Logiciel libre et systèmes critiques

hérésie ou réalité de demain ?

Philippe David
European Space Agency

Premiers constats

- **Les fonctions nécessaires aux systèmes critiques sont implémentées par les LL:**
  - exécutifs temps-réel
  - communication/protocoles
  - langage
- **Le développement des LL est plus structuré que ce que l'on croit.**
  - Le financement est assuré par des association ou des groupes d'industriels.
  - Le développement est bien encadré.

➔Est-il intéressant d'utiliser les LL dans les systèmes critiques?

Contexte: le futur des systèmes critiques

- **La digitalisation de la société rend l'utilisation des systèmes critiques plus répandus**
- **Contraintes de coût de plus en plus sévères.**
  - ➔ Privilégier la réutilisation plutôt que de procéder systématiquement à de nouveaux développements
- **Interopérabilité des systèmes : système de systèmes**
  - ➔ Utilisation de standards d'interface (commerciaux ou industriels)
  - ➔ Prise en compte des contraintes de sécurité-confidentialité.
- **Emploi croissant de logiciels**
  - 48 ko sur SPOT 1 en 1980 ➔ 1,2 Mo sur Mars Express en 2003.
  - 25 Ko sur A300B en 1974 ➔ 64 Mo sur A380 en 2005.
- **Extension de la certification à de plus en plus de systèmes.**

Expériences d'utilisation des COTS

- **Besoins du système**
  - Connaissance détaillée du COTS
  - Adaptabilité du COTS au système
  - Disponibilité du dossier de certification
  - Disponibilité du COTS sur une période de 5-10 ans
  - Maintenance sur le long terme : 10 à 20 ans
  - Respect des standards
  - Coût et contenu de la licence

- **Inconvénients rencontrés**
  - Donner du support peut ne pas être intéressant pour le fournisseur
    ➔ coût du support
  - Le client ne connaît pas le COTS
    ➔ coût du dossier de certification
  - Divergence des intérêts entre l'industriel et le fournisseur sur le suivi du marché ➔ coût de gel
  - Stabilité de la solution dans le temps ➔ coût de maintenance
  - Pour des petites séries ➔ coût des des licences est significatif
  - Les clauses de propriété peuvent être bloquantes ➔ négociation des licences

Gestion des risques

- **Risque lié à la licence COTS**
  - Problème stratégique
  - Les industriels sont rompus à cette gestion des règles de protection.
- **La défaillance du composant**
  - Si défaillance, la responsabilité du fournisseur est limitée.
  - Le risque de propagation des erreurs du COTS vers le système est un risque réel qui doit alors être géré par l'industriel.
  - L'industriel n'a pas la connaissance du COTS.
  - La relation de confiance avec le fournisseur est insuffisante à la vue des enjeux pour l'industriel.
- **Disparition fournisseur ou COTS**

- **Risque lié à la licence LL**
  - Liberté d'utilisation
  - La GPL apporte des risques nouveaux (contamination)
- **La défaillance du composant**
  - Utilisateur est seul responsable
  - Le risque de propagation des erreurs doit être géré par l'industriel.
  - L'industriel a le code source
  - L'industriel peut acquérir la technologie
- **LL maintenu par l'industriel**

Impact de la maintenance du système

- **Les durées de vie des systèmes critiques sont longues**
  - Satellites: 15 ans
  - Contrôle commande des chaudières nucléaires des sous-marins : 40 ans
- **La politique de maintenance est un des axes de conception du système**
  - Principes d'architecture qui minimisent les impacts des changements de version

  ➔Cette conception va favoriser les standards d'interface

  ➔ Des mécanismes d'encapsulation du COTS vont permettre de changer les versions avec un minimum d'impact sur le système.
- **La maintenance long terme doit inclure la gestion du risque fournisseur**

  ➔Disponibilité du code source est nécessaire

L'apport des logiciels libres pour le système

COTS → associations d'utilisateurs → standards d'interface

→ LL → Interopérabilité des applications

- **Pas de restrictions d'accès au code source**
- **L'effort d'appropriation de la technologie d'un LL permet-il de mieux gérer le développement d'un système critique?**
- **Plusieurs scénarios d'utilisation des LL en fonction:**
  1. phase d'acquisition de la technologie du logiciel libre.
  2. effort d'adaptation du logiciel libre au système.
  3. mise en place du dossier de certification.
  4. maintenance en phase opérationnelle.
  5. mise en place d'une équipe de maintenance à long terme du logiciel libre.
  6. gestion des évolutions majeures du système.

