérance, la redondance ou la provision (assurance), et un suivi régulier doit être intégré aux rituels existants afin de s'assurer de leur mitigation progressive. L'ensemble est à bien formaliser pour éviter une accumulation de provision comme la multiplication des facteurs de sécurité amenant à des surdimensionnements significatifs. L'enjeu est donc de le faire vivre au quotidien, et pas simplement à l'occasion des revues des grilles de Readiness Level ou des jalons programme et des plans de montée en maturité associés.

► Configuration Management

Nécessaire à toute définition de processus, la clarification des besoins associés est particulièrement importante dans le cas de la gestion de configuration afin d'engager les acteurs projets dans le dispositif et de leur faire comprendre les enjeux associés. Les systèmes multiphysiques étant de plus sujets à des incohérences entre les sous-ensembles de natures différentes, il y a un réel enjeu d'acculturation de toutes les équipes autour d'un mode de fonctionnement plus intégré.

Les assets soumis à cette gestion de configuration doivent donc être définis aux niveaux systèmes et sous-systèmes, l'architecture du produit est donc un élément clé pour générer l'eBOM et structurer efficacement le dispositif, eBOM que les métiers en charge de la réalisation des sous ensemble viendront remplir au fur et à mesure de l'avancement du projet. Le besoin de cohérence sur l'ensemble du cycle de vie étant d'autant plus nécessaire pour ces systèmes complexes, il est recommandé que le périmètre de la gestion de configuration englobe aussi tous les modèles métiers contributeurs au développement, à la définition des moyens de V&V, ou aux études d'industrialisation. Les assets gérés par les métiers des achats et de la qualité peuvent aussi être considérés dans le dispositif.

Le processus de gestion de configuration est défini en fonction des phases du projet avec un dispositif progressivement plus strict et complet, recherchant l'équilibre entre sous-qualité et sur-qualité. Le fonctionnement et les rôles et responsabilités doivent par ailleurs rester compréhensibles et accessibles de tous, alors que cette activité est fréquemment le parent pauvre des projets. Un dispositif complémentaire peut être aussi envisagé pour gérer les assets du projet qui ne partagent pas le même cycle de vie.



[Figure 5 : Mécanismes de transition entre les BOM]

Une bonne gestion en configuration représente aussi une opportunité lors des analyses d'impact et permet de capitaliser plus efficacement les raisons associées aux modifications. Le déploiement de lignes de produits est aussi intimement lié à la capacité à gérer les briques communes et les produits instanciés dans un modèle de gestion de configuration commun.

► Gestion des modifications

L'activation de la gestion des modifications est un enjeu caractéristique de l'activité alors que la liste de modifications potentielles s'allonge et que le risque de plus faible capitalisation des modifications grandit, l'analyse d'impacts des modifications à tracer doit être alors efficacement menée en s'appuyant notamment sur une capacité de visualisation de la propagation des impacts des modifications.

Bien que le périmètre géré en changement et le T0 du suivi des modifications doivent être cadré par le projet, le processus de gestion des modifications peut être aussi ajusté progressivement aux périmètres d'impact afin de prévenir la sur-qualité, il peut y avoir aussi plusieurs processus avec des liens entre eux (As Required, As Designed, As Planned).

De nouveau, il est recommandé de s'appuyer sur un fonctionnement et un outil commun entre les différents métiers pour plus de cohérence lors des modifications transverses.

► Exemples d'infrastructures utilisables

Le tableau suivant fournit une liste non-exhaustive d'infrastructures utilisées par les entreprises participant au Cercle pour supporter les activités d'ingénierie système précédemment décrites :

