
L'assurance qualité logicielle 1

concepts de base

Alain April
Claude Y. Laporte

 **hermes**

Lavoisier

L'assurance qualité logicielle 1

concepts de base

Alain April
Claude Y. Laporte

hermes
Science
— publications —

Lavoisier

A Rosalia, Philippe, Vincent, Mélanie, Yan et Émy

© LAVOISIER, Paris, 2011

LAVOISIER
11, rue Lavoisier
75008 Paris

www.hermes-science.com
www.lavoisier.fr

ISBN 978-2-7462-3147-4



Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Tous les noms de sociétés ou de produits cités dans cet ouvrage sont utilisés à des fins d'identification et sont des marques de leurs détenteurs respectifs.

Printed and bound in England by Antony Rowe Ltd, Chippenham, April 2011.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	13
Préambule	15
Chapitre 1. Les connaissances fondamentales de l'AQL	21
1.1. Introduction.	21
1.2. Comment définir la qualité du logiciel ?	22
1.3. Les erreurs, fautes et défaillances du logiciel	23
1.3.1. La difficulté de définition des exigences	30
1.3.2. La difficulté de maintenir une communication efficace entre le client et le développeur	32
1.3.3. Les déviations aux spécifications.	33
1.3.4. Les erreurs d'architecture et de conception.	34
1.3.5. Les erreurs de codage	34
1.3.6. La non-conformité aux processus/procédures en place	35
1.3.7. Les revues et les tests inadéquats.	36
1.3.8. Les erreurs de documentation.	36
1.4. La qualité du logiciel	38
1.5. L'assurance qualité logicielle	40
1.6. Les modèles d'affaires et le choix des pratiques de génie logiciel.	42
1.6.1. Description du contexte	43
1.6.2. L'anxiété et la peur	44

6 L'assurance qualité logicielle 1

1.6.3. Le choix des pratiques logicielles	45
1.6.4. Description des modèles d'affaires.	46
1.6.5. Description des facteurs situationnels génériques	46
1.6.6. Description détaillée des modèles d'affaires	48
1.6.6.1. Le développement à contrat	48
1.6.6.2. Le développement à l'interne.	51
1.6.6.3. Les logiciels commerciaux	52
1.6.6.4. Les logiciels de masse	52
1.6.6.5. Les logiciels embarqués de masse	53
1.7. Facteurs de succès	54
1.8. Lectures complémentaires	54
1.9. Exercices	55
Chapitre 2. La culture qualité	57
2.1. Introduction.	57
2.2. Le coût de la qualité.	60
2.3. La culture qualité	71
2.4. Les cinq dimensions d'un projet logiciel	77
2.5. Le code de déontologie de l'ingénieur logiciel	80
2.5.1. Version abrégée : préambule	81
2.5.2. L'exemple d'un code de déontologie de l'Ordre des ingénieurs du Québec	84
2.5.3. Le dénonciateur	86
2.6. Facteurs de succès	87
2.7. Lectures complémentaires	88
2.8. Exercices	89
Chapitre 3. Les exigences qualité.	93
3.1. Introduction.	93
3.2. Modèles de la qualité du logiciel	96
3.2.1. Le modèle initial proposé par McCall	98
3.2.2. Les ajouts de Evans et Marciniak et de Deutsch et Willis	100
3.2.3. Le modèle proposé par Dromey	100
3.2.4. Le premier modèle normalisé : IEEE 1061	103
3.2.5. Les modèles normalisés actuels : ISO 9126 et ISO 25000	107
3.3. La définition des exigences de qualité du logiciel	116
3.3.1. Spécifier les exigences qualité – la démarche	121

