



Ingénierie des systèmes – la base du succès en matière de développement de systèmes complexes.

Hans-Peter Hoffmann, Responsable de la méthodologie systèmes, Logiciels Rational, IBM Software Group

Chris Sibbald, Chef de produit, Logiciels Rational, IBM Software Group

Jonathon Chard, Responsable du marketing Systèmes, Logiciels Rational, IBM Software Group

Sommaire

- 2 Synthèse**
- 2 *Présentation des failles des approches traditionnelles en matière d'ingénierie des systèmes***
- 4 *Optimisation de l'ingénierie des systèmes : principales approches***
- 10 *Les avantages d'un paradigme basé sur les modèles***
- 11 *Solutions IBM Rational pour l'ingénierie des systèmes : meilleures pratiques***

Synthèse

Les systèmes complexes nécessitent un déploiement optimal, sans dépassement de budget, affichant le niveau de qualité requis. Mais une conception, aussi détaillée soit-elle, ne peut pas compenser une architecture système défectueuse. L'ingénierie des systèmes n'est pas seulement une activité technique s'inscrivant dans le cycle de vie des produits : elle a pour but l'identification de la viabilité commerciale du projet dans son ensemble. C'est une activité exigeante, avec différents niveaux de liberté de choix. Comment pouvez-vous être certain que vous avez évalué toutes les options, et que vous avez choisi la meilleure ? Le présent livre blanc traite des techniques clés permettant d'optimiser le processus d'ingénierie des systèmes et d'assurer le succès des projets. Il décrit les avantages de ces différentes techniques et les relie aux solutions IBM Rational® correspondantes.

Présentation des failles des approches traditionnelles en matière d'ingénierie des systèmes

L'ingénierie des systèmes (qui consiste à spécifier clairement les fonctionnalités, à déterminer l'emplacement de ces fonctionnalités dans le système et les interfaces requises) représente par définition une activité complexe, impliquant de nombreux acteurs et une multitude d'informations à prendre en considération. Et comme si la forte pression visant à optimiser l'efficacité du développement de systèmes tout en disposant de budgets serrés n'était pas suffisante, la concurrence oblige les entreprises à accélérer en permanence le développement de ses systèmes et à les rendre de plus en plus sophistiqués.

Les clients espèrent que les produits achetés leur offriront des fonctions innovantes, qu'ils pourront adapter à leurs besoins spécifiques et grâce auxquelles ils pourront interagir avec les utilisateurs et avec d'autres produits et systèmes. Au sein de ces nouveaux produits et systèmes, plus intelligents, les logiciels sont étroitement liés aux technologies mécaniques, microélectroniques et de détection ; ils sont souvent liés à d'autres systèmes également. Le comportement de ces systèmes intelligents, instrumentés et interconnectés ne résulte pas uniquement des interactions entre de nombreux composants, mais repose également sur certains composants qui dépassent le cadre d'une entreprise de développement spécifique. Par exemple, cela peut être le cas d'un système automobile incluant une pièce capable d'interagir avec un système GPS, un téléphone mobile et avec des systèmes de sécurité et de traction.

Points clés

De nombreuses équipes distinctes participent aux processus d'ingénierie des systèmes ; cette situation peut entraîner des problèmes d'intégration et une augmentation des risques lors du déroulement de projets.

Dans ce type de système doté de fonctions très riches, plusieurs entreprises de développement sont impliquées ; les différents composants sont regroupés afin de créer le système global. Or, cela induit des problèmes techniques énormes.

Dans la plupart des entreprises, différentes équipes isolées participent à l'ingénierie des systèmes, et utilisent bien souvent des processus et des outils séparés, manquant de cohérence. La qualité des produits est souvent affectée par les problèmes d'intégration qui en résultent. Au niveau de la conduite de projets, le risque est donc élevé et augmente en cas d'intégration d'autres entreprises ou consortiums.

