

Méthodes de modélisation et d'exploration
d'architectures Hw\Sw pour des Systèmes embarqués
destinés à la protection des réseaux électriques
moyenne tension

Khaled RAHMOUNI
23/10/2008



Sommaire

● Introduction

- Schneider Electric en quelques mots
- Objectifs et Etapes des travaux

● Travail effectué

- Présentation du relais de protection Sepam10
- Modèle SystemC de la carte de traitement du relais
- Binaire utilisé pour valider le modèle
- Résultats et difficultés rencontrées
- Demo

● Travail en cours

- Partitionnement Hw\Sw : Cas d'étude
- Description du composant Hw
- Architecture proposée
- Gains envisageables

Une offre globale pour 4 marchés

Énergie et infrastructures
disponibilité, sécurité, optimisation des coûts

16% du chiffre d'affaires



réseaux électriques, traitement de l'eau, aéroports, tunnels, télécom, centres de données

Industrie
productivité, flexibilité, sécurité, traçabilité


32% du chiffre d'affaires



agroalimentaire, automobile, électronique, packaging, pharmacie

Bâtiments
confort, communication, sécurité, économies d'énergie

37% du chiffre d'affaires



bureaux, magasins, usines, hôtels, hôpitaux, musées, écoles, universités

Résidentiel
sécurité, confort, communication

15% du chiffre d'affaires



maisons individuelles, immeubles d'habitation

Département PMC : Gamme de relais de protection MT Sepam



series 10

- Solution simple
- Entrée de gamme

series 20

- Solution simple
- Applications standards



series 40

- Solution évoluée
- Applications personnalisables



series 80

- Solution complexe
- Applications personnalisables

Objectifs des travaux

- **PMC vise plusieurs objectifs compatibles avec la modélisation SystemC :**
 - **Amélioration de la qualité des produits de protection**
 - Détecter des bugs plus tôt dans le cycle de développement
 - Réduire ainsi le Field Failure Rate (FFR)
 - **Effectuer les développements SW et HW en parallèle**
 - Développer le SW à partir d'IP HW SystemC
 - La notion de « réutilisation » peut être appliquée aussi bien au SW qu'au HW
 - Réduire ainsi le « Time to Market »
 - **Permettre des choix d'architecture tardifs**
 - Partitionnement HW\SW évolue en fonction des besoins
 - Plus de liberté dans le choix de l'architecture finale
 - Dimensionner de façon plus fine le HW
 - **La simulation au cycle près du SW sur le modèle SystemC du HW**
 - Pour l'acceptation de l'approche par les ingénieurs
 - En vue de l'estimation fine de performance
 - **Support pour la certification des produits par injection de fautes**

Etapes des travaux

- Modèle SystemC CABA de la carte de traitement du relais de protection
- Evolution du Modèle HW en vue d'une exploration d'un nouveau partitionnement HW\SW
- Implémentation du modèle obtenu avec le nouveau partitionnement
- Remonter le niveau d'abstraction du modèle (passage en TLM-T)
- Passage d'un modèle 'comportemental' du système type UML à un modèle TLM -T
- Définir une méthodologie qui spécifie le flot de conception des nouveaux produits

