

Application industrielle de la Méthode formelle B

Guilhem Pouzancre

Thierry Servat

novembre 2005

Contact@Clearsy.com

EUROPARC de Pichaury
Bâtiment C1
1330, av. Guilibert de la Lauzière
13 856 Aix en Provence Cedex 3

Téléphone : 04.42.37.12.70
Télécopie : 04.42.37.12.71
www.clearsy.com



Plan

- ❑ **Clearsy en deux mots**
- ❑ **Quelques définitions**
- ❑ **Principes de la méthode**
- ❑ **Les outils**
- ❑ **Application industrielle : Système sécuritaire
SIL 3 (RATP)**
- ❑ **Application industrielle : SPRAT (CNIM-DGA)**

Clearsy en deux mots

Clearsy exploite ses compétences en modélisation formelle pour réaliser ses prestations de développement de logiciels ou de systèmes

Ingénierie

- Système (dev et appli)
- Logiciels Garantis
- Sûreté de Fonctionnement

Recherche & Développement

- Innovation méthodologique
- Expérimentation de modélisation
- Réalisation de Logiciels d'Ingénierie

Leader dans le développement industriel de la Méthode B

Méthode de modélisation formelle avec preuve

Éditeur de l'Atelier B



Systemes et methodes formelles

(extrait de la norme RTCA DO-178B/EUROCAE ED-12B)

Une analyse avec methode formelle peut fournir la preuve que le systeme est complet et correct vis à vis de ses exigences.

L'utilisation de specifications formelles seules rend les exigences non ambiguës.

Logiciels et méthodes formelles

(extrait de la norme aéronautique DO-178B)

L'utilisation de méthode formelle a pour but d'éviter et d'éliminer les erreurs de spécification, de conception et de codage lors du développement du logiciel.

Norme du ferroviaire

Pour les spécifications, des méthodes formelles mathématiques sont recommandées car le modèle formel fournit précision, non ambiguïté et cohérence.

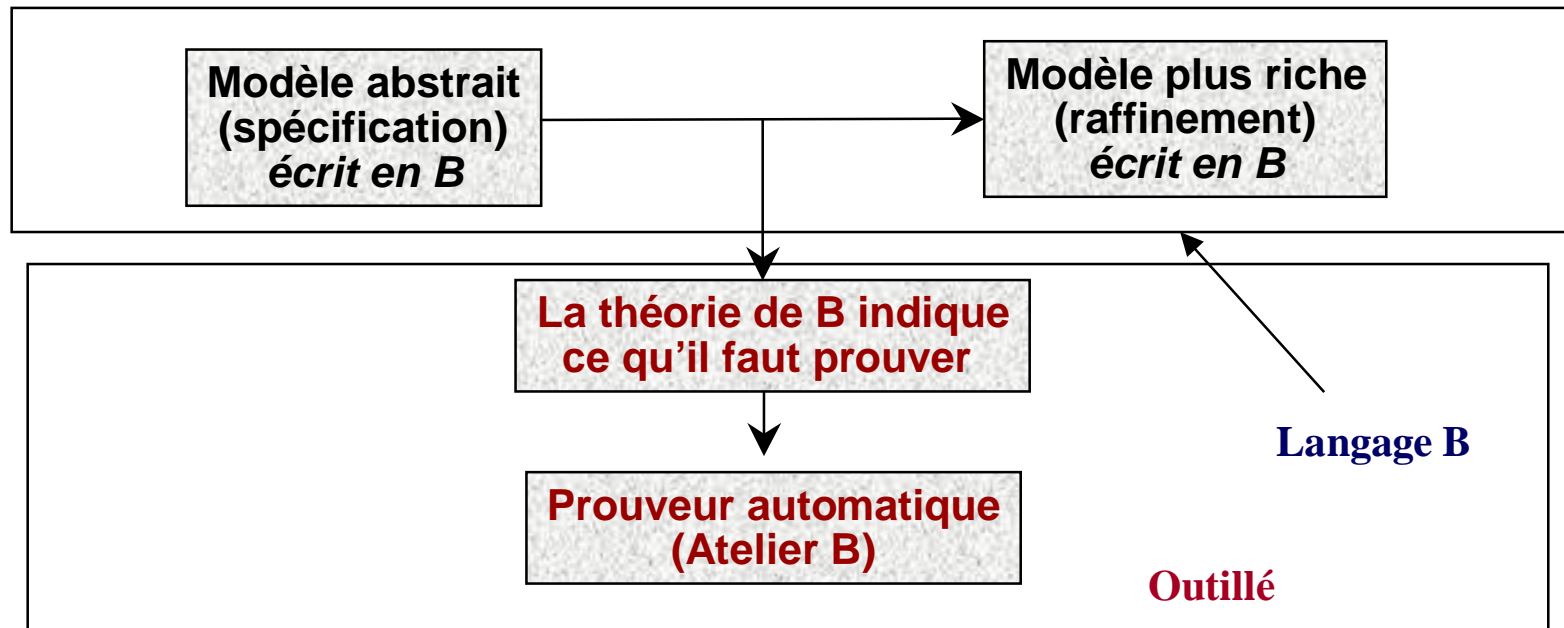
Norme Critères Communs pour l'évaluation de la sécurité des systèmes d'information