Dans ce contexte, les approches centrées autour des documents ne font qu'aggraver les problèmes rencontrés. En effet, les documents utilisés, lorsqu'ils sont correctement structurés, permettent d'assurer une bonne traçabilité et de formaliser les spécifications d'interface. Mais ils peuvent s'avérer inefficaces lors de l'analyse et de la compréhension de l'architecture et des comportements système : tandis que le texte est le support privilégié d'échange à des fins contractuelles, il n'est pas approprié lorsqu'il s'agit de décrire des concepts fonctionnels complexes. Il ne permet pas d'obtenir les abstractions utilisées par les différents acteurs du projet et par les développeurs pour la compréhension du système en développement.

Points clés

L'objectif final de tout projet d'ingénierie des systèmes consiste à créer des systèmes concurrentiels, prévisibles, rentables et conformes.

L'ingénierie des systèmes basée sur les modèles s'avère être l'une des meilleures méthodes en matière d'augmentation de la productivité et de la qualité.

Optimisation de l'ingénierie des systèmes : principales approches

Ce dont nous pouvons être certains, c'est que les systèmes peuvent afficher différentes étendues et différents besoins pour différents niveaux de disponibilité, de performances et de timing, qu'ils soient embarqués (stimulateur cardiaque par exemple), complexes (avion, par exemple) ou distribués (réseau de télécommunications, par exemple). En fin de compte, les objectifs des entreprises sont similaires en termes d'ingénierie des systèmes. Ils cherchent à créer des systèmes qui présentent les caractéristiques suivantes :

- ***Prévisibilité*** —fonctionnement conforme aux spécifications, sans surprise pour les différents acteurs du projet.
- ***Compétitivité*** —offre les fonctionnalités et les performances appropriées, pour un prix approprié.
- ***Rentabilité*** —offre un retour sur investissement optimal.
- ***Conformité*** —offre une conformité vis-à-vis des réglementations gouvernementales ou industrielles.

Bien sûr, chaque entreprise ou équipe a ses propres objectifs, et toute la difficulté consiste à choisir les meilleures pratiques qui permettront d'atteindre ces objectifs, de mettre en œuvre les processus, d'évaluer la progression et d'implémenter les changements, tout en restant dans la course. Voici les recommandations d'IBM pour optimiser l'ingénierie des systèmes et la conduire au succès.

Paradigme basé sur les modèles

L'ingénierie des systèmes basée sur les modèles s'avère être l'une des meilleures méthodes en matière d'augmentation de la productivité et de la qualité. Les modèles peuvent capturer la structure du système (l'architecture) et les comportements correspondants, et l'ingénierie des systèmes basée sur les modèles permet de réduire la complexité via l'accroissement du niveau d'abstraction. Cela permet aux équipes d'afficher des modèles de systèmes selon différentes perspectives et différents niveaux de détail, tout en veillant à la cohérence globale du système.

Points clés

L'utilisation de SysML pour la modélisation permet d'améliorer la qualité grâce à la diminution du niveau d'ambiguïté et la revue des comportements dynamiques des systèmes et des capacités d'automatisation.

L'utilisation d'un langage de modélisation formalisé permet aux outils d'exécuter les modèles, afin d'obtenir des images en direct.

Le langage SysML (Systems Modeling Language) est un dialecte du langage UML (Unified Modeling Language) ; il devient petit à petit une norme communément acceptée dans le domaine de l'ingénierie des systèmes. La nature formelle des langages tels que SysML et UML permet d'améliorer la qualité, via la réduction de l'ambiguïté. En fait, les modèles peuvent désormais afficher le comportement dynamique des systèmes (méthode de transition entre les différents modes, ou comportement global, notamment). Les langages formels prennent également en charge les capacités d'automatisation (exécution de modèles en vue de la vérification du comportement système). Par ailleurs, la documentation peut désormais être créée sous forme automatisée (activité de modélisation) et non plus en tant qu'activité distincte. La combinaison de ces activités permet de réduire le nombre d'erreurs et d'incohérences associé au regroupement et à la transcription des informations ; elle fait également gagner du temps.