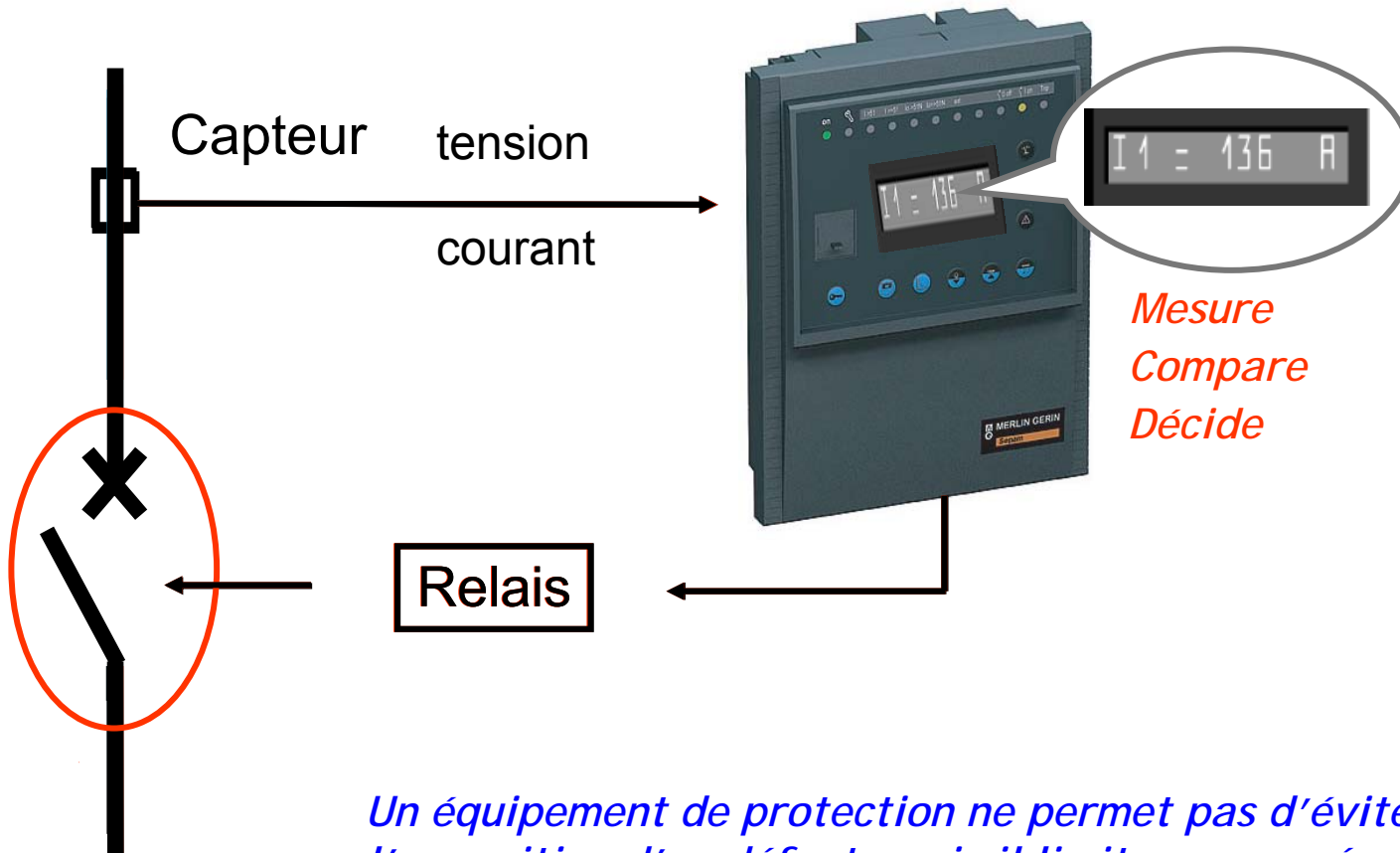
Contexte des travaux

- **Projet européen TWINS → Optimisation du Co-design HW/SW pour le développement de systèmes embarquant du logiciel critique**

- **Plusieurs partenaires: Chercheurs, Industriels.**
 - CEA list (Paris), TIMA (Grenoble) → dans le cadre du contrat CIFRE
 - Scaleo Chip, Continental, Nokia(Finland), Metso(Finland), Cetic (Belgique), Barco(Belgique), OCE(Pays-bas), ZIV(Espagne)