Préconise l'utilisation de modèles formels à partir du niveau 5 et indique que le niveau 7 est atteint *par la réalisation d'une spécification et d'une conception formelle de haut niveau, avec démonstration formelle de la correspondance entre elles.*

Principes de B

3 ingrédients : modélisation, raffinement et preuve

Le langage B est basé sur la théorie des ensembles et la logique des prédicats



Apports du langage formel et de la preuve

- ❑ **Le langage mathématique amène la précision**
- ❑ **Le raffinement amène la structuration des modèles :
décomposition, précision, traçabilité, preuve**
- ❑ **Les preuves de propriétés amènent cohérence des
fonctions entre elles et la vérification de celles-ci au
besoin**
- ❑ **Les preuves de code logiciel : divisions par zéro, boucles,
dépassement de tableau, mémoire**

Deux applications : système et logicielle

Méthode B

B'Logiciel

B'Système

Développement de logiciels sûrs prouvés

Modélisation de systèmes

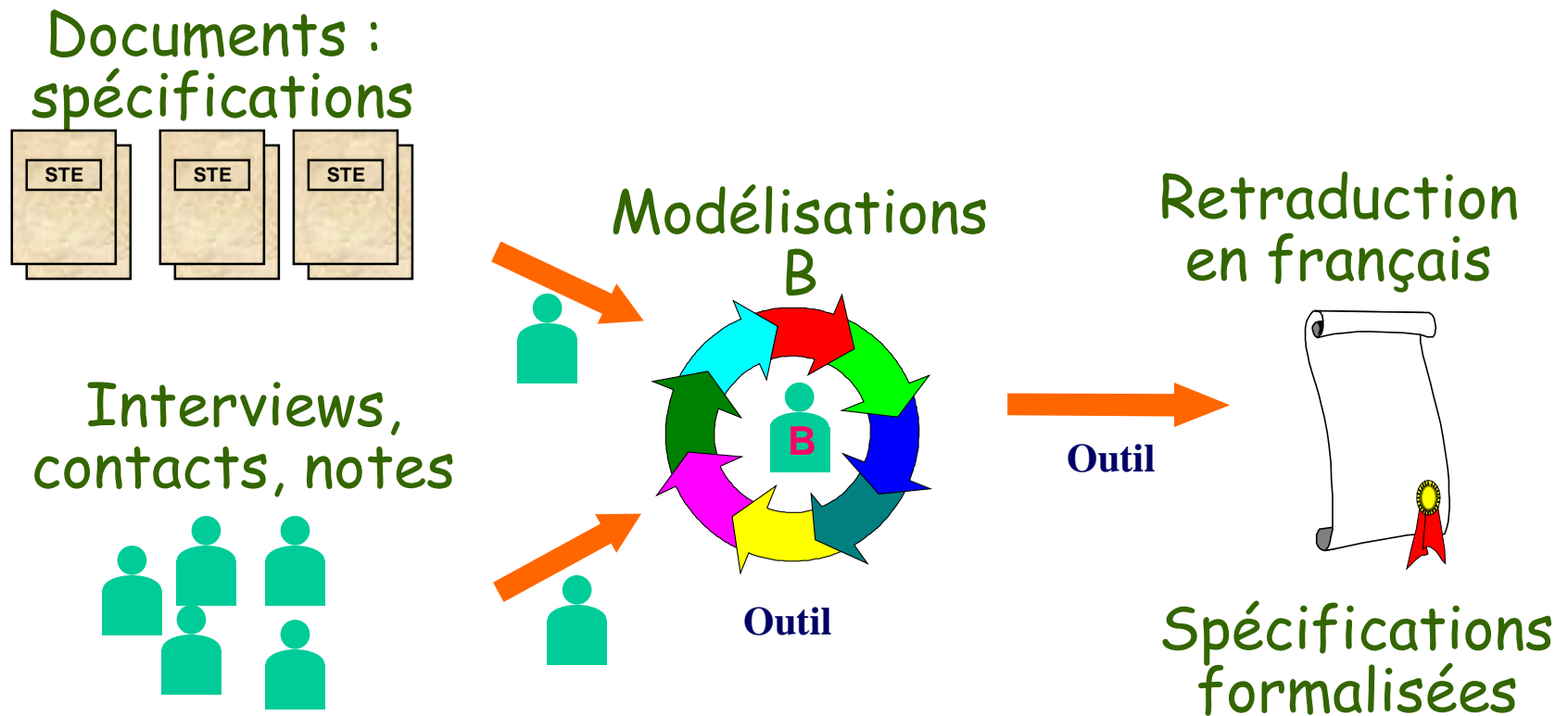
Méthode outillée
Par CompoSys
Et des outils de
l'Atelier B

