



Certification d'Application Ferroviaire  
développée formellement ou non

Boulangier Jean-Louis  
CERTIFER

3 Février 2004

SEE-SIC

1



## Sommaire

- CERTIFER;
- Historique du ferroviaire;
- Contexte Normatif;
- Certification ferroviaire;
- Impact des méthodes formelles;
- Nouveaux besoins;
- Conclusions.

3 Février 2004

SEE-SIC

2



## CERTIFER

3 Février 2004

SEE-SIC

3



## Création de CERTIFER

- **CREATION**
  - Association à but non lucrative loi du 1er Juillet 1901
  - Depuis le 14 Février 1997.

- **MEMBRES**

RATP	
RFF	40 %
SNCF	
UTP	

FIF	40 %
-----	------

INRETS	20 %
--------	------

3 Février 2004

SEE-SIC

4



## CERTIFER: Organisme de Certification

- **CERTIFER est un :**
- ORGANISME DE CERTIFICATION (J.O. 7 Août 1997)
- ORGANISME NOTIFIE pour la Directive EC/96/48 sur l'interopérabilité du réseau Grande Vitesse pour:
  - les constituants d'interopérabilité
  - les sous-systèmes
    - matériel roulant
    - infrastructure
    - contrôle commande et signalisation
    - énergie
    - exploitation
    - maintenance
- ORGANISME ACCREDITE par le COFRAC (EN 45011 - 27 Janvier 2000)
- OSTI (Organisme ou Service Technique Indépendant) pour l'application du décret 2000/286 sur la sécurité du RFN

3 Février 2004

SEE-SIC

5



## Principales références

- **Système**
  - Avis sur la sécurité de la LGV Méditerranée
  - Evaluation des lignes de métro de l'agglomération Toulousaine
  - Evaluation de projets URBAINS (Grenoble, Mulhouse)
- **Infrastructure**
  - Audit de processus du contrôle des infrastructures EOLE
  - Audit de processus sur les Infrastructures METEOR
  - Certification de type de cœurs d'appareils de voie, verrous d'aiguilles, mécanismes d'aiguille, voie tramways

3 Février 2004

SEE-SIC

6

- Energie
  - Audit du processus d'électrification de la ligne PERSAN / BEAUVAIS
- Signalisation
  - Evaluation de la signalisation de la ligne nouvelle L2 (LOUVAINS / LIEGE) en Belgique
  - Certification du sous-système ERTMS (en cours)
  - Certification d'un calculateur embarqué
- Matériel Roulant
  - Evaluation différentes configurations du matériel CITADIS
  - Validation modèle pour Essais de Crash
  - Evaluation interface pupitre Locomotive FRET

3 Février 2004

SEE-SIC

7

## Historique

3 Février 2004

SEE-SIC

8

## SACEM (1)

- Année 80 (première étude)
- Mise en service 1986
- Système d'Aide à la Conduite, à l'Exploitation et à la Maintenance
- Première introduction:
  - De processeur,
  - De logiciel.
- Architecture:
  - Processeur-Codé
    - Famille : 68000

3 Février 2004

SEE-SIC

9

## SACEM (2)

- Développement:
  - Développement classique
  - Développement ADA 83
- Validation
  - La RATP avait demandé une vérification formelle à postériori du développement
    - => Preuve de Hoare
  - La RATP avait financé les études qui sont à la base de l'environnement ASA
    - => IDEF0+ Automate et Model-checking

3 Février 2004

SEE-SIC

10

## METEOR (1)

- Année 90 (première étude)
- Reconstitution et extension de l'architecture sécuritaire processeur-codé.
  - DIGISAFE
- La RATP a décidé d'adopter une méthode formelle pour le développement :
  - la méthode B
  - => Preuve

3 Février 2004

SEE-SIC

11

## METEOR (2)

- La RATP a décidé d'améliorer ASA pour la validation:
  - ASA+ (IDEF0 + Automate communicant étendu)
  - => Model-checking
- SIEMENS (Matra Transport International)
- Mis en service en octobre 1998.

3 Février 2004

SEE-SIC

12



## KVB\_SN (1)

- Début étude: 1993
- Première mise en service: 1996
  
- KVB : Contrôle de vitesse à Balise
- SN : Sol Numérique
- Contrôle de vitesse par balise « sol numérique »
- ALSTOM

3 Février 2004

SEE-SIC

13



## KVB\_SN (2)

- Architecture:
  - FIDARE pour la protection vis à vis des erreurs matériels
- Développement:
  - Méthode B
  - ADA 83
- Déployer sur certaines lignes SNCF

3 Février 2004

SEE-SIC

14



## Normalisation

3 Février 2004

SEE-SIC

15



## 3 normes

- Le domaine du ferroviaire s'appuie sur 3 normes:
  - EN 50126 : Spécification et démonstration de la FMDS;
  - EN 50129 : Systèmes électroniques de sécurité pour la signalisation;
  - EN 50128 : Aspect **Logiciel** de commande.