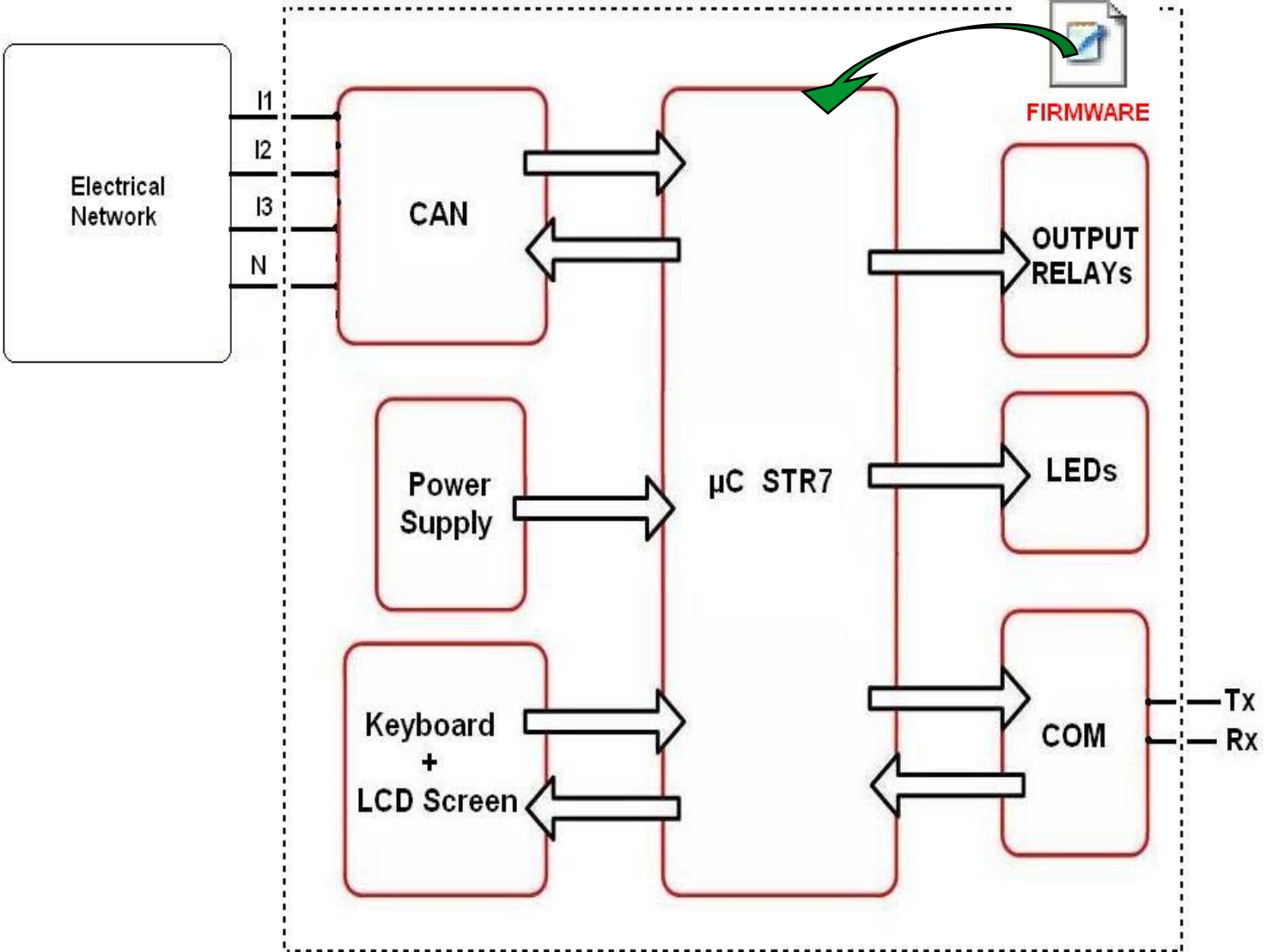
Qu'est-ce-qu'un relais de protection MT ?

