



Étude et réalisation du logiciel embarqué dans un concentrateur de produits radiofréquence pour la gamme de produits communiquant Tebis

Philippe Fricker

► To cite this version:

Philippe Fricker. Étude et réalisation du logiciel embarqué dans un concentrateur de produits radiofréquence pour la gamme de produits communiquant Tebis. Systèmes embarqués. 2013. dumas-01240779

HAL Id: dumas-01240779

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01240779>

Submitted on 9 Dec 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

CENTRE REGIONAL ASSOCIE DE STRASBOURG

MEMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le DIPLOME D'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : INFORMATIQUE

OPTION : Informatique Système d'information

par

Philippe FRICKER

**ETUDE ET REALISATION DU LOGICIEL EMBARQUE DANS UN
CONCENTRATEUR DE PRODUITS RADIOFREQUENCE POUR LA
GAMME DE PRODUITS COMMUNIQUE TEBIS.**

Soutenu le 1er juillet 2013

JURY

PRESIDENT : Mme Nicole Levy

**MEMBRES : M. Joseph Roller
M. Cédric Kleinpeter
M. Jérôme Boullot**

Remerciements

Au terme de la rédaction de ce mémoire, mes remerciements vont à :

M. Christian Gossé, ancien responsable du service logiciel de Hager Controls, qui m'a encouragé à suivre des études d'ingénieur, et qui m'a permis de faire ce stage dans d'excellentes conditions.

M. Cédric Kleinpeter, Responsable de la filière informatique du CNAM de Strasbourg et tuteur école, qui a toujours été très disponible et patient.

M. Jérôme Boullot, actuel responsable du service logiciel de Hager Controls, qui m'a conseillé et motivé afin de continuer le travail sur ce document.

M. Petar Tomic, de la société Tapko GmbH, qui m'a fait profiter de son expérience d'architecte logiciel au travers de notre co-développement.

Mes plus sincères remerciements vont également à la société Hager et M. Eric Debrock, responsable R&D, pour m'avoir fait confiance et m'avoir permis de mener ce projet à son terme.

Bien sûr, je remercie tous les membres de l'équipe projet pour leur implication et leur motivation qui ont totalement contribué à l'aboutissement de ce projet.

Je veux remercier également ma fiancée Claire, ainsi tous les collègues et amis qui m'ont soutenu et encouragé durant toute la période passée au CNAM, et durant les mois de rédaction de mon mémoire.

Liste des abréviations

APCI	Application Protocol Control Information.
BA	Business Area.
CA	Chiffre d'affaire.
CRC	Contrôle de Redondance Cyclique.
CEM	Compatibilité Electro Magnétique.
DEL	Diode Electroluminescente.
DEST	Destination.
EIB	European Installation Bus.
EVG	Essai vraie grandeur.
IHM	Interface Homme-Machine.
JTAG	Joint Test Action Group.
L/NPCI	Link/Network Protocol Control Information.
OSI	Open Systems Interconnections.
PCB	Printed Circuit Board.
QPI	Qualification des Procédés Industriels.
SPI	Serial Peripheral Interface bus.
SRC	Source.
RF	Radiofréquence. Média de communication par radiofréquences.
TP	Twisted Pair. Média de communication filaire.
TPCI	Transport Protocol Control Information.
UART	Universal Asynchronous Receiver / Transmitter.
VD	Virtual Device.

Glossaire

Channel	Collection de datapoints qui représente un ensemble de fonctionnalités offertes par un produit.
Datapoint	Objet de communication KNX standardisé qui représente une variable échangée sur le bus.
DEL	Composant semi-conducteur générant de la lumière.
Domotique	Ensemble des technologies de l'électronique de l'information et des télécommunications utilisées dans les domiciles. Elles visent à assurer des fonctions de sécurité, de confort, de gestion d'énergie et de communication qu'on peut retrouver dans une maison.
EIB	European Installation Bus (bus d'installation européen). Ce standard a été créé en 1987 et est l'un des principaux ancêtres de KNX.
Immotique	Terme employé pour désigner la domotique dans les immeubles.
JTAG	Norme utilisé pour accéder au cœur d'un microcontrôleur.
KNX	Standard européen de compatibilité et d'interopérabilité dans les secteurs de la domotique et de la gestion technique du bâtiment.
PCB	Circuit imprimé.
SPI	Serial Peripheral Interface bus. C'est un bus de communication série 3 fils très souvent utilisé pour la commande d'un périphérique unique.
VD	Nom des fichiers utilisé par ETS pour décrire un produit compatible avec le standard KNX.