3 Février 2004

SEE-SIC

16



## Norme NF EN 50128 (1)

- Titre :  
  
Application Ferroviaires, Système de signalisation, de télécommunication et de traitement – Logiciels pour systèmes de commande et de protection ferroviaire.
  
- Norme dérivée de la CEI 61508 (norme générique pour système de sécurité);

3 Février 2004

SEE-SIC

17



## Norme NF EN 50128 (2)

- Caractéristiques:
  - Norme en partie écrite par les acteurs du ferroviaire français;
  - Norme Européenne;
  - Norme CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique;
  - Première version 1998;
  - Première version officielle Juillet 2001.

3 Février 2004

SEE-SIC

18



## Norme NF EN 50128 (3)

- **Domaine:**
  - Exclusivement applicable au logiciel et à l'interaction entre le logiciel et le matériel;
  - 5 niveaux de criticité:
    - Pas critique: SIL0,
    - SIL1, SIL2,
    - Critique : SIL3, SIL4
  - Applicable à:
    - L'application;
    - Le(s) système(s) d'exploitation ;
    - Les outil d'aide au développement;

3 Février 2004

SEE-SIC

19



## Interopérabilité

- Directive d'interopérabilité du réseau grande vitesse
  - Europe 1996;
  - France 2001.
- Indique
  - 5 exigences essentielles à respecter pour réaliser l'interopérabilité:
    - E1: la sécurité
    - E2: la fiabilité / disponibilité
    - E3 : la santé
    - E4 : le respect de l'environnement
    - E5 : la compatibilité technique
  - qu'il faudra écrire des spécifications techniques d'interopérabilité

3 Février 2004

SEE-SIC

20



## STI

- Spécifications Techniques d'Interopérabilité:
  - infrastructure,
  - énergie,
  - matériel roulant,
  - contrôle commande,
  - exploitation,
  - maintenance
- Les STI sont des textes réglementaires approuvés par les états membres.
- La STI C/C recommande l'application des normes EN50128, EN50129 et EN50126

3 Février 2004

SEE-SIC

21



## EN50128: Spécification

- Les méthodes formelles (CCS, ... VDM, Z et B) sont HR en SIL3 et SIL4
- Les méthodes semi-formelles sont HR SIL3 et SIL4
- Les méthodes structurées (SADT, SDL, ..., YOURDON) sont HR de SIL1 à SIL4
- La spécification:
  - Texte en langage naturel
  - Et toutes les notations mathématiques nécessaires

3 Février 2004

SEE-SIC

22



## EN 50128: Conception

- Les méthodes formelles (CCS, ... VDM, Z et B) sont HR en SIL3 et SIL4
- Les méthodes semi-formelles sont HR de SIL1 à SIL4
- Les méthodes structurées (SADT, SDL, ..., YOURDON) sont HR de SIL1 à SIL4

3 Février 2004

SEE-SIC

23



## Exigence

- La norme EN 50128 met en avant deux notions :
  - Les exigences;
  - La traçabilité des exigences sur l'ensemble du processus.

3 Février 2004

SEE-SIC

24

## Certification

## Lien directe avec la norme

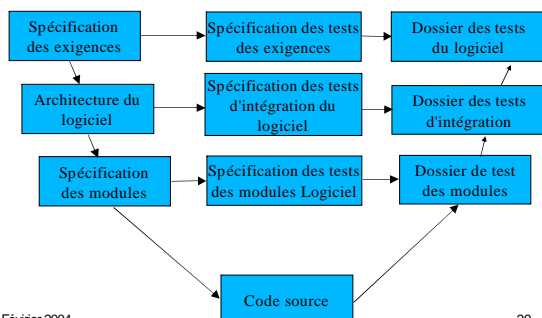
- La section 14 de la norme est intitulé
  - « Evaluation du logiciel »
- Son introduction indique:
  - **Évaluer** que les **processus** du cycle de vie et les **produits** résultants sont tels que le logiciel correspond au niveau défini d'intégrité de la sécurité logicielle et qu'il est adapté à l'application prévue.

