



*Institut des
Techniques d'Ingénieur
de l'Industrie*



4, rue Merlet de la Boulaye
BP 30926
49009 ANGERS cedex 01

ADAPTATION D'UN NOYAU TEMPS RÉEL POUR AUTOSAR

Document de présentation du sujet de projet de fin d'études

Apprenant

Jonathan ILIAS
Assistant pédagogique
4, rue Merlet de la Boulaye
BP 30926
49009 ANGERS cedex 01

Tuteur industriel

Jérôme DELATOUR
Enseignant/chercheur
4, rue Merlet de la Boulaye
BP 30926
49009 ANGERS cedex 01

Tutrice pédagogique

Anne-Marie LECLECH-DEPLANCHE
Enseignante/chercheur
Avenue du professeur Jean Rouxel
BP 539
44475 CARQUEFOU cedex

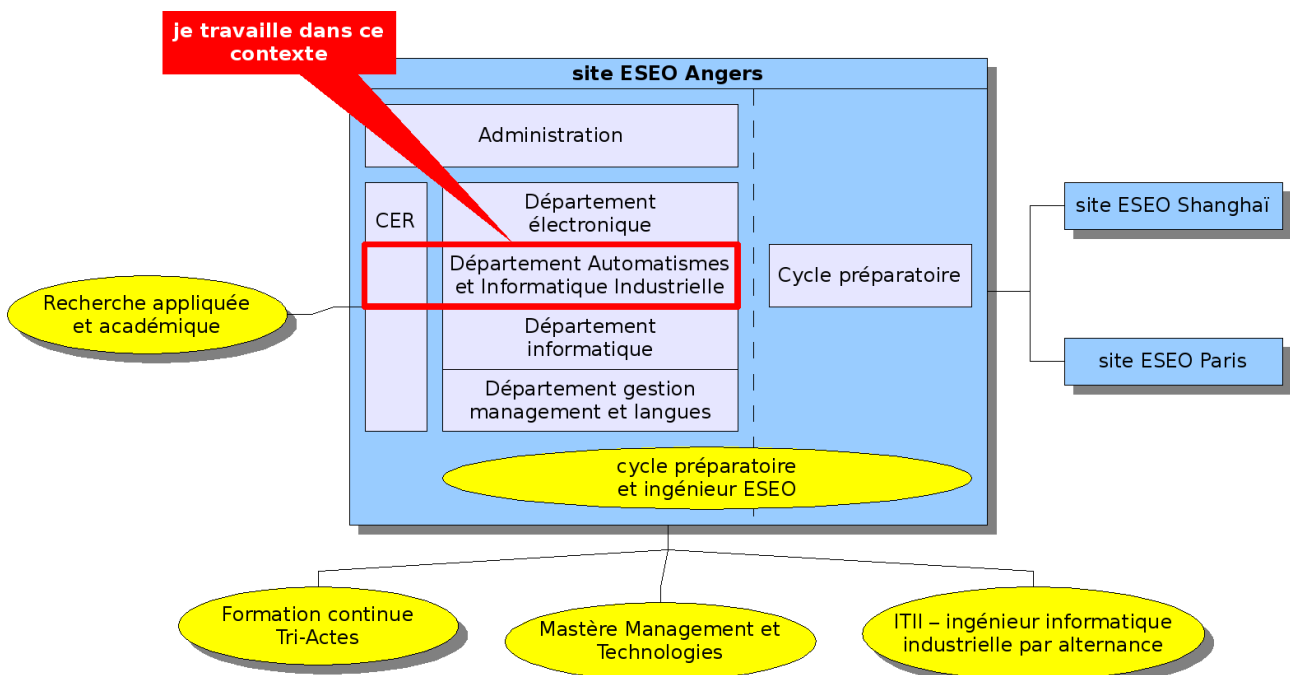
1. Présentation de l'ESEO

Fondée en 1956 à l'initiative du Chanoine Jean Jeanneteau, l'ESEO a obtenu l'agrément de la CTI quelques années plus tard et diplôme encore aujourd'hui des ingénieurs généralistes. L'école propose cinq options majeures à ses étudiants, de l'électronique embarquée au génie informatique en passant par le biomédical. De multiples partenariats permettent à l'ESEO d'offrir aux étudiants un certain nombre d'options électives ainsi que des doubles diplômes.

Chaque année, l'école diplôme plus de 150 ingénieurs et en forme près d'un millier. Selon certains classements, l'ESEO se place parmi les 20 premières écoles d'ingénieurs en France.

Depuis quelques années, face à des difficultés pour recruter de nouveaux étudiants, le groupe ESEO multiplie ses partenariats et diversifie ses activités en proposant de nouvelles filières (Mastère MS Management et Technologies, ...), un centre de formation continue élargi, un pôle recherche (Centre d'Études et de Recherche) consolidé, ...