Détecte et isole le défaut

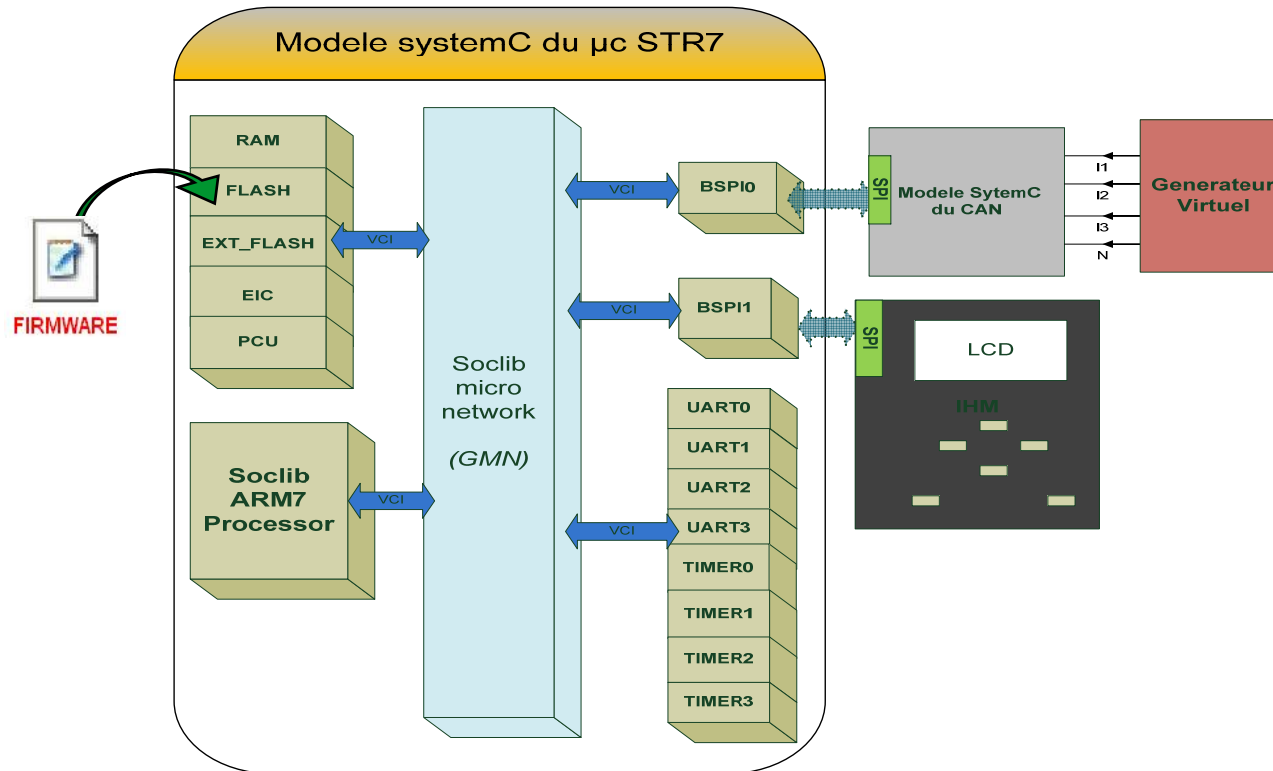


Un équipement de protection ne permet pas d'éviter l'apparition d'un défaut, mais il limite ses conséquences ...

Carte de traitement du relais de protection Sepam10



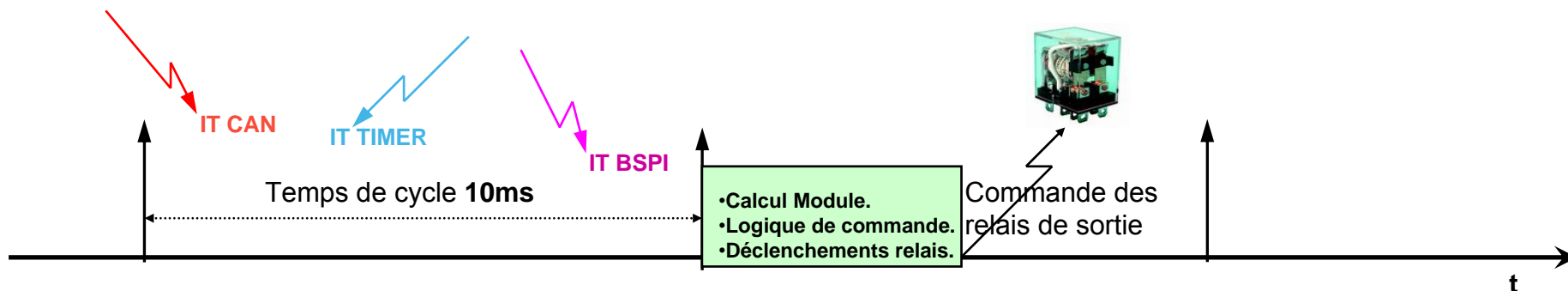
Maquette virtuelle de la carte



- Les composants ARM7, RAM, GMN proviennent de la librairie Soclib
- Les autres IP ont été développés
- Le CAN a été modélisé en respectant son interface et ses spécifications.
- Une application sert à émuler la face avant (afficheur + clavier) du relais.
- Une application joue le rôle de générateur de courant virtuel.

Firmware utilisé sur la maquette virtuelle

- Le Firmware est issu de la chaîne de développement ARM
 - on utilise sur la maquette virtuelle le même binaire qui tourne sur le relais.
- En tâche de fond, toutes les 10ms une série de tâches est répétée :
 - Calculer les modules des signaux d'entrée
 - Appliquer les algorithmes de protection
 - Piloter les ports de sortie en conséquence...
- Une autre série de tâches est traitée sous IT
 - Dialogue avec le CAN
 - Gestion de l'affichage
 - Comptage Timer
 - IT UART.