3.4. La traçabilité des exigences dans le cycle de vie du logiciel	126
3.5. Les exigences qualité et le plan d'assurance qualité du logiciel	126
3.6. Facteurs de succès	127
3.7. Lectures complémentaires	128
3.8. Exercices	128
Chapitre 4. Les normes et modèles du génie logiciel	133
4.1. Introduction.	133
4.2. Les normes, le coût de la qualité et les modèles d'affaires	137
4.3. Les principales normes de gestion de la qualité	139
4.3.1. La norme ISO 9001	139
4.3.1.1. Concepts de base de la norme ISO 9001	141
4.3.2. La norme ISO 90003	145
4.4. La norme ISO/IEC 12207	148
4.4.1. Limites de la norme ISO 12207.	149
4.5. La norme IEEE 730	150
4.5.1. Les activités et les tâches du processus d'assurance qualité logicielle	151
4.5.1.1. Activité 1 : la mise en œuvre du processus.	151
4.5.1.2. Activité 2 : l'assurance du produit.	152
4.5.1.3. Activité 3 : l'assurance du processus	152
4.5.1.4. Activité 4 : l'assurance des systèmes qualité.	152
4.6. D'autres modèles, normes, référentiels et démarches qualité.	154
4.6.1. Les modèles de maturité des processus logiciels du SEI	154
4.6.2. Le modèle de maturité des processus de maintenance du logiciel (S ^{3m}).	160
4.6.3. Le référentiel ITIL et l'ISO 20000	163
4.6.3.1. La gestion des services informatiques.	166
4.6.3.2. La norme ISO/IEC 20000	167
4.6.4. La démarche CobiT.	168
4.6.5. La famille des normes ISO/IEC 27000 pour la sécurité des informations	170
4.6.6. Les normes ISO/IEC 29110 pour les très petits organismes	172
4.6.6.1. Les profils	172
4.6.6.2. Le profil de base	173
4.6.6.3. Les processus de gestion et d'implémentation du profil de base	175
4.6.6.4. Le développement des trousseaux de déploiement.	177

4.7. Des normes spécifiques à un domaine d'application.	178
4.7.1. Les documents DO-178 et ED-12 du domaine de l'aéronautique	178
4.7.2. La norme EN50128 du secteur ferroviaire	180
4.7.3. La norme ISO 13485 pour les dispositifs médicaux.	183
4.8. La norme ISO/IEC 15289 pour la description des produits logiciels.	184
4.9. Les normes et le plan d'assurance qualité du logiciel	186
4.10. Les facteurs de succès et d'échec	187
4.11. Lectures complémentaires	187
4.12. Exercices	188
Chapitre 5. Les revues	189
5.1. Introduction.	189
5.2. La revue personnelle et la revue de type <i>desk-check</i>	196
5.2.1. La revue personnelle	196
5.2.2. La revue de type <i>desk-check</i>	198
5.3. Les normes et modèles	203
5.3.1. Le modèle <i>Capability Maturity Model Integration</i> (CMMI).	204
5.3.2. La norme IEEE 1028.	205
5.3.2.1. Application de la norme IEEE 1028.	207
5.4. La revue par les pairs de type <i>walk-through</i>	209
5.4.1. Utilité d'un <i>walk-through</i>	210
5.4.2. Identification des rôles et responsabilités	210
5.5. La revue par les pairs de type inspection	211
5.6. Les revues de lancement de projet et de bilan de projet	212
5.6.1. La revue de lancement de projet	212
5.6.2. La revue de bilan de projet	215
5.7. Les réunions agiles	221
5.8. Les mesures.	222
5.9. La sélection d'un type de revue	225
5.10. Les revues et les modèles d'affaires.	226
5.11. Le plan d'assurance qualité.	227
5.12. Les facteurs de succès	228
5.13. Les outils	230
5.14. Lectures complémentaires	230
5.15. Exercices	230

Chapitre 6. L’audit du logiciel	233
6.1. Introduction.	233
6.2. L’audit et la résolution de problèmes du logiciel selon la norme ISO 12207	239
6.2.1. L’audit de processus logiciels.	239
6.2.1.1. Résultats attendus	239
6.2.1.2. Activités et tâches	239
6.2.2. Le processus de résolution de problèmes logiciels	240
6.2.2.1. Résultats attendus	240
6.2.2.2. Activités et tâches	241
6.3. L’audit selon la norme IEEE 1028	242
6.3.1. Rôles et responsabilités	244
6.3.2. Clauses de la norme IEEE 1028	245
6.3.3. La conduite de l’audit selon la norme IEEE 1028	245
6.4. Un processus d’audit et la norme ISO 9001	250
6.4.1. Les étapes d’un audit logiciel	251
6.5. L’audit selon le modèle CMMI	255
6.5.1. La méthode d’évaluation SCAMPI	257
6.6. Les actions correctives	260
6.6.1. Processus des actions correctives.	260
6.7. L’audit et le plan d’assurance qualité du logiciel.	265
6.8. Présentation d’un cas pratique d’audit d’un organisme	266
6.9. Facteurs de succès	272
6.10. Lectures complémentaires	273
6.11. Exercices	274
Chapitre 7. La vérification et la validation.	275
7.1. Introduction.	275
7.2. Les bénéfices et les coûts de la vérification et de la validation.	283
7.2.1. La V&V et les modèles d’affaires	285
7.3. Les normes et modèles touchant à la V&V	286
7.3.1. La norme IEEE 1012	286
7.3.1.1. La conformité à la norme IEEE 1012	287
7.3.2. Les niveaux d’intégrité du logiciel	288
7.3.2.1. Les activités de V&V du processus de développement	290
7.3.2.2. Les activités de V&V des exigences	290