Preuve formelle de propriétés

Exploitation du modèle

Méthode outillée
Par l'Atelier B et
B4free

Processus simplifié B'Système



Processus simplifié B'Logiciel

- Modélisation des spécifications informelles du logiciel**
- Raffinement des modèles en modèles plus précis**
- Jusqu'à obtenir un code en langage B0**
- La preuve est réalisée au fur et à mesure**
- Traduction automatique des modèles en un langage informatique**

Les outils

- ❑ **Pour le logiciel : Atelier B (industriel) et B4free (académique et expérimental)**
- ❑ **Pour la réalisation de modèles systèmes (sans raffinement) : CompoSys (Beta test)**
- ❑ **Pour la réalisation de modèles systèmes prouvés : les trois outils utilisés par des experts**

Les outils futurs en cours de développement

ACADEMIQUES

- Un projet Européen en cours
- Réalisation d'une nouvelle plate forme ouverte et open source d'outils d'aide à la modélisation système
- Une plate forme open source sous Eclipse

INDUSTRIELS

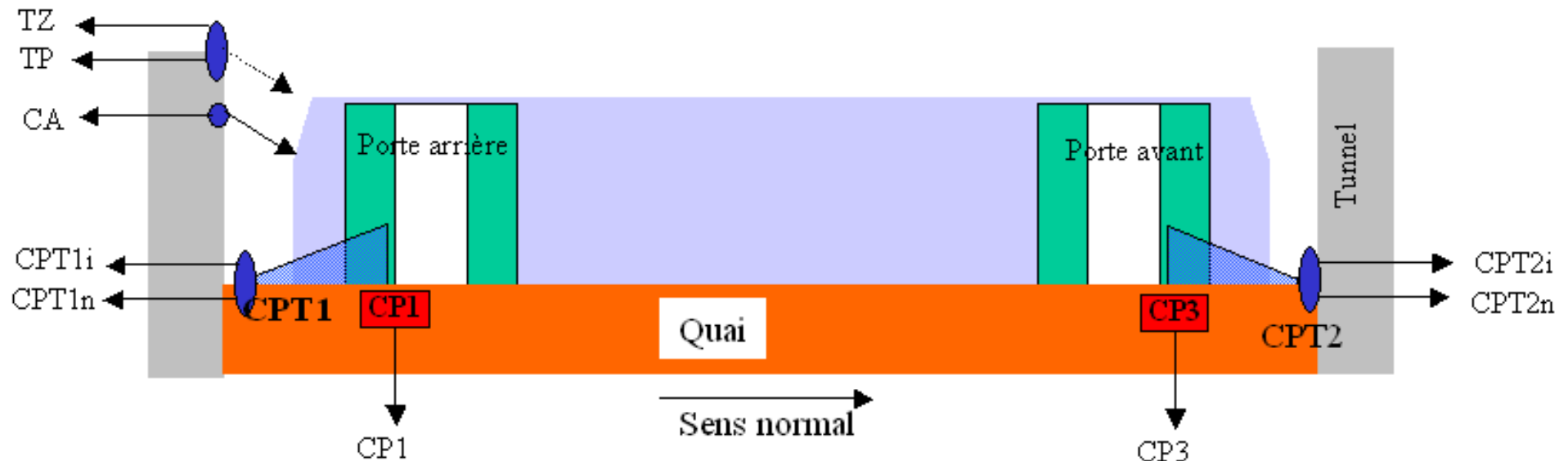
- Réalisation d'outils industriels à partir de la plate forme Rodin
- Outil d'animation de modèles et de documentation