Exécution de modèles

Sur un plan historique, la principale utilisation de la modélisation dans le domaine de l'ingénierie des systèmes a toujours été la capture des conceptions en mode graphique, et cela s'arrêtait là jusqu'à présent. Mais l'utilisation d'un langage de modélisation formalisé permet désormais de prendre en charge l'exécution de modèles. En d'autres termes, c'est un peu comme la différence entre une image figée et un film en direct. Grâce à l'automatisation de ce processus, les exigences peuvent être vérifiées (exhaustivité et exactitude), ce qui améliore la qualité du système livré.

Utilisation d'un workflow de meilleures pratiques

L'adaptation du paradigme basé sur les modèles à l'ingénierie des systèmes permet de rationaliser et d'optimiser les workflows de projets. Retenons que les principaux objectifs d'une approche d'ingénierie basée sur les modèles doit inclure les éléments suivants :

- *Identification des fonctions système requises.*
- *Identification des modes et états système associés.*
- *Conception d'une structure de sous-système avec responsabilité de conformité aux fonctions système, ainsi qu'aux modes et états associés.*

Points clés

IBM a identifié plusieurs meilleures pratiques qui jouent un rôle essentiel dans la recherche d'une ingénierie des systèmes efficace, basée sur les modèles.

Ces objectifs impliquent l'adoption d'une approche verticale, ainsi qu'un niveau élevé d'abstraction. L'objectif principal consiste à identifier et à allouer les fonctionnalités requises et à favoriser un comportement basé sur les états plutôt qu'un comportement fonctionnel. IBM a identifié plusieurs meilleures pratiques qui jouent un rôle essentiel dans la recherche d'une ingénierie des systèmes efficace, basée sur les modèles. Grâce aux meilleures pratiques, vous pouvez définir des préconditions et des postconditions, et les réutiliser ensuite. Cela permet de réaliser un mappage avec les différents workflows.

- **Analyse des exigences** —Traduction des exigences des différents acteurs en exigences système, et création de liens de traçabilité. Les cas d'utilisation servent ensuite de méthode de regroupement des exigences fonctionnelles en ensembles liés sur un plan fonctionnel. Ces ensembles seront utilisés pour fixer des priorités parmi les analyses et les itérations de synthèse de conception. Des liens de traçabilité sont ensuite établis avec les exigences fonctionnelles, à partir des cas d'utilisation.
- **Analyse fonctionnelle système** —Traduction de chaque cas d'utilisation en modèle décrivant les exigences sous une forme graphique. Ensuite, l'exécution de modèles permet de vérifier les exigences (exhaustivité et exactitude). Cela entraîne éventuellement la modification des exigences système, et donc la création de nouvelles exigences système qui en découlent. Des liens de traçabilité sont ensuite créés entre les artefacts de modèles vérifiés et les exigences système.

Points clés

Toute activité manuelle qui fait partie intégrante du processus de développement d'un logiciel est susceptible d'être automatisée, y compris l'analyse et le déploiement de la codification.

L'automatisation des tâches de déploiement signifie que ces tâches peuvent être exécutées à d'autres périodes que celles où l'équipe de développement est disponible.