Scenario d'utilisation d'un LL

	Acquisition technologique	Adaptation au système	Dossier de certification	Maintenance en opération	Maintenance long terme	Évolutions majeures	Synthèse
Scénario 1 ✓Pas de certification ✓Pas de maintenance	Pas nécessaire	Fournisseur	Non nécessaire	Fournisseur	Code source	Fournisseur	Pas d'investissement. Risque assumé.
Scénario 2 ✓Pas de certification ✓Maintenance	Fournisseur	Fournisseur	Non nécessaire	Par l'industriel	Par l'industriel	Par l'industriel	Investissement dans une équipe de maintenance du LL.
Scénario 3 ✓Certification ✓Pas de Maintenance	Fournisseur	Par l'industriel	Par l'industriel	Fournisseur	Fournisseur	Fournisseur	Acquisition technologique. Certification par l'industriel. Pas de maintenance du LL.
Scénario 4 ✓Certification ✓Maintenance	Fournisseur	Par l'industriel	Par l'industriel	Par l'industriel	Par l'industriel	Par l'industriel	Acquisition technologique. Certification par l'industriel. Équipe de maintenance du LL.

Avantages apportés par les LL

- **Accès au code source**
  - Permet de se prémunir contre les risques d'évolution non maîtrisée du logiciel
  - contre le risque de disparition du fournisseur
  - Risque: utiliser le code source en cas de problème sans le maîtriser: c'est le cas aussi pour les COTS
- **Utilisation d'un fournisseur de technologie**
  - Même mode de prestation que pour les COTS
  - Le support fourni est souvent de meilleure qualité que pour un COTS car la raison d'être du fournisseur est très clairement sa maîtrise du logiciel
- **Acquisition de la technologie**
  - Acquisition de la connaissance fine du logiciel libre peut être longue et coûteuse (plusieurs homme.année)
  - L'investissement est lourd, sur le court et long terme, car il faut conserver une équipe compétente pendant la durée de vie du système.

Sûreté de fonctionnement des LL

- **Une structure d'accueil architecturale est nécessaire:**
  - Le logiciel libre est suspect au sens de ses modes de défaillances
  - Ses fonctionnalités peuvent être surabondantes ou mal adaptées
- **Utilisation d'Empaquetage ou wrapper**
- **Partitionnement du système critique en zones de criticités différentes**
  - Ces mécanismes de confinement des erreurs autorisent l'ouverture des systèmes critiques vers des fonctions d'interopérabilité.
- **Sécurité-confidentialité**
  - A prendre en compte car le LL a été développé par un tiers, parfois mal identifié

Certification

- **La certification correspond à l'acceptation par un organisme tiers de la preuve que le niveau de sûreté de fonctionnement demandé est atteint.**
- **La certification a une forte influence sur la conception du système.**
- **Sûreté de fonctionnement et capacité à être certifié ne sont pas prises en compte par les LL.**

➔Frilosité des industriels à adopter les LL

  - Responsabilité de l'industriel.

- **Notre objectif : analyser les processus de certification des divers secteurs industriels pour**
  - identifier les méthodes et efforts à fournir pour rendre le système certifiable
  - ➔ LL doit démontrer un apport compétitif certain pour le système
  - ➔ Sans introduire de risque supplémentaire

Certification: vue des divers domaines industriels

- **la classification en termes de criticité est très homogène entre les divers secteurs industriels.**
  - DAL (Development Assurance Level) dans le domaine aéronautique
  - ou SIL (Safety Integrity Level) dans le domaine ferroviaire,

Catégorie	Ferroviaire	Aéronautique	Espace	Nucléaire
Pas d'impact	SIL 0	E	/	/
Impact sur le système	SIL 1-2	C-D	critique	B et C
Impact sur les vies humaines	SIL 3-4	A-B	catastrophique	A

Impact des niveaux de sécurité sur l'architecture du système: Aviation Civile

- **Analyse de sécurité descendante du niveau système jusqu'à tout équipement terminal qui contribue à la sécurité.**
- **L'autorité de régulation a dédié un référentiel spécifique, le DO-178B, pour le développement des logiciels de façon à garantir la sécurité du système:**
  - Les commandes de vol électriques, sont mises en œuvre en logiciel.
- **Différentes catégories de logiciels (de A à E) sont définies**
  - en fonction de la gravité des conditions de défaillance au niveau système auxquelles le logiciel est susceptible de contribuer.

Solution architecturale à l'utilisation des catégories de logiciel dans aviation civile

Classification des conditions de défaillances	Degré de redondance		
	0 Simple défaillance/erreur	1 Double défaillance/erreur	2 Triple défaillance/erreur
Catastrophique	A	B	C
Dangereux	B	C	D
Majeur	C	D	D
Mineur	D	D	D
Pas d'effet sur la sécurité	E	E	E
	DAL logiciel (Development Assurance Level)		

une fonction critique capable d'entraîner une défaillance catastrophique du système peut :

- Ne pas être redondée. Dans ce cas, elle correspondra à un logiciel de catégorie A;
- Être redondée. Chacune des versions du logiciel sera classifiée en logiciel de catégorie B;
- Tripliquée alors chaque version du logiciel sera classifiée en catégorie C.