Des Applications industrielles

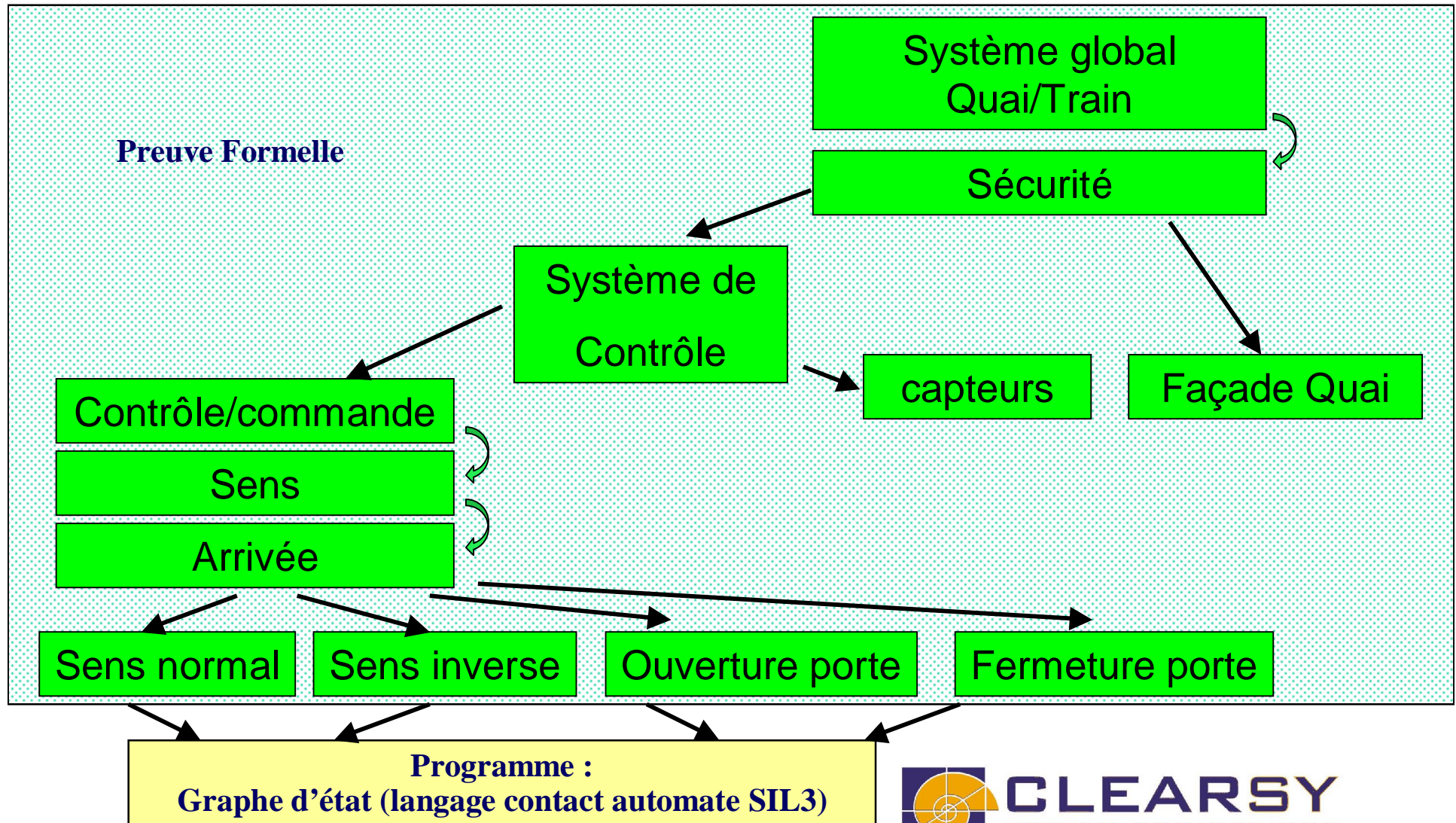
- ❑ **ST : modélisation de politique de sécurité de composant**
- ❑ **PEUGEOT : Modélisation des principes de fonctionnement de trois modèles de voitures et production des données de diagnostic associées**
- ❑ **CLEARSY : Développement du système de contrôle de portes palières pour RATP**
- ❑ **SIEMENS : Développement des automatismes embarqués et au sol du métro sans conducteur Meteor, de Barcelone et de la Carnasie Line de New York**
- ❑ **CLEARSY : Développement des logiciels sécuritaires des automatismes fixes du futur Val de Roissy pour Siemens**
- ❑ **Expérimentation de modélisation du système de commande des tuyères d'Ariane par Clearsy pour le CNES**
- ❑ **Modèles de politiques de sécurité de composants hardware**