7.3.3. La vérification et la validation selon la norme ISO/IEC 12207	292
7.3.3.1. Le processus de vérification du logiciel	292
7.3.3.2. Activités et tâches	292
7.3.3.3. Le processus de validation du logiciel	294
7.3.3.4. Activités et tâches	294
7.3.4. La vérification et la validation selon le modèle CMMI	296
7.3.5. La vérification et la validation selon la norme ISO/IEC 29110	298
7.4. La vérification et la validation indépendante	301
7.4.1. Différences et avantages de l'V&VI par rapport à l'AQL et à la V&V organisationnelle	301
7.5. La traçabilité	303
7.5.1. La matrice de traçabilité	304
7.5.2. La mise en œuvre de la traçabilité	305
7.6. La phase de validation du logiciel	305
7.6.1. Le plan de validation	307
7.7. Les tests	310
7.8. Les listes de vérifications.	311
7.8.1. Comment développer une liste de vérifications ?	313
7.8.2. Comment utiliser une liste de vérifications ?	316
7.8.3. Comment améliorer une liste de vérifications et la gérer ?	317
7.9. Les techniques de V&V	317
7.9.1. Introduction aux techniques de V&V	318
7.9.2. Quelques techniques de V&V.	318
7.9.2.1. La technique d'analyse d'algorithmes	318
7.9.2.2. La technique d'analyse d'interface	319
7.9.2.3. La technique de prototypage	319
7.9.2.4. La technique de simulation	320
7.10. Le plan de V&V	320
7.10.1. Le guide de l'IEEE pour la préparation d'un plan de V&V	321
7.11. Les limites de la V&V.	321
7.12. La V&V et le plan d'assurance qualité du logiciel	322
7.13. Les facteurs de succès	323
7.14. Lectures complémentaires	324
7.15. Exercices	324

Conclusion	327
Annexe 1. Code d'éthique et de déontologie de l'ingénieur logiciel	329
Annexe 2. Incidents impliquant le logiciel	341
Glossaire et abréviations	347
Bibliographie générale	367
Index	385

AVANT-PROPOS

L'ensemble des livres que nous avons développés introduisent les concepts fondamentaux de l'assurance qualité logicielle. Ces ouvrages illustrent comment ces principes peuvent être mis en œuvre dans des entreprises, des entités gouvernementales et des très petits organismes qui développent des produits logiciels dans un grand nombre de domaines tels que les télécommunications, les transports, la défense et l'aérospatiale. Ces livres s'inscrivent dans le cadre d'une problématique globale portant sur l'amélioration de la qualité du logiciel. Nous tentons de rapprocher les praticiens, les professeurs, les étudiants et les chercheurs en faisant un survol des normes et des pratiques exemplaires qui font référence à un ensemble de publications.

Prérequis

Nous supposons que le lecteur possède des connaissances de bases en génie logiciel.

PRÉAMBULE

Ce premier livre, en deux volumes, s'inscrit dans le cadre d'une problématique globale portant sur l'amélioration de la qualité du logiciel. Il cherche à rapprocher les praticiens des chercheurs en offrant une vue d'ensemble des pratiques d'assurance qualité du logiciel pour les gestionnaires et le personnel responsable des projets, de la maintenance et des services TI.

Dans le nouveau contexte compétitif global, les organismes subissent de grandes pressions de la part de leurs clients. Ces derniers sont de plus en plus exigeants et demandent, entre autres, des services de très bonne qualité, à moindre coût et suivi d'un service après vente défiant toute compétition. Pour satisfaire la quantité, la qualité et les délais l'organisme doit disposer d'un service d'assurance qualité du logiciel efficace.

Assurer la qualité des systèmes opérationnels d'un organisme n'est pas une tâche facile. Les normes définissent des façons de faire pour maximiser la performance, mais les gestionnaires et employés sont principalement laissés à eux-mêmes pour décider comment améliorer pratiquement la situation. Ils font face à plusieurs problèmes :

- pression de plus en plus élevée de livraisons rapides et de qualité ;
- augmentation de l'imposition de normes nationales, internationales, professionnelles et de domaines ;
- sous-traitance et impartition ;
- équipes de travail distribuées ;
- multiplicité des plates-formes et des techniques.

C'est sur la problématique d'assurance qualité du logiciel en industrie que porte notre réflexion. Les organismes n'ont actuellement accès à aucun ouvrage complet qui aide à mettre en œuvre et évaluer l'amélioration des activités spécifiques de l'assurance qualité du logiciel. Un service d'assurance qualité du logiciel adéquat

doit à la fois satisfaire les critères de service à sa clientèle, les critères techniques du domaine, maximiser l'impact stratégique et optimiser les critères économiques.