Résultats et difficultés rencontrées

● Résultats:

- Le Firmware tourne sur la maquette SystemC de la carte
- Une démonstration est disponible
- Le ratio entre l'exécution sur la maquette réelle et virtuelle est de l'ordre de 1000

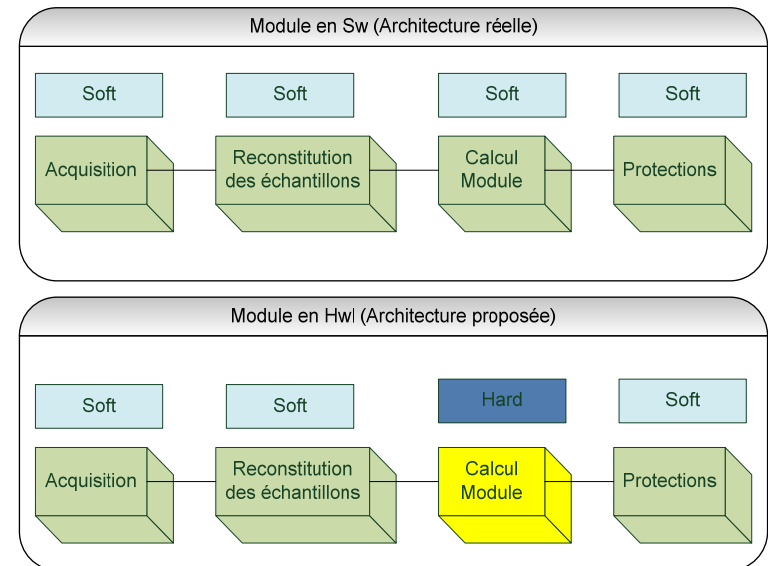
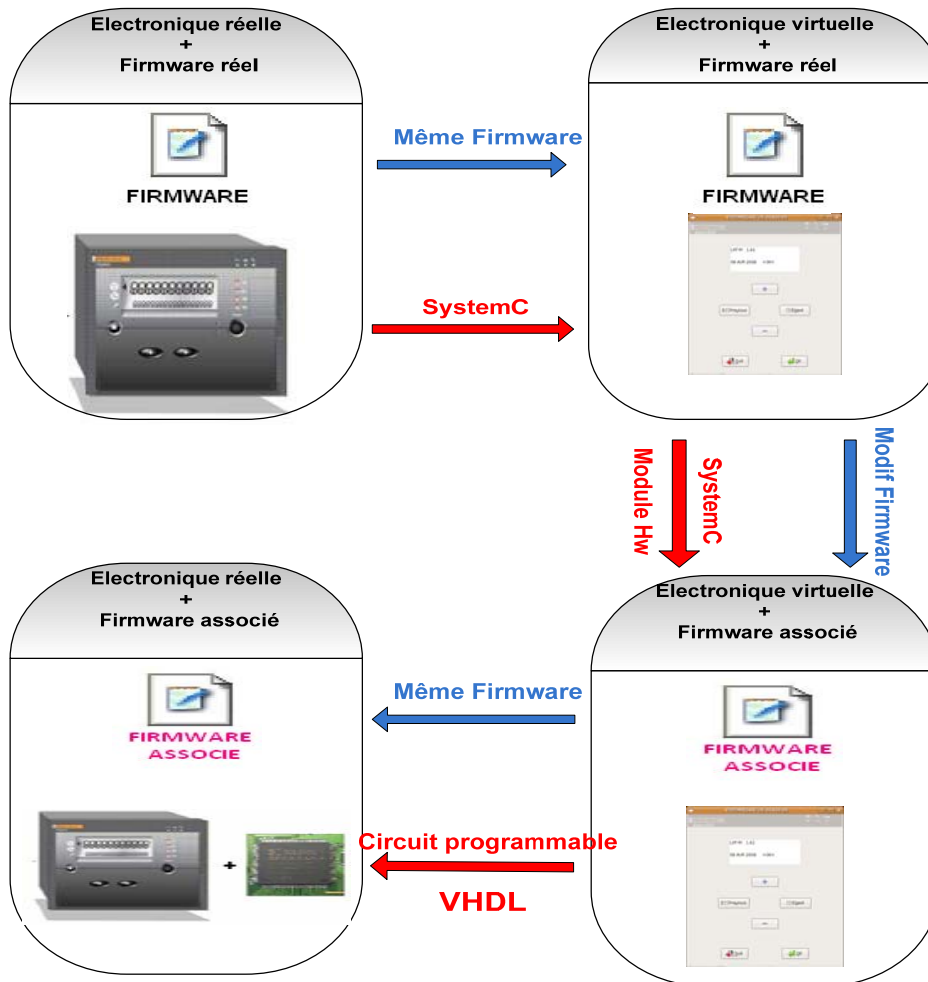
● Difficultés:

- Développement et validation d'IPs qui n'existe pas dans Soclib
- Quelques bugs dans l'ISS ARM7 sur les instructions "Thumb"
 - Plusieurs Heures de débogage
 - Utilisation d'un Firmware qui ne contient pas d'instructions "Thumb"
- Outils de debug très basiques (débogage niveau instruction)

DEMO

Partitionnement Hw/Sw

- Pourquoi? Pour trouver l'architecture la plus « performante »
- Une fonctionnalité initialement décrite en Sw est implémentée en Hw



Cas d'étude

- Un des traitements nécessaires aux algorithmes de protection est le calcul des modules des signaux
- Aujourd'hui : réalisé par Sw sur toute la gamme de relais Sepam
- Demain : on souhaite le réaliser par du Hw dédié

- La formule:
$$\text{Module}^2 = \left(\sum_N A_i E_i \right)^2 + \left(\sum_N B_i E_i \right)^2$$

Avec A_i, B_i : coefficients constants pour une harmonique donnée

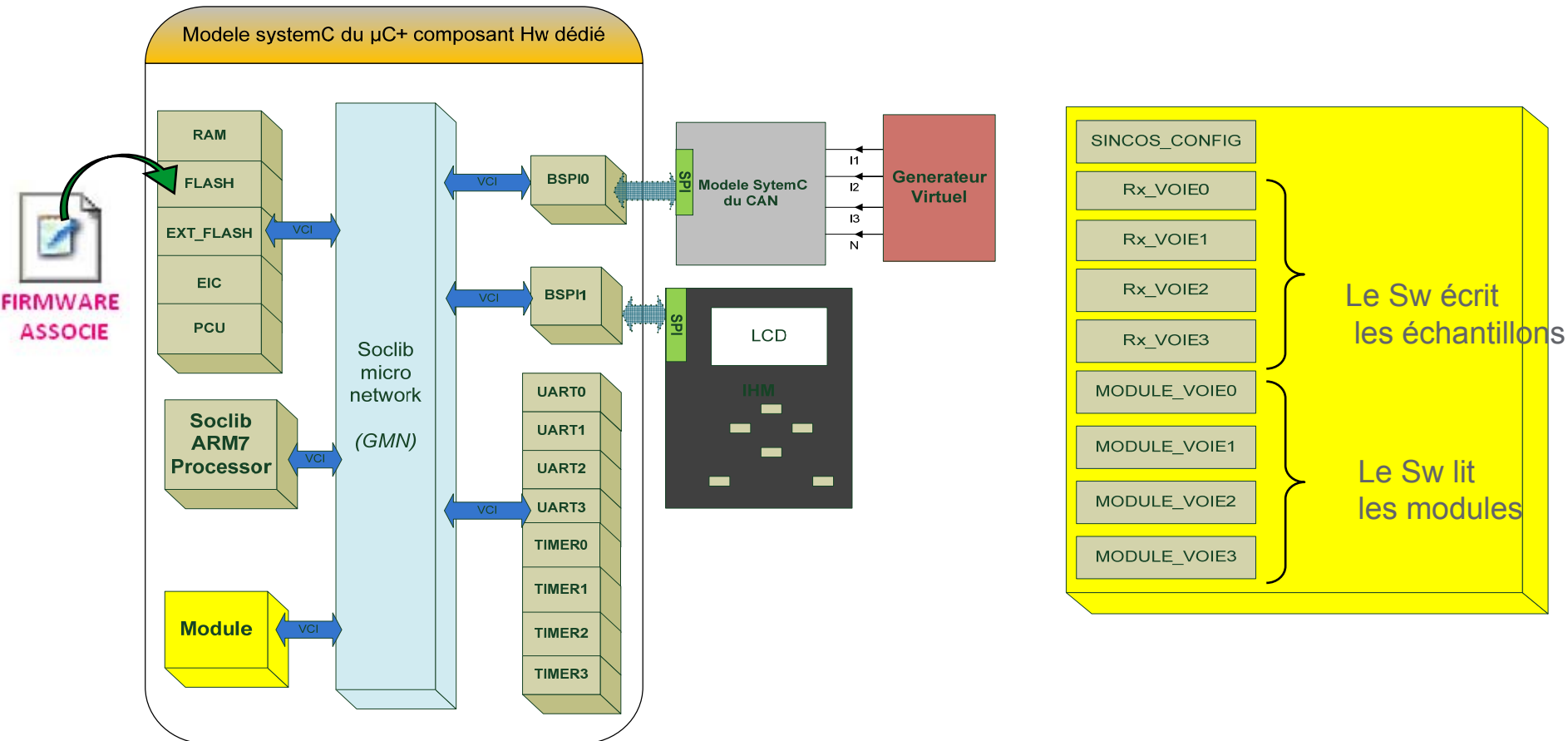
E_i : échantillon numéro i

N : nombre d'échantillons par période de signal/ i de 0 à N

- Le calcul du module s'effectue sur plusieurs harmoniques
→ on dispose d'autant de jeux de coefficients A_i, B_i qu'il y'a d'harmoniques