Exemple d'un système de Façade (métro)

- ❑ 2 Capteurs infrarouges : **détection de la présence d'un train**
- ❑ 1 Télémètre hyperfréquence : **détection de la position et de la présence d'un train**
- ❑ 1 Radar DOPPLER : **détection des mouvements du train**
- ❑ 2 Radars DOPPLER : **détection des mouvements des portes du train**



Systeme de Façade de Quai



Exemple industriel de modélisation système



« Le "SPRAT" est le système de franchissement le plus novateur actuellement conçu. Il n'a aucun équivalent au monde, et intéresse plusieurs armées étrangères. »

Extrait : www.cnim.fr

Réalisation d'un document de conception système (avec CompoSys)

Pour chaque sous-système on décrit :

- Ses fonctions
- Ses interfaces (fil, capteur, actionneur, paramètre réseaux, circuit hydraulique, circuit pneumatique, etc.)
- Ses règles de fonctionnement

Résultat : 50 sous-systèmes électroniques, 400 interfaces, 200 fonctions, ont été décrits.

Utilisation d'une méthode et d'un outil pour les descriptions : CompoSys

- Modélisation couplée : méthode formelle B / langage naturel
- Vérifications automatiques et semi-automatiques de la cohérence
- Génération automatique du document final et de différentes vues du système