L'objectif de ce livre est de permettre au client, au gestionnaire et au personnel de la fonction d'assurance qualité du logiciel d'utiliser ce livre pour évaluer l'efficacité et la complétude de leur approche d'assurance qualité du logiciel. Parmi les questions soulevées dans ce livre et auxquelles nous amènerons des éléments de réponses, les principales sont :

- quel sont les processus, pratiques et activités d'assurance qualité du logiciel et de l'amélioration du logiciel ?
- est-ce que les normes et modèles actuels peuvent nous servir de référence pour effectuer ce travail ?
- comment répondre aux gestionnaires et à leurs employés lors de la mise en œuvre de l'assurance qualité du logiciel ?

Pour répondre à toutes ces questions, nous utilisons plus de 25 ans d'expérience pratique en assurance qualité du logiciel dans différentes industries et organismes. Plus d'une vingtaine d'années d'expérience en entreprise nous ont convaincu de l'importance d'appuyer la présentation des concepts en tenant compte des références et exemples pratiques. Nous avons abondamment illustré l'application correcte et efficace des nombreuses pratiques en assurance qualité par des cas pratiques.

Contenu et organisation

Le premier volume est découpé en sept chapitres et couvre l'introduction aux connaissances fondamentales de l'assurance qualité du logiciel identifiées principalement par la norme IEEE 730 ainsi que la norme ISO 12207, le modèle CMMI du *Software Engineering Institute* et le rapport technique de l'ISO du guide au corpus des connaissances en génie logiciel SWEBOK : *Software Engineering Body of Knowledge*). Voici un sommaire du contenu.

Chapitre 1. Les connaissances fondamentales de l'assurance qualité du logiciel

Ce chapitre présente une vue d'ensemble des connaissances nécessaires pour le spécialiste en assurance qualité logicielle. C'est à partir de cette vue d'ensemble que l'ouvrage élabore chaque aspect du domaine et cite les références importantes afin d'approfondir chaque sujet spécifique. Progressivement, il y est présenté les différences notables du choix des pratiques d'assurance qualité logicielle selon les modèles d'affaires. Dans ce chapitre nous établirons la terminologie ainsi que les définitions et concepts utiles qui servent tout au long du livre.

Chapitre 2. La culture qualité

Ce chapitre présente une vue d'ensemble de l'éthique dans le domaine du logiciel et présente des techniques pour bien gérer les attentes des patrons et des clients en matière de qualité du logiciel. Sont introduites la notion de coût de la qualité suivie d'exemples pratiques et la notion de culture qualité et son influence sur les pratiques d'assurance qualité logicielle employée. Il y est aussi présenté les cinq dimensions d'un projet logiciel et la manière dont ces dimensions peuvent être utilisées pour identifier les degrés de liberté que le chef de projet possède pour en assurer le succès.

Chapitre 3. Les exigences qualité

Ce chapitre ajoute aux concepts et à la terminologie déjà présentée. On y traite des modèles de la qualité dans le domaine du logiciel. Ces modèles proposent des classifications des exigences non fonctionnelles dites de qualité. Il y est décrit une démarche de définition des exigences qualité du logiciel. Par la suite, des exemples pratiques vous décrivent comment utiliser ces modèles pour définir les exigences qualité de vos projets logiciels. Finalement, on y introduit la notion de traçabilité des exigences et de l'importance des exigences qualité pour le plan qualité.

Chapitre 4. Les normes et modèles du génie logiciel

Ce chapitre présente les normes internationales et les modèles tels que le CMMI du *Software Engineering Institute* les plus importantes du domaine de la qualité du logiciel. On présente une nouvelle norme pour les petits organismes. L'intérêt, pour le spécialiste en assurance qualité logicielle, réside dans la possibilité de trouver des pratiques exemplaires dans ces normes et ces modèles. Ce chapitre présente les référentiels qui peuvent être utiles pour chacun des trois grands types d'activités du logiciel : 1) le développement, 2) la maintenance et 3) les services TI. Enfin, une courte discussion concernant les normes spécifiques à certains domaines d'applications vous est présentée, suivi de la recommandation pour un plan qualité.