Description du composant Module

- Composant « Module » adressable en load/store.
- Le Sw lui fournit les échantillons issus du CAN.
- Le composant effectue le calcul des modules .
- Le Sw va ensuite lire ces modules.



Résultats

	Calcul module Sw	Calcul module Hw
Alimentation en nouveaux échantillons (4 voies)	Les échantillons issues du sont stockées dans des tableaux Entre 18 et 80 μ s	Les échantillons issues du CAN sont envoyées au composant Module Entre 5 et 70 μ s
Calcul du Module (4 voies)	Le calcul par Sw prend Entre 4320 et 4400 μ s	Le composant Module effectue le calcul, le Sw va chercher les résultats. Entre 5 et 40 μ s

- Une première implémentation du composant Module a été réalisée

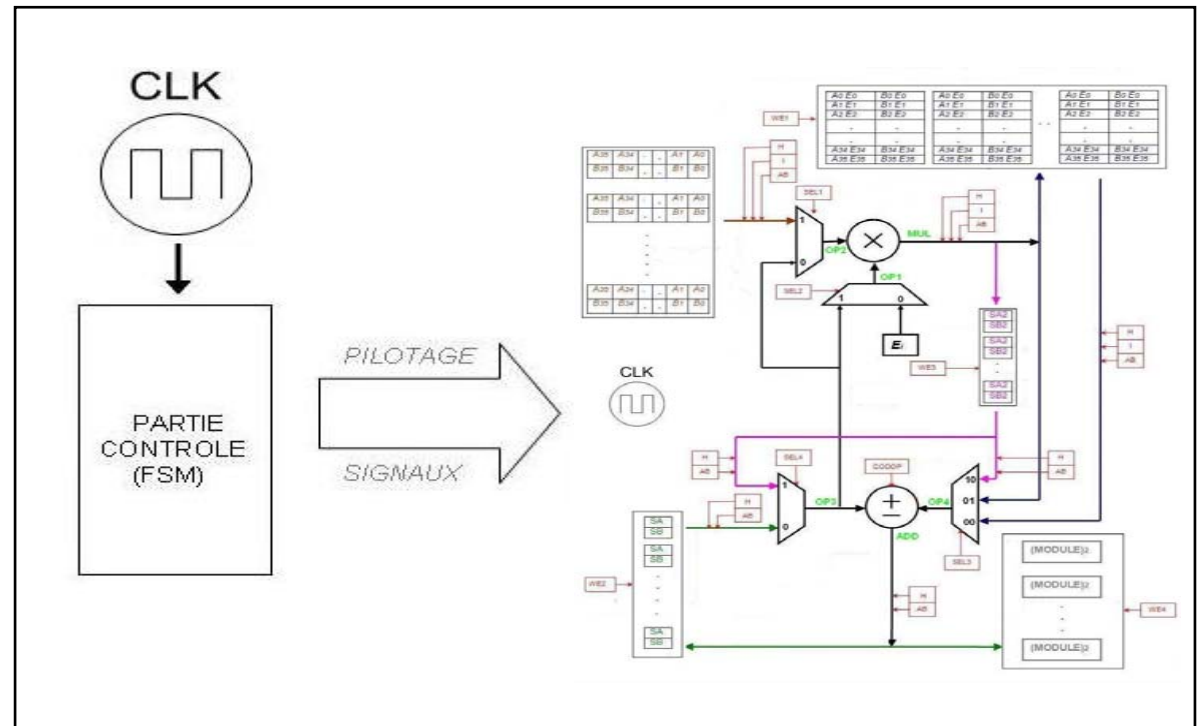
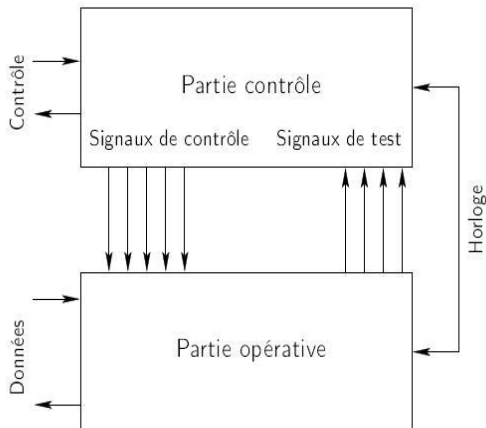
- Elle permet de fixer une borne max sur les gains de performances que l'on peut espérer obtenir
- Théoriquement, on peut considérablement améliorer la réactivité du relais (de l'ordre de 100)
→ c.-à-d. le relais déclenche 100 fois plus vite lorsqu'il voit un défaut.