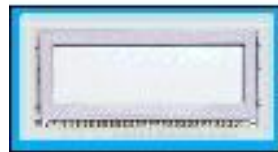
Exemples de sous systèmes

Fonction climatisation assurée par 5 éléments

Dans la maquette les schémas sont beaucoup plus détaillés

CAN Moteur

1. Ecran déporté



CAN
Servitude

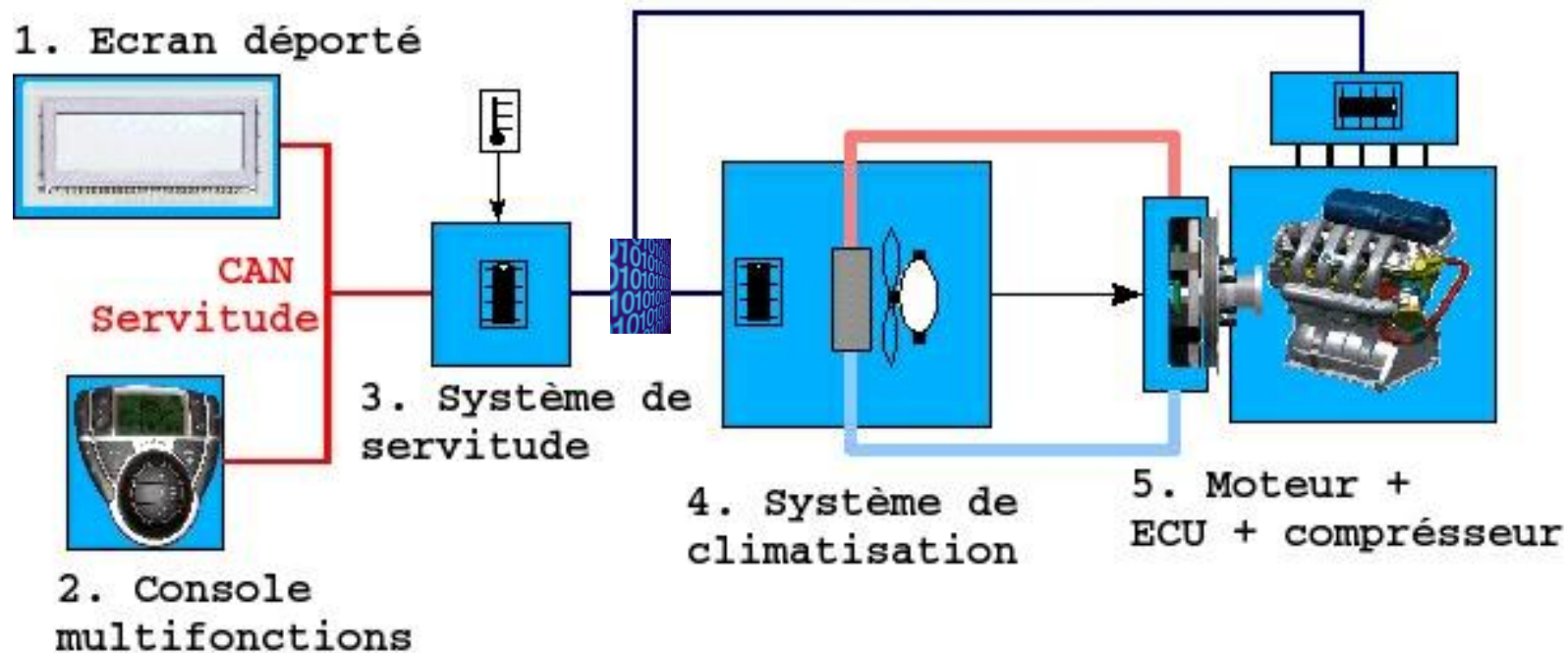


2. Console
multifonctions

3. Système de
servitude

4. Système de
climatisation

5. Moteur +
ECU + compresseur



Méthode : cinq tâches itératives

1. Décomposition du système en sous-systèmes
2. Recensement des fonctions des sous-systèmes
3. Descriptions formelles des fonctions
 - ❑ Quels paramètres et comment elles les utilisent
4. Description informelle de l'implantation des interfaces dans le système
5. Enrichissement du modèle formel
 - ❑ Langage naturel, schémas, autres formalismes.

Modèle à double face

□ Face formelle

- ✓ Explications non ambiguës
- ✓ Automatisation des vérifications et calculs des vues

□ Face informelle

- ✓ On réalise un lien entre les entités formelles et les entités du système
- ✓ Toutes les interfaces et les fonctions sont décrites

Face formelle

❑ Vérifications Syntaxiques Automatiques

- ✓ Vérifications syntaxiques : modèle, liens modèle – langage naturel ...
- ✓ Vérifications de type, portée des paramètres, ...
- ✓ Règles de cohérences : environ 50 dans **COMPOSys**.

Ex : Vérifier que chaque paramètre est utilisé et produit par un sous-système, avec des types de données compatibles

❑ Preuves formelles : automatiques / semi-automatiques

- ✓ Invariants/Raffinements/Abstractions : techniques pour reformuler les descriptions (utile pour les descriptions compliquées)
- ✓ Preuves mathématiques que les différentes formulations ne se contredisent pas.