Le schéma suivant présente à la fois la structure macroscopique du groupe ESEO et ses principales activités.



Au sein du département « Automatismes et Informatique Industrielle », ma mission d'assistant pédagogique consiste essentiellement à préparer et à co-encadrer certaines activités pédagogiques (Travaux Pratiques, Travaux Dirigés, ...). Par ailleurs, selon les opportunités du Centre d'Études et de Recherche, je suis régulièrement amené à travailler sur des projets de recherche ou industriels, en particulier au sein de l'équipe de recherche TRAME¹.

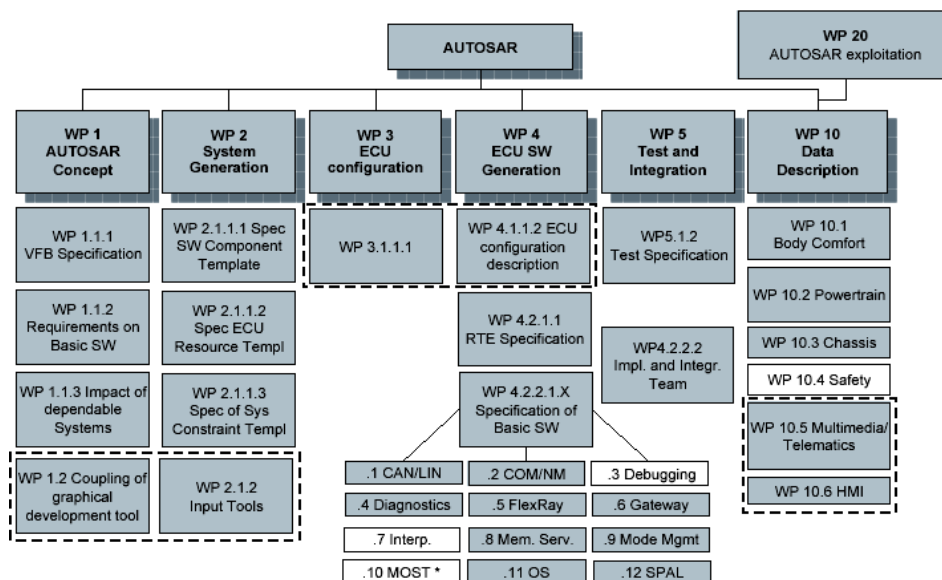
¹ TRANSformations de Modèles pour l'Embarqué

2. Contexte du projet

2.1 Le projet AUTOSAR

AUTOSAR (*AUTO*omotive *System Architecture*) est le projet d'un consortium européen visant la standardisation des éléments logiciels dans les automobiles. Dans une industrie où la conception est de plus en répartie entre le constructeur et plusieurs niveaux d'équipementiers, la standardisation n'est plus seulement un gage de pérennité ni une économie mais une réelle nécessité logistique et technique. Ainsi, 80 industriels participent à sa définition (parmi lesquels Bosch, BMW group, PSA, Siemens, General Motors, ...).

Ce standard fait suite au standard européen OSEK-VDX qui spécifie des éléments comme le système d'exploitation (OSEK/OS), les composants de communication (OSEK/COM) ou un langage de configuration (OSEK/OIL²). AUTOSAR en reprend une grande partie mais a une vocation bien plus large puisqu'il standardise non seulement le produit mais tout son cycle de développement (voire, de manière facultative, sa commercialisation).



Cartographie des spécifications AUTOSAR

2.2 Le projet O4A

Le projet O4A (Open For AUTOSAR) se place dans le cadre du pôle de compétitivité « véhicule haut de gamme ». Il est piloté par TNI-Software, l'un des acteurs de la définition du standard AUTOSAR. Ce projet vise à développer des outils de conception basés sur le standard AUTOSAR, à les mettre à disposition en version Open Source et à étudier la faisabilité en validant ces outils sur un prototype de calculateur moteur.