Fonctionnalités	Outils
Espace virtuel immersif permettant d'afficher plusieurs modèles	<ul style="list-style-type: none">▪ SkyReal Gaia
Modéleur d'architecture	<ul style="list-style-type: none">▪ IBM Rhapsody▪ 3D Experience Catia Magic▪ Capella▪ Visio / Excel / Powerpoint▪ Xatis
Gestion de besoins et d'exigences	<ul style="list-style-type: none">▪ IBM Doors▪ IBM Doors Next Gen▪ Confluence (outil intégré mais qui ne supporte pas la modélisation d'architecture)▪ Jira + add on requirements (R4J)▪ Jama (pour travailler collaborativement sur les exigences)▪ Siemens Polarion▪ PureVariant
Gestion du cycle de vie	<ul style="list-style-type: none">▪ 3Dx▪ IBM Jazz▪ Siemens Teamcenter▪ System Engineering Studio
Modélisation et simulation de performances	<ul style="list-style-type: none">▪ 3Dx Dymola▪ 3Dx Catia▪ Matlab & Simulink
Gestion du projet	<ul style="list-style-type: none">▪ Jira▪ Tuleap

Conclusion

Le retour d'expérience du Cercle sur des outils d'ingénierie système a finalement plutôt porté sur les bonnes pratiques métier – ce qui est plutôt vertueux, l'outil ne pouvant rien face à un manque de méthode ou de rigueur –, et les outils n'étant là qu'à titre d'exemples. Les outils s'améliorent mais ils ne sont pas encore à la cible pour que l'utilisateur ne se focalise que sur le métier et le projet.

A propos du Cercle CESAM

Le Cercle CESAM est un groupe de travail sur l'ingénierie système qui réunit des industriels (Airbus, ArianeGroup, Cailabs, Daher, DGA, EODev, Idemia, IN Groupe, ITER, MaiaSpace, Sagemcom, Safran, Somfy, Stellantis) dans le but d'échanger leurs bonnes pratiques et de réfléchir collectivement à des sujets d'intérêt qui sont le quotidien de ses membres. Il publie régulièrement des "Position Papers" afin de partager largement ses réflexions avec les ingénieurs et architectes systèmes de tous les secteurs.

Membres du Cercle qui ont contribué à cette publication :

Anthony Ferrer, System Architect (MBSE), SAGEMCOM

Christophe Cholet, Director Of System Engineering, IN GROUPE

David Augendre, Architecte système, STELLANTIS

Emmanuel Hiron, Ingénieur Systèmes, ARIANEGROUP

Fabien Girault, Responsable R&T system, DAHER

Hélène Adda, Architecte système, MAIASPACE

Jean-Marc Cherel, Chief Engineer, IDEMIA

Jérôme Gui, Architecte Système Principal Leader, CESAMES

Kamal Kameche, Head of System Engineering Solutions, ARIANEGROUP

Matthieu Meunier, Architecte système, CAILABS

Nicolas Gueit, Model-Based Systems Engineering Framework Referent, SAFRAN LANDING SYSTEMS

Pierre Colin, Physical and Functional Integration division Head, ITER

Rahid Djafri, System Architecte (MBSE), SAGEMCOM

Regis Vincent, Systems Engineering Senior Expert/Lean Sigma Manager, SAFRAN HELICOPTER ENGINES
nc, Chief System Architect, SOMFY

Vincent Gillet, Expert ingénierie système, DGA

Yann Cudey, Architecte Système Principal, CESAMES

Yann Darmaillac, Director of Engineering, EODev

Rédacteur du document : **Jérôme Gui**, Architecte Système Principal Leader, CESAMES

Copyright

Ce travail est soumis au droit d'auteur. Tous les droits sont réservés à C.E.S.A.M.E.S. Groupe, qu'il s'agisse de tout ou partie du matériel, notamment les droits de traduction, de réimpression, de réutilisation des illustrations, de récitation, de diffusion, de reproduction sur microfilms ou de toute autre manière matérielle, de transmission ou de stockage et récupération, adaptation électronique, logiciel informatique, ou par une méthodologie similaire ou différente actuellement connue ou développée ultérieurement.

L'utilisation de noms descriptifs généraux, de noms déposés, de marques de commerce, de marques de service, etc. dans cette publication n'implique pas, même en l'absence d'une mention spécifique, que ces noms sont exemptés des lois et règlements de protection pertinents et donc libres d'utilisation générale.

Les autorisations peuvent être demandées directement auprès de CESAM Community.

Publisher

CESAM Community est gérée par C.E.S.A.M.E.S Groupe

10 rue de Penthièvre – 75008 Paris – France

Responsable de publication : Christophe Tilmont

email: contact@cesam.community