Table des matières

Remerciements	2
Liste des abréviations	3
Glossaire	4
Table des matières	5
Introduction	9
I Présentation du lieu d'accueil.....	10
I.1 DATES IMPORTANTES.....	10
I.2 PRESENTATION DU GROUPE HAGER	11
I.2.1 METIER	11
I.2.2 OFFRE PRODUIT	11
I.2.3 DIMENSION.....	12
I.3 ORGANISATION DU GROUPE.....	13
I.3.1 ORGANISATION GENERALE	13
I.3.2 ORGANISATION COMMERCIALE	14
I.3.3 ORGANISATION INDUSTRIELLE	16
I.4 SAVOIR-FAIRE INDUSTRIELS	17
I.4.1 FABRICATION D'APPAREILLAGES	17
I.4.2 FABRICATION DES COFFRETS.....	17
I.4.3 FABRICATION DES ARMOIRES	17
I.4.4 FABRICATION DES GOULOTTES	18
I.5 LES MARQUES DU GROUPE HAGER	18
I.6 LE SITE INDUSTRIEL DE SAVERNE – BA CONTROLS	20
I.6.1 ORGANISATION GENERALE	20
I.6.2 MAITRISE DES TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES	21
I.6.3 OFFRE PRODUITS	21
I.6.4 ORGANISATION DU SERVICE ETUDES & DEVELOPPEMENT	22
I.7 LES DIMENSIONS DE L'INFORMATIQUE DANS LE GROUPE HAGER.....	22
I.7.1 LES MOYENS AU SEIN DU GROUPE.....	22
I.7.2 LES MOYENS INFORMATIQUES DISPONIBLES POUR LE PROJET	23
II Le contexte du projet	24
II.1 LES MISSIONS DU SERVICE.....	25
II.1.1 DEVELOPPEMENT DE NOUVEAUX PRODUITS	25
II.1.2 SUPPORT PRODUIT	25
II.1.3 AMELIORATION CONTINUE	26
II.2 MES MISSIONS DANS LE SERVICE LOGICIEL.....	26
II.3 LES PRODUITS DOMOTIQUES BASES SUR LE PROTOCOLE KNX	27
II.3.1 L'ASSOCIATION KNX.....	27
II.4 LA GAMME DE PRODUIT HAGER AU STANDARD KNX.....	28
III Le projet.....	30
III.1 ENONCE DU PROJET	30
III.2 LES OBJECTIFS DU PROJET	31
III.3 CONTRAINTES DU PROJET	31
III.3.1 CONTRAINTE METIER.....	31

III.3.2	CONTRAINTE DE REUTILISABILITE	31
III.3.3	CONTRAINTE NORMATIVE.....	32
III.3.4	RESPECT DE LA CHARTE DE DEVELOPPEMENT DU SERVICE	32
III.4	PREVISIONS DE VENTE	32
IV	Etat de l'art.....	33
IV.1	LE STANDARD KNX.....	33
IV.1.1	KNX - LE BESOIN DE CONFORT	33
IV.1.1.1	LA DOMOTIQUE PERMET D’AUTOMATISER	33
IV.1.1.2	LA DOMOTIQUE PERMET D’ECONOMISER	33
IV.1.1.3	LA DOMOTIQUE PERMET DE SECURISER	33
IV.2	PRINCIPES GENERAUX DE KNX	33
IV.3	LES ELEMENTS COMPOSANT LE STANDARD KNX	35
IV.3.1	LES DATAPOINTS	35
IV.3.2	LES ADRESSES INDIVIDUELLES (OU ADRESSE PHYSIQUES)	35
IV.3.3	LES ADRESSES DE GROUPE.....	35
IV.3.4	NUMERO DE SERIE	35
IV.3.5	LES CHANNELS	35
IV.4	DECODAGE DES ADRESSES DE GROUPE	36
IV.4.1	TABLE DES ADRESSES	36
IV.4.2	TABLE DES DATAPOINTS	36
IV.4.3	TABLE D’ASSOCIATION	36
IV.4.4	RECEPTION D’UNE ADRESSE DE GROUPE	37
IV.5	TEBIS RF ET TEBIS TP	37
IV.5.1	LE COUPLEUR DE MEDIA (TR130).....	37
IV.5.2	LA TRAME KNX TWISTED PAIR.....	37
IV.5.3	LA TRAME KNX RADIOFREQUENCE	38
IV.5.4	LA TRANSLATION D’ADRESSE	40
IV.5.5	LES LIMITES DU SYSTEME ACTUEL.....	40
IV.6	LES COMPOSANTS TECHNIQUES UTILISES ACTUELLEMENT.....	41
IV.6.1	TEXAS INSTRUMENT MSP430F149	41
IV.6.2	XEMICS XE1203.....	41
IV.6.3	MOTOROLA MC68HC705B16	42
IV.6.4	TP UART	42
IV.7	LES NOUVEAUX COMPOSANTS TECHNIQUES.....	42
IV.7.1	XEMICS XE1205.....	42
V	Déroulement du projet.....	44
V.1	EQUIPE PROJET.....	44
V.2	LES DIFFERENTS METIERS.....	44
V.3	ROLE DE L’EQUIPE PROJET	45
V.4	PHASES DU PROJET	46
VI	Pré-étude.....	48
VI.1	SPECIFICATION PRODUIT.....	48
VI.1.1	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU TR351	48
VI.2	CONFIGURATION DU TR351.....	49
VI.3	DEFINITION DE L’INTERFACE HOMME-MACHINE.....	49
VI.3.1	EXPRESSION DU BESOIN	49