- **Synthèse de conception** — *A ce stade, les exigences fonctionnelles sont totalement formulées et validées ; l'équipe peut donc concevoir la façon dont elle va se conformer à ces exigences. La synthèse de conception se décompose en trois phases :*
 - *Analyse architecturale, menée via l'exécution d'études de marché, en tenant compte des contraintes des clients et des exigences non fonctionnelles.*
 - *Conception architecturale, avec réalisation des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles par l'architecture. En cas de modification d'une exigence, une analyse d'impact complète peut être réalisée, en s'appuyant sur la traçabilité des exigences des différents acteurs (via les artefacts de modèle architectural). Ce processus inclut les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles ; par conséquent, la traçabilité est assurée pour ces deux types d'exigences.*
 - *Conception architecturale détaillée, avec spécification des ports, des interfaces et des comportements d'état pour les blocages système, au niveau le moins élevé de la décomposition architecturale. Ensuite, la validation du modèle système peut être établie via l'exécution de l'architecture complète.*
- **Analyse et conception logicielles** — *Ces deux activités, même si elles dépassent le cadre du présent livre blanc, bénéficient également d'une approche basée sur les modèles. UML est de facto standard pour l'analyse et la conception : par conséquent, l'ingénierie des systèmes basée sur les modèles prend en charge les transmissions d'informations claires et automatisées entre les deux activités. Cela diminue fortement le nombre d'erreurs et augmente l'efficacité. Le principal artefact de la transmission entre l'ingénierie des systèmes et le développement qui s'ensuit est le modèle exécutable, qui constitue le référentiel à partir duquel les documents de spécifications sont générés (exigences matérielles et logicielles, documents de contrôle d'interface, notamment). L'étendue et le contenu des transmissions dépendent des caractéristiques du projet et de l'entreprise.*

Points clés

Pour que des équipes dispersées géographiquement puissent collaborer efficacement, il importe de standardiser et de documenter l'utilisation de l'infrastructure d'outils, des langages et des notations.

Pour assurer la gestion de l'ingénierie des systèmes entre différentes équipes, il convient également de sélectionner les outils les plus adaptés en matière de gestion des exigences et de traçabilité, de développement système et logiciel, de gestion des changements et des configurations, et d'élaboration de la documentation.

Collaboration

Au vu de l'étendue des systèmes créés par les entreprises, la collaboration est devenue un facteur essentiel de succès. En effet, les équipes sont souvent dispersées géographiquement (villes, pays, voire entreprises différentes, constituant des silos verticaux de développement). C'est pourquoi la coordination des workflows et une bonne utilisation des outils revêtent une telle importance dans la réussite des projets.

Il ne suffit plus désormais de recourir aux outils prenant en charge le langage SysML : pour que la collaboration soit efficace, vous devez standardiser et documenter l'utilisation de l'infrastructure d'outils, des langages et des notations. Implicitement, l'ingénierie des systèmes est interdisciplinaire : c'est la raison pour laquelle l'utilisation des langages doit se faire indépendamment des domaines. Il s'agit par ailleurs d'une activité complexe. Dans ce contexte, minimiser le nombre de langages permet de limiter cette complexité. En revanche, l'adoption de normes et d'instructions d'utilisation des langages et la construction de modèles peuvent fortement améliorer la collaboration et l'efficacité.

Utilisation d'outils pour soutenir l'approche adoptée

L'utilisation d'un langage de modélisation formalisé et l'exécution de modèles ne sont que quelques-uns des aspects qui favorisent une bonne conception systèmes : Les outils de gestion des exigences et de traçabilité, le développement logiciel et système, la gestion des changements et des configurations et la documentation sont également essentiels à une bonne gestion de l'ingénierie des systèmes impliquant différentes équipes. Un choix approprié d'outils génère d'importants atouts, dépassant la simple exécution.

- ***Efficacité et précision de la construction de modèles*** — Les outils peuvent être dédiés à la notation SysML/UML et à l'assurance qualité, grâce au contrôle statique de modèles, par exemple.
- ***Point de référence unique pour les informations de conception*** — Permet aux équipes réparties géographiquement d'utiliser une version unique, ce qui optimise la collaboration et réduit les problèmes liés aux versions ou aux configurations divergentes.

Points clés

L'approche basée sur les modèles décrite dans ce livre blanc a ouvert la voie de l'optimisation des mesures tout au long des projets, favorisant ainsi de meilleures prises de décisions.