- Une implémentation plus réaliste (synthétisable) de ce composant est en cours

- Donne une idée précise du temps que mettra le composant Hw à calculer les modules en réalité
- Description VHDL et synthèse matérielle possible

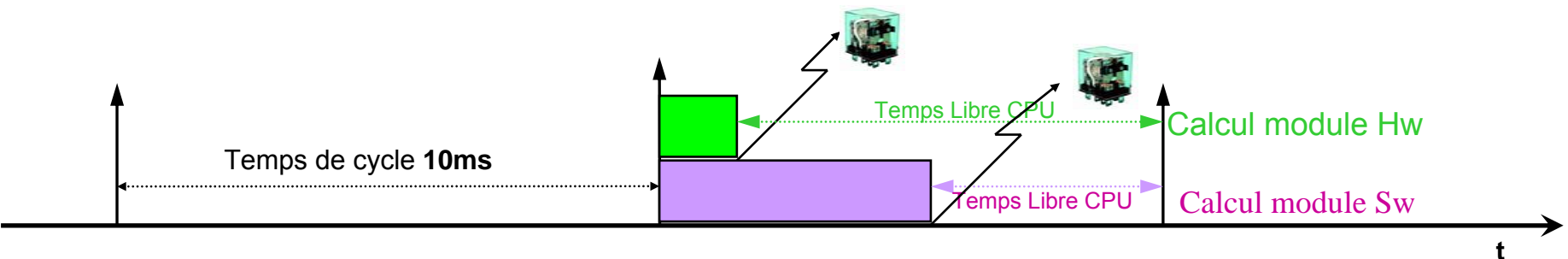
Implantation Hw du composant Module

- Implantation sous forme d'une « partie opérative » + « partie contrôle »
- **Partie opérative:**
 - Ensemble d'opérateurs effectuant des opérations en fonction de commandes
 - Interconnexions de registres, additionneurs, multiplicateur sur n bits
- **Partie contrôle**
 - Génère des commandes en fonction de signaux de test
 - Machine à états (FSM)



Gains envisageables

- A chaque nouvel échantillon E_i :
 - Le module est recalculé par le composant Hw
 - Les opérations MUL et SUB se font « en parallèle »
- Vu du Hw → les modules de N harmoniques nécessitent N bouclages de la FSM de contrôle.
- Vu du Sw → les modules de N harmoniques sont disponibles « en parallèle »
- On espère améliorer la réactivité du relais sur 2 points:
 - En diminuant le temps de cycle → le Sw va lire le module plus souvent
 - En améliorant la rapidité à partir du moment où on lance un calcul de module jusqu'au moment où on pilote les relais de sortie..
- On espère aussi pouvoir augmenter la fréquence d'échantillonnage du CAN
 - Gagner en précision
 - Proposer une offre plus compétitive que la concurrence



Merci de votre attention

Des questions?