VI.3.2	PROPOSITION D’IHM	50
VI.3.3	VALIDATION DE L’IHM	52
VI.4	PROPOSITIONS D’ARCHITECTURE.....	52
VI.4.1	CONCEPTION MECANIQUE.....	52
VI.4.2	CHOIX DES COMPOSANTS.....	53
VII	Risques	54
VII.1	ETUDE DES RISQUES.....	54
VII.1.1	GESTION DES DEUX COMMUNICATIONS PAR UN SEUL MICROCONTROLEUR	54
VII.1.1.1	RESULTATS DES TESTS.....	55
VII.1.1.2	CONCLUSION	56
VII.1.2	INFLUENCE SUR D’AUTRES PRODUITS	56
VII.1.3	MAITRISE DE LA PILE PROTOCOLAIRE TP.....	56
VII.1.4	OUTIL DE CONFIGURATION ETS	57
VII.2	AUDIT DE LA SPECIFICATION PRODUIT	57
VII.2.1	LIMITATION PAR RAPPORT AU CAHIER DES CHARGES.....	57
VII.2.2	SANCTION DE L’AUDIT.....	57
VIII	Réalisation du logiciel	58
VIII.1	TAPKO	58
VIII.2	ARCHITECTURE DU LOGICIEL EMBARQUE.....	58
VIII.3	PARTAGE DES TACHES ET PLANIFICATION.....	59
VIII.3.1	ESTIMATION DES CHARGES	59
VIII.3.2	PLANIFICATION.....	60
VIII.4	ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT.....	61
VIII.4.1	REGLES DE CODAGE.....	61
VIII.4.2	CHAINE DE DEVELOPPEMENT.....	61
VIII.4.3	GESTION DE VERSION	62
VIII.5	DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL EMBARQUE.....	63
VIII.5.1	DEVELOPPEMENT DE LA COUCHE DE RECEPTION RF	63
VIII.5.1.1	CHOIX DES RESSOURCES DU MICROCONTROLEUR	63
VIII.5.1.2	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA RECEPTION RF	64
VIII.5.1.3	CHOIX DES SOURCES D’INTERRUPTIONS.....	64
VIII.5.1.4	DIFFICULTES DE DEVELOPPEMENT	65
VIII.5.1.5	AUTOMATE DE RECEPTION.....	65
VIII.5.1.6	COMMUNICATION AVEC LES COUCHES SUPERIEURES	66
VIII.5.2	DEVELOPPEMENT DE LA PILE PROTOCOLAIRE SIMPLIFIEE	67
VIII.5.2.1	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	67
VIII.5.3	AJOUT DU CHANNEL 0x316	67
VIII.6	DEVELOPPEMENT POUR LE LOGICIEL ETS	68
VIII.6.1	DEVELOPPEMENT DE L’INTERFACE ETS	69
VIII.6.2	DEVELOPPEMENT DU VD.....	69
VIII.7	DEVELOPPEMENT DU PLUGIN D’EDITION DES LIENS RF	70
IX	Mise en œuvre du logiciel	71
IX.1	VALIDATION DU LOGICIEL	71
IX.1.1	LES TESTS DANS LE DOMAINE DE L’INFORMATIQUE EMBARQUEE	71
IX.1.2	TESTS UNITAIRES	71
IX.1.2.1	TESTS DE LA COUCHE PHYSIQUE DE RECEPTION RF	71