- ***Traçabilité*** —Les outils permettent de s'assurer que toutes les exigences ont été respectées (analyse de couverture) ; ils simplifient par ailleurs la gestion des changements (analyse d'impact) via la liaison entre les modèles et les exigences.
- ***Processus de documentation automatisé*** —Grâce à l'automatisation, les outils appropriés sont utilisés pour accroître l'efficacité, la précision et le respect des délais lors de la génération de documentation de projet, dans le cadre des obligations contractuelles, de mise en conformité, de revues de conception et de gestion de projets.

Mesures et optimisation des prises de décisions

En constante évolution, l'approche basée sur les modèles décrite dans ce livre blanc a ouvert la voie d'une optimisation des mesures tout au long des projets. Les mesures et la méthodologie applicables sont encore en cours de définition, mais le paradigme basé sur les modèles permet d'ores et déjà de réduire les durées de développement et d'améliorer l'efficacité et la qualité, en aidant les équipes à identifier les problèmes au niveau approprié, et de les traiter avant le passage au niveau suivant. Par conséquent, les entreprises qui adoptent ce paradigme continueront à bénéficier d'autres avantages tout au long du chemin.

Points clés

Le paradigme IBM basé sur les modèles, destiné à l'ingénierie des systèmes, permet aux équipes de vérifier l'exhaustivité des modèles et de les valider via leur exécution.

Grâce à ce paradigme, toute ambiguïté peut être levée ou presque, via des tests en amont et fréquents ; il offre en outre une infrastructure de comparaison entre différentes approches.

Les avantages d'un paradigme basé sur les modèles

L'ingénierie des systèmes avec modèle peut apporter d'importantes améliorations au déroulement de vos projets. Jusqu'à présent, dans ce domaine, la modélisation impliquait la capture de modèles graphiques statiques de systèmes, comme des images. Via l'exécution de modèles, le paradigme IBM permet aux équipes de vérifier l'exhaustivité des exigences système et de les valider, ainsi que de l'architecture dans laquelle chaque demande de changement représente une unité de capacité ajoutée au système. Si vous utilisez les outils appropriés, vous pouvez, grâce à la liaison automatique de chaque demande de changement (nouvelle ou modifiée) aux artefacts de modèles, simplifier le développement et la maintenance du système. Cette liaison facilite en outre la traçabilité des besoins des différents acteurs par rapport à la conception, ce qui garantit un développement conforme à ces besoins. Elle renforce par ailleurs l'efficacité des processus de gestion des changements basés sur l'analyse d'impact.

Un paradigme basé sur les modèles permet de modifier la définition des tests et la vérification du cycle de développement système (en le faisant passer du côté droit au côté gauche du cycle de développement en V). La gestion du risque s'en trouve améliorée, car la phase de test est réalisée en amont dans le déroulement des projets. De plus, les tests de vérification réalisés pendant l'analyse fonctionnelle système et pendant la synthèse de conception architecturale peuvent conduire à une évolution, car les tests basés sur les modèles peuvent constituer la base des phases d'intégration système (vérification des composants, tests d'intégration et d'acceptation système, par exemple). Les avantages potentiels sont les suivants : amélioration de la planification des tests, durée de test réduite.

Globalement, l'utilisation d'une notation formelle dans le paradigme basé sur les modèles permet de réduire considérablement l'ambiguïté et les malentendus liés à l'utilisation de modèles. Elle aide également les entreprises à réaliser les tests en amont et de façon fréquente, grâce à l'exécution de modèles. Enfin, elle offre une infrastructure de comparaison de différentes approches et réalise des études permettant d'identifier les approches optimales.

Points clés

IBM offre une solution complète d'ingénierie des systèmes basée sur les modèles, qui inclut à la fois processus, outils et services.

Aucun processus ou outil isolé ne permettra de répondre aux besoins de toutes les équipes de projet : sachant cela, IBM a inséré dans sa solution des recommandations d'adaptation et de déploiement de processus et d'outils, et d'optimisation continue des processus.