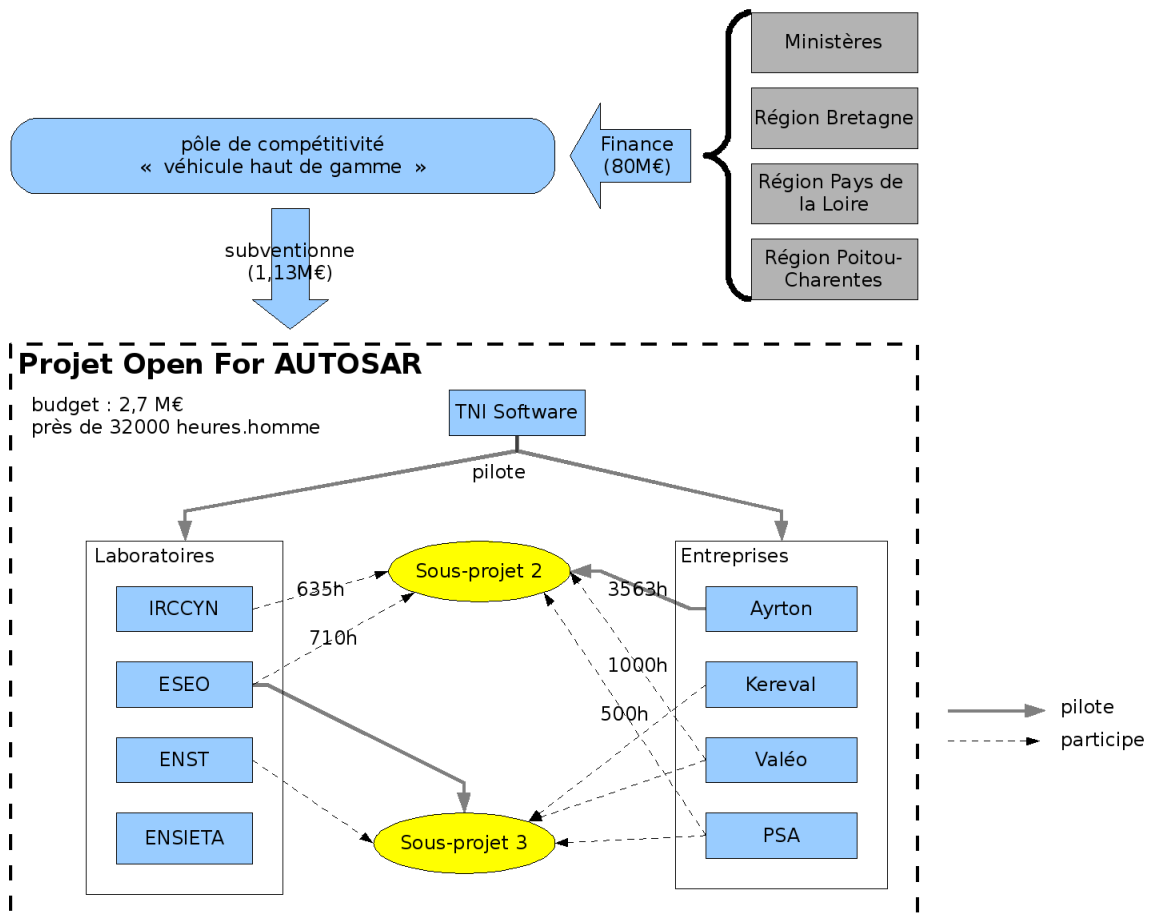
Pour l'état français et les collectivités territoriales qui le subventionnent, c'est surtout une

2 « OSEK Implementation Language » (OIL) est un langage permettant de décrire la configuration statique du système (pour les parties relatives à l'OS)

opportunité de mettre en place une synergie entre des entreprises et des laboratoires de recherche sur la base d'un projet innovant.

Autour de TNI-Software, les tâches de travail sont réparties entre Ayrton Technologies, Kereval, Valeo, PSA, l'IRCCYN, l'ENST, l'ENSIETA et l'ESEO. Les travaux sont divisés en sous-projets : SP1 pour le pilotage du projet, SP2 pour le « logiciel bas niveau », SP3 pour générateur d'environnement temps réel, SP4 pour outillage nécessaire au développement de systèmes AUTOSAR, SP5 pour la réalisation du prototype de calculateur conforme à AUTOSAR, SP6 pour la méthodologie et l'outillage des tests de validation.

Le schéma suivant présente l'organisation du projet, en ne faisant apparaître que les sous-projets qui concernent directement l'ESEO.



2.3 Implications et objectifs de l'ESEO

Pour l'ESEO, tant pour l'enseignement que pour la recherche appliquée, ce projet est l'occasion de se placer sur un terrain novateur. L'automobile est en effet un secteur qui attire et embauche une quantité importante d'ingénieurs. Ainsi, O4A permet de maintenir un lien avec cette industrie et notamment de développer une expertise dont les étudiants profiteront plus ou moins directement.

Pour le volet recherche, l'équipe TRAME développera ainsi une compétence sur le standard AUTOSAR.

Quant à l'aspect pédagogique, dans l'optique de me faire devenir enseignant au sein du département AII³, la mise en place d'un enseignement sur les mécanismes internes d'un noyau temps réel m'est confiée. Trampoline (voir plus loin) sera utilisé à titre d'exemple de noyau temps réel.

En terme d'action dans le projet O4A, l'ESEO doit intervenir sur deux sous-projet :

- (SP3) le « RTE generator », qui consiste à générer automatiquement la répartition (structurelle) du système à partir de sa description dans un langage spécifique ;
- (SP2) la validation de l'architecture de Trampoline dans le soucis qu'il soit conforme aux spécifications « d'AUTOSAR OS ».