IX.1.2.2	TESTS DE LA PILE PROTOCOLAIRE RF SIMPLIFIEE	73
IX.1.3	TEST DU VD POUR ETS	74
IX.1.4	TESTS D'INTEGRATIONS.....	74
IX.1.5	RELECTURE DE CODE.....	75
IX.2	VERIFICATION D'APTITUDE A L'USAGE	75
IX.2.1	QUALIFICATION	75
IX.2.1.1	QUALIFICATION FONCTIONNELLE	75
IX.2.1.2	SPECIFICATION DE TEST	76
IX.2.1.3	BASE D'ANOMALIES	76
IX.2.2	ESSAIS VRAI GRANDEUR (E.V.G.).....	77
IX.2.2.1	LES SITES D'ESSAIS	77
IX.2.2.2	DEPLACEMENT SUR SITE	77
IX.2.2.3	CONCLUSION SUR LES E.V.G.	78
X	Mise en production	79
X.1	QPI.....	79
X.1.1	SPECIFICATION DE TESTS INDUSTRIELS.....	79
X.2	SERIE ZERO.....	80
X.2.1	RESULTAT DE LA SERIE ZERO	80
X.2.2	ANALYSE DES DEFAUTS DETECTES	81
X.2.3	CORRECTION DU LOGICIEL	83
X.2.4	VALIDATION DE LA CORRECTION.....	83
X.3	SERIE 1	83
	Conclusion.....	85
	Bibliographie	88
	Table des annexes	89
	Annexe 1 Extrait de la spécification corrigée du XE1205	90
	Annexe 2 Points d'attention cités lors de la réunion de fin de pré-étude.	91
	Annexe 3 Description du périphérique SPI du MSP430F149 de Texas Instrument.	92
	Annexe 4 Extrait de la documentation technique du MSP430F149.....	93
	Annexe 5 Table des paramètres du TR351.....	94
	Annexe 6 Ordre de correction du logiciel avant mise en fabrication	95
	Liste des figures.....	96
	Liste des tableaux	97

Introduction

La domotique est actuellement un marché en pleine expansion. Elle représente pour Hager Group un enjeu de développement majeur dans les prochaines années. C'est pour cela que l'entreprise a investi très tôt dans la création de standards européens, d'abord EIB puis KNX.

Mais ces standards étaient basés sur une technologie filaire, qui limite son utilisation dans le post-équipement de bâtiments existants. C'est pour cela qu'au début des années 2000 le standard KNX a reçu l'adjonction d'une composante radiofréquence. Hager Group est un des principaux contributeurs à cette évolution, et il est également l'un des principaux fournisseurs d'appareillages électriques à avoir créé en 2005 une gamme KNX radiofréquence complète pour le contrôle et le confort du bâtiment.

Malheureusement, les premières versions de coupleurs de médias, qui permettent l'interconnexion des systèmes filaire (TP) et radiofréquence (RF), ne disposaient que de faibles capacités de translation entre les deux mondes. Cette limitation a vite été remontée par les marchés.

La mission que l'on m'a confiée était de créer un produit capable de multiplexer un grand nombre de senseurs RF vers un nombre limité d'actionneurs TP, cette fonction étant la plus demandée par les clients. En parallèle, il fallait étudier une plate-forme qui permette de créer un coupleur de média moins cher que l'actuel, et avec une limite de translation largement supérieure à l'actuelle.

Ce document présente dans un premier temps le lieu d'accueil puis le contexte du projet. Ensuite sera abordé mon travail d'ingénieur sur les aspects études, coût, risques, développement et validation du projet. Enfin, la dernière partie expose un bilan, du projet et personnel, ainsi qu'une conclusion sur le devenir du produit réalisé.