Solutions IBM Rational pour l'ingénierie des systèmes : meilleures pratiques

IBM offre une solution complète d'ingénierie des systèmes basée sur les modèles, qui inclut à la fois processus, outils et services, élaborés autour des meilleures pratiques IBM en matière d'ingénierie des systèmes. Ces pratiques englobent la description des tâches, des produits et des workflows requis pour la définition et la vérification des exigences systèmes et de l'architecture, ainsi que pour la réalisation d'études. Les outils intégrés (utilitaires, modèles et instructions d'utilisation des outils IBM Rational) permettent d'automatiser différents aspects du processus, afin d'accroître l'efficacité. Les meilleures pratiques IBM en matière d'ingénierie des systèmes incluent la prise en charge prête à l'emploi des logiciels IBM Rational DOORS[®], IBM Rational Rhapsody[®], IBM Rational Change et IBM Rational Synergy.

Aucun processus ou outil isolé ne permettra de répondre aux besoins de toutes les équipes de projet : sachant cela, IBM a inséré dans sa solution des recommandations d'adaptation et de déploiement de processus et d'outils, et d'optimisation continue des processus. L'adaptation et le déploiement sont gérés à l'aide du logiciel IBM Rational Method Composer—outil basé sur la spécification Object Management Group (OMG) Software Process Engineering Meta-Model (SPEM) version 2.0 pour la définition, la gestion et la communication des processus et des meilleures pratiques. Le logiciel Rational Method Composer contient des éditeurs simples, à base de formulaires, permettant de modifier, d'ajouter ou de supprimer des tâches, des rôles ou des produits, et de personnaliser des workflows dans le but de répondre aux besoins de l'équipe. Le processus personnalisé peut alors facilement être publié sur un site Web et intégré aux outils de développement, afin d'offrir aux professionnels les processus, les outils, les workflows, les rôles et les conseils produits contextuels dont ils ont besoin, au moment où ils en ont besoin.



Pour plus d'informations

Pour en savoir plus sur l'ingénierie des systèmes basée sur les modèles et sur les meilleures pratiques associées, contactez votre représentant IBM ou votre Partenaire Commercial IBM, ou visitez le site :

ibm.com/software/rational/offerings/ppm/process.html

© Copyright IBM Corporation 2009

Compagnie IBM France
17 avenue de l'Europe
92275 Bois Colombes Cedex

Imprimé en France
Décembre 2009
Tous droits réservés

IBM, le logo IBM, ibm.com et Rational sont des marques déposées d'International Business Machines Corporation aux États-Unis et/ou dans certains autres pays. Si ces marques et d'autres marques d'IBM sont accompagnées d'un symbole de marque (@ ou ™), ces symboles signalent des marques d'IBM aux États-Unis à la date de publication de ce document. Ces marques peuvent également exister et éventuellement avoir été enregistrées dans d'autres pays. La liste des marques IBM actualisée est disponible sur Internet, dans la rubrique consacrée au copyright et aux marques du site ibm.com/legal/copytrade.shtml

Les autres noms de sociétés, de produits ou de services peuvent appartenir à des tiers.

Le fait que des produits ou des services IBM soient mentionnés dans le présent document ne signifie pas qu'IBM ait l'intention de les commercialiser dans tous les pays où elle exerce une activité.

Les informations contenues dans la présente documentation sont fournies à des fins d'information uniquement. Même si tout a été mis en œuvre pour vérifier l'intégrité et l'exactitude des informations contenues dans la présente documentation, ces dernières sont fournies «en l'état», sans aucune garantie, explicite ou implicite. De plus, ces informations sont basées sur les plans et la stratégie de produits actuels d'IBM, lesquels sont sujets à modification par IBM sans préavis. IBM ne peut être tenu pour responsable de tout dommage émanant de l'utilisation de, ou sinon associée à la présente documentation ou toute autre documentation. Aucun élément présent dans cette documentation n'a pour objet, ni n'aura pour effet, de créer une quelconque garantie ou représentation de la part d'IBM (ou de ses fournisseurs ou concédants de licence) ou de modifier les conditions du contrat de licence en vigueur régissant l'utilisation des logiciels IBM.