Exemple d'Invariant : Le véhicule a besoin de courant électrique pour démarrer

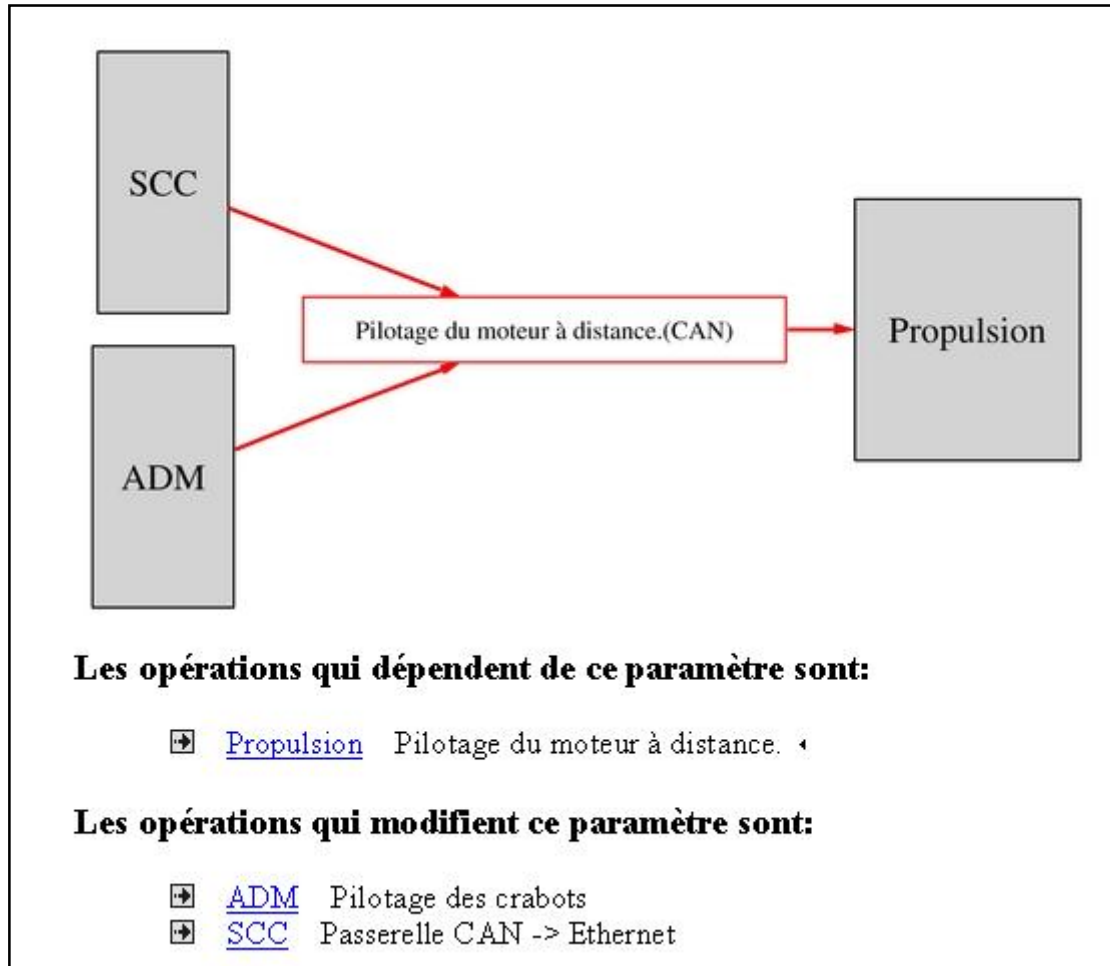
Moteur = Dem => AlimPrincipale = TRUE

❑ Génération automatique des vues.

- ✓ L'outil génère plusieurs représentations de la même information.

Face informelle

Les vues générées sont en langage naturel



Autres exemples de vues :

- Matrices réseaux
- Réseaux électriques
- Vue par composant
- Vue par chaîne fonctionnelle

Apports lors de la création du modèle : la précision d'un langage mathématique

□ Les spécifications fonctionnelles :

- ✓ Elles sont vérifiées
- ✓ Elles sont complétées
- ✓ Des difficultés sont anticipées

**Une « pré-intégration » fonctionnelle des
composants est réalisée**

Apport lors de l'exploitation du modèle

- ❑ **Le modèle est une base d'information commune aux activités transverses de :**
 - ✓ Vérifications et intégration
 - ✓ Sûreté de fonctionnement
 - ✓ Dimensionnement des réseaux
 - CAN, électriques, ...
 - ✓ Études d'impact
 - ✓ Formation

Point de vue

❑ Principales difficultés techniques :

- ✓ Choix du niveau de formalisation (à confier à une personne expérimentée)
- ✓ Des descriptions formelles multi-métiers (mécanique, électronique, hydraulique, ...) qui requièrent des notions de mathématiques

❑ Principaux avantages

- ✓ Une approche guidée, outillée et éprouvée sur des cas industriels.
- ✓ Très bonne et rapide appréhension du système.
- ✓ Connaissance transmissible et réutilisable.
- ✓ Économique, chiffrable, travail itératif.

Bilan des modèles Sprat

- ❑ **Le modèle est une « *base d'informations* »**
 - ✓ Sous-systèmes, Fonctions, Paramètres
 - ✓ Que l'on alimente en « expliquant » les fonctions
 - ✓ « Explications » mixtes : B et autre formalisme

- ❑ **Utilisation de cette base pour les travaux transverses**
 - ✓ Vérifications de compatibilité entre les composants
 - ✓ SDF, bilans électriques, diagnostic ...
 - ✓ Calculs

- ❑ **Une méthode outillée et économique de modélisation en B'Système : COMPOSYS**
 - ✓ Bientôt une version en bêta test.
 - ✓ Actuellement ce type de modélisation est réalisée par ClearSy