Chapitre 5. Les revues

Ce chapitre présente les différents types de revues du logiciel : la revue personnelle, la revue *desk-check*, le *walk-through* et l'inspection. Il y est question ici de décrire la théorie telle que présentée dans les normes et ensuite de présenter des exemples pratiques. On y introduit ce qu'est la revue dans un contexte agile. Par la suite, nous abordons la sélection d'un type approprié de revues et décrivons certains autres types de revues spécifiques à un projet : la revue de lancement d'un projet et la revue de bilan de projet. Ce chapitre se termine avec une discussion concernant le choix d'un type de revues selon le domaine d'affaires et la manière dont ces techniques d'AQL s'insèrent dans le plan qualité.

Chapitre 6. L'audit du logiciel

Ce chapitre décrit le processus d'audit et de résolution de problèmes du logiciel. Tôt ou tard, dans votre carrière, l'un de vos projets logiciels sera audité. Ici aussi une présentation de l'audit est faite par rapport aux recommandations des normes et des modèles et suivie d'un exemple de cas pratique.









Chapitre 7. La vérification et la validation (V&V)

Ce chapitre décrit le concept de vérification et validation du logiciel. Il démarre avec une discussion proposant d'identifier les bénéfices et les coûts de ces activités de qualité. Il poursuit en présentant les normes et modèles qui imposent et définissent la V&V. Ces techniques varient en fonction de la criticité du logiciel impliqué. On présente les listes de vérifications. On poursuit en décrivant les concepts et techniques pour la réalisation d'un plan V&V.

L'annexe 1 présente la version complète du code de déontologie de l'IEEE/ACM et l'annexe 2 les incidents impliquant du logiciel.

Icones utilisés dans le livre

Pour illustrer un concept, mettre l'emphase sur une définition ou simplement se référer un site *web*, nous utilisons des icones tout au long de ce livre. Voici leur signification.

Icone	Signification
	<i>Exemple pratique</i> : un exemple d'application pratique d'un concept théorique décrit dans le livre
	<i>Citation</i> : une citation d'un expert
	<i>Définition</i> : une définition d'un terme important pour une bonne compréhension de la suite du texte
	<i>Référence sur le web</i> : un site de référence pour en savoir plus sur un sujet spécifique
	<i>Outils</i> : des exemples d'outils qui appuient les techniques présentées
	<i>Anecdote</i> : bref récit d'un fait : peu connu, curieux ou pittoresque qui concerne le sujet traité
	<i>Liste de vérifications</i> : une liste d'items à vérifier (pour bien se souvenir et ne pas oublier) lors de l'exécution de la technique présentée
	<i>Conseil</i> : un conseil des auteurs

Site *web*

Beaucoup de matériels complémentaires destinés à l'enseignement et à l'utilisation du livre en entreprise (transparents, solutions, travaux de sessions, gabarits, outils, articles et liens) sont disponibles sur le site *web* : www.livreAQL.org

Exercices

Les chapitres contiennent des exercices. Les solutions sont disponibles sur le site *web* pour les enseignants qui utilisent ce livre pour l'enseignement.

Pratiques avancées en AQL

Le volume 1 (L'assurance qualité logicielle 1 [APR 11a]) illustre les concepts de base en AQL. Le deuxième volume (L'assurance qualité logicielle 2 [LAP 11a]) introduit les sujets suivants :

- les tests et l'assurance qualité logicielle ;
- la gestion de configuration du logiciel ;
- les politiques, processus et procédures ;
- la mesure ;
- la gestion de fournisseurs et des contrats ;
- la gestion du risque ;
- le plan d'assurance qualité logicielle.

Le dernier chapitre a été conçu afin d'en faciliter l'enseignement au niveau du lycée et de l'université.

Vous trouverez les pratiques avancées de l'assurance qualité logicielle dans un deuxième livre des auteurs. Notez que les organismes qui contribuent à la recherche et à l'évolution des contenus disponibles sur notre site *web* pourront obtenir des accès spéciaux sur le site *web* du livre.

Remerciements

Les auteurs aimeraient remercier Edouard Kodsi de la société Globaliance localisée à Lyon, le professeur Normand Séguin de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), ainsi que les nombreux étudiants de la maîtrise en génie logiciel de l'École de technologie supérieure (ÉTS) qui ont révisé des chapitres de ce livre.

Plusieurs étudiants en maîtrise ont aussi contribué, de par leur vaste expérience en industrie, des analogies et des cas pratiques pour enrichir ce livre.

NOTE.– Dans cet ouvrage, nous avons cité de nombreux standards et référentiels du génie logiciel tels que les normes de l'ISO et de l'IEEE. Ces normes sont mises à jour sur une base régulière, typiquement tous les cinq ans, pour mieux refléter l'évolution constante des pratiques du génie logiciel. On trouvera sur le site *web* de support à cet ouvrage des informations sur les impacts des nouvelles normes pour chacun des chapitres.