2.4 Brève description de Trampoline

Trampoline est un système d'exploitation temps réel réalisé par l'IRCCYN. Il se veut respecter au mieux le standard OSEK (dont hérite AUTOSAR). Il a été choisi par le groupe de travail O4A car il est fonctionnel et déjà très proche du standard AUTOSAR.

Trampoline a été écrit en langage C sur une cible C167 puis a rapidement été porté sur UNIX pour faciliter son développement. Il respecte le standard OSEK/OS et bientôt le standard OSEK/COM. Il est, depuis peu, accompagné d'un compilateur OIL.

3. Présentation du projet

3.1 Description de mes objectifs

J'ai donc pleinement en charge le sous-projet SP2 (« logiciel bas niveau ») pour ce qui concerne l'intervention de l'ESEO. Il s'agit donc de valider la conformité de la conception de Trampoline (architecture, choix des mécanismes internes, algorithmes, ...) avec le standard AUTOSAR.

Dans cette optique, l'ESEO s'est engagée, dans le cadre du projet O4A, sur 710 heures de travail pour effectuer les actions suivantes :

- valider et mettre à jour si nécessaire la conception de Trampoline (architecture, principes et mécanismes internes), tout en élaborant un document à ce sujet ;
- valider la portabilité de Trampoline et fournir un document ainsi qu'une assistance à la société Ayrton qui effectuera le portage sur le prototype de calculateur ;
- concevoir et développer les parties ajoutées par AUTOSAR encore absentes dans Trampoline (en particulier les tables d'ordonnancement et la surveillance de la pile – *schedule table* et *stack monitoring*).

L'engagement de l'ESEO sur ce travail et ce volume horaire se fait vis-à-vis des partenaires du projet O4A mais aussi des institutions qui subventionnent le projet dans le cadre du pôle de compétitivité.

3 Automatismes et Informatique Industrielle

Par ailleurs, pour les besoins propres à l'ESEO, j'aurai en charge :

- de piloter le projet d'intégration de Trampoline dans le projet de robot à vocation pédagogique du département All ;
- de mettre en place un enseignement présentant les mécanismes internes d'un noyau temps réel, en utilisant Trampoline comme exemple.

3.2 *Planning des travaux*

Description de la tâche	Travail quantifié	2007				2008								
		sep	oct	nov	dec	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep
Validation et mise à jour de la conception de Trampoline + élaboration document	260h													
Conception et développement des parties ajoutées par AUTOSAR dans Trampoline	250h													
Validation de la portabilité de Trampoline	200h													
Préparation de l'enseignement sur la conception d'un noyau temps réel	150h													
Encadrement projet « intégration sur robot »	40h													

3.3 *Développement scientifique*

Concernant la partie scientifique qui sera développée dans mon mémoire, mon choix s'est porté sur la problématique de synchronisation sur un temps global.

AUTOSAR offre la possibilité de synchroniser les tables d'ordonnement (une sorte de planning de choses à faire) entre plusieurs unités de calcul distribuées. Lorsque le cadencement local d'un système est en retard ou en avance, « remettre les pendules à l'heure » pose plusieurs questions, comme celle de savoir si l'on est encore en mesure de respecter des contraintes temps réel. AUTOSAR permet de choisir parmi deux méthodes de resynchronisation (une « dure » et une « souple »).

Ce développement scientifique part donc de la volonté de prendre du recul sur les solutions proposées par AUTOSAR et de voir les problèmes similaires qui se posent dans d'autres domaines ainsi que des solutions proposées.

3.4 *Compétences mises en jeu*

Les travaux autour de Trampoline font appel à des compétences techniques et scientifiques en termes de génie logiciel, de temps réel, de développement croisé sur cible « embarquée » et de programmation en langage C. Bien sûr, afin de faire des choix éclairés, il sera nécessaire de bien connaître la norme AUTOSAR et de capturer quelques connaissances dans le domaine de l'architecture des systèmes d'exploitation. Ces compétences seront d'ailleurs mises à l'épreuve dans le cadre du module d'enseignement sur les mécanismes internes d'un noyau temps réel.

Par ailleurs, il sera nécessaire de savoir dialoguer avec différents types de partenaires : collaboration scientifique avec l'IRCCYN, apport d'aide et de conseils à Ayrton, rendre des comptes au groupe de travail à travers Ayrton qui pilote le sous-projet. Il sera nécessaire d'assurer un suivi du projet permettant de vérifier que le travail fourni correspond effectivement à la subvention reçue à l'ESEO pour ce travail.

Enfin, l'encadrement du projet d'intégration sur un robot sera l'occasion de mettre à l'épreuve des compétences liées au management et au pilotage de projet.