## Processus

- 2 phases:
  - Évaluer le processus:
    - Audit du processus de développement et de validation;
    - Évaluation des plans:
      - Existence;
      - Adéquation des méthodes avec le niveau de SIL;
    - Participation à la mise en œuvre des tests.
  - Évaluer les produits:
    - Évaluation des documents produits;
    - Évaluation des composants (test, résultats de test, ...) produits;
    - Évaluation du logiciel.

## Impact des méthodes formelles

## Cycle de développement préconisé....

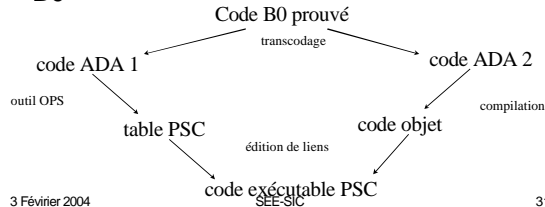


## Calculateur METEOR

- Une exigence :
  - le Monoprocasseur codé
- Un nouveau calculateur : DIGISAFE
  - puissance de calcul accrue
  - innovations majeures
    - utilisation d'ASIC pour fonctions de sécurité
    - un coprocesseur (ASIC) dédié aux calculs sur le code

## Suppression des tests unitaires

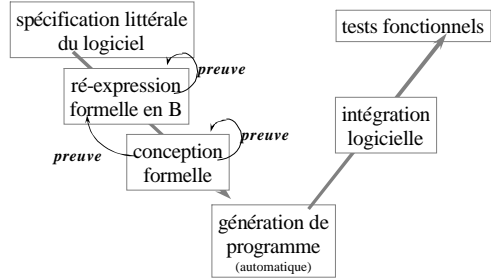
- le transcodage + DIGISAFE permet la sécurisation de l'exécution
- double chaîne de transcodage à partir du B0



3 Février 2004

31

## Le cycle de vie des logiciels B



3 Février 2004

SEE-SIC

32

## Impact des Méthodes Formelles sur la certification

3 Février 2004

SEE-SIC

33

## Domaine ferroviaire français

- Types de développement:
  - Développement classique ADA83 ;
  - Développement formel avec B ;
  - Développement formel avec SCADE (Lustre) ;
  - Développement ADA 95 ;
  - Développement UML/C++.

3 Février 2004

SEE-SIC

34

## Impact sur la certification

- Identification des langages de spécification et codage;
- Identification des techniques de sécurisation et justification;
- Stratégie de vérification et de validation.

3 Février 2004

SEE-SIC

35

## Impact de B ... (1)

- Impact global:
  - Connaissance du processus de développement B et des exigences associées;
- Relecture des documents de conception:
  - Introduction d'exigence;
- Relecture du code:
  - Connaissance de B;
  - Relecture des lemmes mathématiques;

3 Février 2004

SEE-SIC

36

- Analyse du processus de vérification formelle:
  - Traçabilité spécification textuelle/code B
  - Analyse des résultats
    - nombre de PO,
    - nombre de preuves,
    - nombre de lemmes,
    - ...
  - Analyse des travaux complémentaires (validation des lemmes mathématiques)

- Dans le cadre des marchés européens ou internationaux, il n'est plus possible de demander l'utilisation d'une méthode ou d'un outil.
- Il peut y avoir des « recommandations ».

## Nouveaux Besoins

## UML

- Spécification : apparition de modélisation UML
  - UML est une notation;
  - Pb de sémantique;
  - Outillage ....
- Conception : Génération de code orienté objet à partir de spécification UML
  - Processus de génération de code
  - Génération partielle
    - => codage complémentaire

## EN 50128

- Spécification :
  - ?
- Conception :
  - Programmation orienté objet R de SIL1 à SIL4
  - Sous-ensemble du langage HR pour SIL3 et SIL4
  - Traducteur validé HR de SIL1 à SIL4
  - Traducteur éprouvé à l'utilisation HR de SIL0 à SIL4
- Vérification
  - Métrique
  - testabilité

## Conclusions



## A ce jour

- CERTIFER c'est 32 certificats et d'autre analyses.
- Un référentiel normatif prenant en compte l'expérience;
- Plusieurs expériences
  - De développement formel
  - De certification d'application développée formellement
- Un nouveau besoin en cour de maîtrise:
  - L'ingénierie des exigences.

3 Février 2004

SEE-SIC

43



## Demain

- De nouvelles architectures matérielles:
  - 2 parmi 2
  - 2 parmi 3
- Nouveau processeur
- PC du commerce
  
- Développement orienté objet (ADA95, C++, JAVA, ...);
- Spécification UML + génération de code;
- .....

3 Février 2004

SEE-SIC

44



Questions ?

3 Février 2004

SEE-SIC

45