I Présentation du lieu d'accueil

Le projet présenté dans ce document s'est entièrement déroulé dans la société :

Hager Controls – 33 rue Saint Nicolas – 67700 SAVERNE

I.1 Dates importantes

1955
Création de l'entreprise à Ensheim en Allemagne, par Messieurs Hermann et Oswald Hager. La société Remington avait choisi Hager pour la sous-traitance de l'injection plastique de rasoirs.
1959
Installation de la première usine à Obernai.
1968
Un premier métier autour de l'installation domestique : bornes et boîtiers de dérivation.
1970
Premier coupe-circuit Hager et premier tableau d'abonné
1977
Début de la fabrication des interrupteurs et des disjoncteurs
1988
Extension du métier vers l'installation 400 A
1990
Obtention de la certification ISO 9001
1991
Lancement du 1er système d'installation communiquant «Immo Tebis»
1996
Acquisition de Téhalit : extension du métier vers les goulottes d'installation et de distribution
1997
Démarrage d'activité du site de Huizhou (Chine)
1998
Acquisition de Flash et Ashley & Rock : extension du savoir-faire à l'électronique et à l'appareillage terminal
1999
Prise de participation dans la société italienne AVE à Rezzoto (fabricant d'appareillage terminal destiné au marché italien)
2001
Démarrage d'activité du site de Rio (Brésil)
2002
Hager acquiert l'entreprise Polo, acteur majeur en Pologne dans le domaine des prises et interrupteurs.
2009
Hager s'étend en acquérant des entreprises un peu partout dans le monde (Europe de l'Est, Brésil, Asie). Hager compte alors près de 10500 collaborateurs à travers le monde.
2010
Berker apporte son savoir-faire et une expérience de plus de 90 années couronnées de succès. La célèbre marque continuera d'exister au sein de Hager Group.

Tableau 1 : Historique de la société Hager

I.2 Présentation du groupe Hager

I.2.1 Métier

Le métier que Hager s'est choisi est de proposer à ses clients l'ensemble des produits et des services nécessaires à la conception et à la réalisation d'une installation électrique intégrée et communicante pour l'habitat, le local professionnel et le bâtiment tertiaire. Le concept d'installation intégrée et communicante se réalise en proposant un catalogue complet au client, comprenant la protection des biens et des personnes ainsi que toutes les fonctions de confort (gestion de l'énergie, chauffage, programmation,...) et de domotique (automatisation, télécommandes,...).



Figure 1 : Le logo du groupe Hager

I.2.2 Offre produit

La gamme Hager s'articule autour de 4 domaines d'activités répartis dans de multiples « Business Area » (BA):

- la distribution d'énergie:
 - Disjoncteurs,
 - Coupe-circuits,
 - Interrupteurs différentiels,
 - ...



Figure 2 : un disjoncteur

- Les automatismes et l'intelligence répartie:



Interrupteurs horaire,
DéTECTEURS de présence,
Variateurs de lumière,

...

Figure 3 : un contrôleur d'ambiance KNX TP

- La sécurité:



Centrale d'alarme,
DéTECTEURS d'intrusion,

...

Figure 4 : une centrale d'alarme radio

- Le cheminement de câbles:



Goulottes,
Colonnes de distribution,
Passages de plancher,

...

Figure 5 : une goulotte

I.2.3 Dimension

La présence de Hager dans le monde a permis de consolider un chiffre d'affaire (CA) de 1 Milliard d'euros (2005). Cet objectif a pu être atteint grâce aux 6500 collaborateurs, aux 14 sites industriels et aux 22 filiales commerciales du groupe.

En France, l'activité représente 22,2% du chiffre d'affaire du groupe. Avec 3000 collaborateurs, la France constitue presque la moitié de l'effectif du groupe Hager.

I.3 Organisation du groupe

I.3.1 Organisation générale

La vocation de l'entreprise est de satisfaire son client. Pour y parvenir, une organisation matricielle est mise en place :

La Direction Générale du Groupe Hager avec à sa tête depuis 1974, Alfred BRICKA.

- L'organisation commerciale pilotée par Axel HAACK, comprennent 7 Market Areas ou zones commerciales (voir carte) réparties par pays.
- L'organisation industrielle pilotée aujourd'hui par Alfred BRICKA, est constitué de 7 Business Areas ou domaines d'activité industrielle.

Quatre Directions en support assurant la coordination du groupe :

- Stratégie de développement (responsable : Christian THOMAS)
- Ressources Humaines (responsable : Georges STAEBELL)
- Finances / Informatique / Contrôle de Gestion (responsable Ulrich PELZ)
- Communication (responsable : Evi HAGER)