Certification – LL- Sûreté de fonctionnement

- **Un système critique peut être conçu à partir de fonctions moins critiques à condition qu'elles soient redondées et que ces redondances soient gérées selon les exigences de sécurité de niveau système.**
- **Des protocoles de communication ou des exécutifs temps réel, sont potentiellement utilisables dans les niveaux B ou C.**
  - ➔ Si redondance alors la certification C ou D est compatible des LL
- **L'emploi de logiciels libres aux niveaux A ou B correspond à un processus particulier où le logiciel a été développé spécifiquement par l'industriel et certifié comme tel**
  - ➔ création de LL

Méthodologie de développement

- **Le DO-178B définit des objectifs à atteindre**
  - Le contenu du dossier de certification et des éléments de preuve à apporter est un travail de négociation entre l'industriel et le certificateur.
- **Dans les domaines du nucléaire, ferroviaire et spatial, une méthodologie de développement est imposée par catégorie.**
- **Trois objectifs fondamentaux :**
  1) évitement de fautes apporté par la rigueur du développement,
  2) élimination des fautes par les tests et les essais,
  3) protection vis-à-vis des fautes résiduelles par l'emploi de fonctions dédiées à la tolérance aux fautes et à l'amélioration de la robustesse du logiciel

➔ **Harmonisation aisée entre ces domaines industriels : cycle de vie et des méthodes**

Efforts de développement et test: indépendance par rapport au système

Les efforts à produire sont de deux ordres :

- **Des efforts génériques qui ne dépendent que du logiciel et dont les résultats seront exploitables pour tout système hôte qui va utiliser ce logiciel.**
  - Activités de documentation
  - Tests
- **Des efforts spécifiques au système, qui sont orientés principalement vers la sécurité et l'interface avec le matériel.**
  - Le plan d'assurance de la sécurité. Pour des niveaux SIL 1 et SIL 2 (C, D), les exigences de sécurité sont très limitées.
  - L'intégration avec le matériel.
    - le test du logiciel sur le matériel est à refaire pour chaque projet.

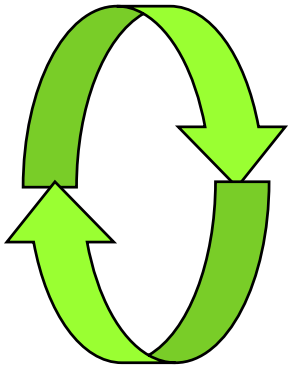
➔ **Les efforts de développement et test du LL sont en majorité indépendants du système ou à refaire de toute façon.**

Méthodes applicables à l'intégration de logiciels libres dans un système critique

- **L'analyse des différentes normes de certification employées dans les secteurs industriels des systèmes critiques nous a permis de constater**
  - qu'une liste de méthodes communes peuvent être appliquées pour adapter et intégrer le LL dans le système critique.
  - Ces méthodes dépendent de la criticité du logiciel et peu du secteur industriel concerné.
- **Des solutions d'architecture dédiées**
  - Encapsulation
  - Partitionnement
  - Mécanismes de protection: Sécurité-confidentialité
- **Architecture basée sur des standards d'interface**
  - Favorise les LL
  - Apporte une bonne durée de vie pour la maintenance

Gains espérés de l'utilisation des LL: le cercle vertueux

- **L'utilisation de standards d'interface permettra d'échanger des logiciels**
- **L'effort de certification, qui demande un gros investissement initial pour la constitution du dossier, peut être partagé.**
- **La frilosité des industriels vient de la non compatibilité apparente des LL avec le processus de certification**
  - Nous avons démontrer l'inverse avec le support des solutions architecturales
  - Les risques sont mieux gérés que pour les COTS
  - Le dossier de certification doit être initialisé par un groupe d'industriels
    - mise en commun du dossier de certification
    - Ce dossier pourra être mis à disposition de façon à s'enrichir des expériences d'autres industriels.
- **Amorçage du cercle vertueux**



Conclusion

- **l'utilisation de COTS présente des limitations**
- **l'emploi de LL apporte de vrais avantages:**
  - respect des standards
  - moindre risque
  - code source pour la maintenance
- **Le principal inconvénient**
  - incompatibilité apparente avec le processus de certification

➔ **solutions architecturales**

➔ **atelier d'adaptation des LL aux méthodes industriels pour mise à niveau**

➔ **Amorçage du cercle vertueux pour une initiative industrielle**

➔ **Contribution à la communauté du libre**