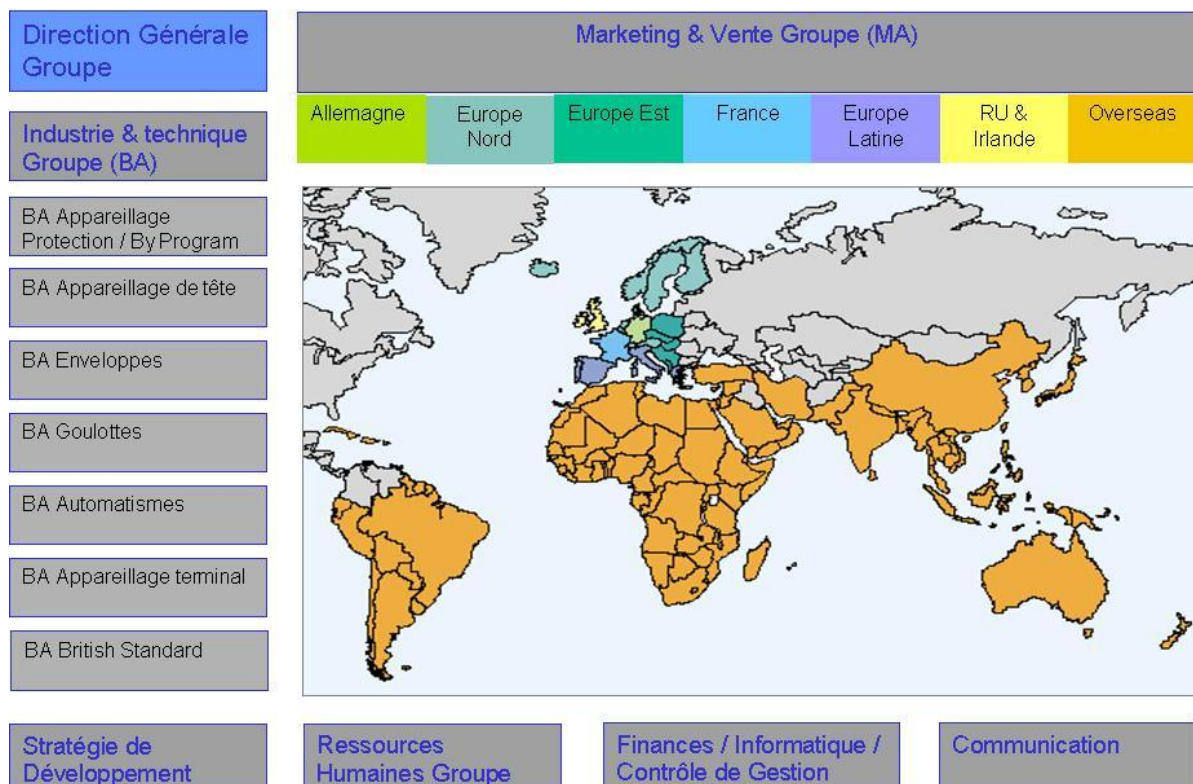


Figure 6 : Répartition des business area du groupe Hager

Le siège du groupe se trouve à **Obernai** (Alsace-France), le site le plus important du groupe (2000 personnes).

I.3.2 Organisation commerciale

L'Europe est le marché de base du groupe : l'Allemagne et la France représentent à elles seules 52% du chiffre d'affaire groupe.

La stratégie commerciale est basée sur sept zones ayant des spécificités différentes :

- Les six premières zones de superficie faible et à fort chiffre d'affaire (90% du chiffre d'affaire du groupe) : Allemagne, France, Royaume-Uni & Irlande, Europe Nord (Belgique, Suisse, Pays-Bas, Danemark, Suède, Norvège, Autriche, Islande, Finlande), Europe Est (République Tchèque, Hongrie, Pologne), Europe Latine (Italie, Espagne, Portugal, Grèce).
- L'Overseas, zone la plus vaste, dont le chiffre d'affaire ne représente que 10% du CA du groupe : son point fort est qu'elle dispose d'un fort potentiel d'évolution : Singapour, Hong Kong, Chine, Australie, Amérique du Sud, Proche Orient, Moyen Orient, Extrême Orient, Afrique.

Les équipes de vente sont systématiquement locales ce qui permet de mieux comprendre et de s'adapter aux besoins des clients, en tenant compte de leurs habitudes et de leurs cultures. Ainsi, le groupe est représenté par une trentaine de filiales sur cinq continents, avec principalement :

- Hager Tehalit Vertrieb GmbH, Blieskastel
- Hager Tehalit Systèmes, Obernai
- Hager Powertech Telford
- Hager Lume, Milano
- Hager Sistemas, La Roca del Valles
- Hager Electro BV, Hertogenbosch
- Hager Modula, Lausanne

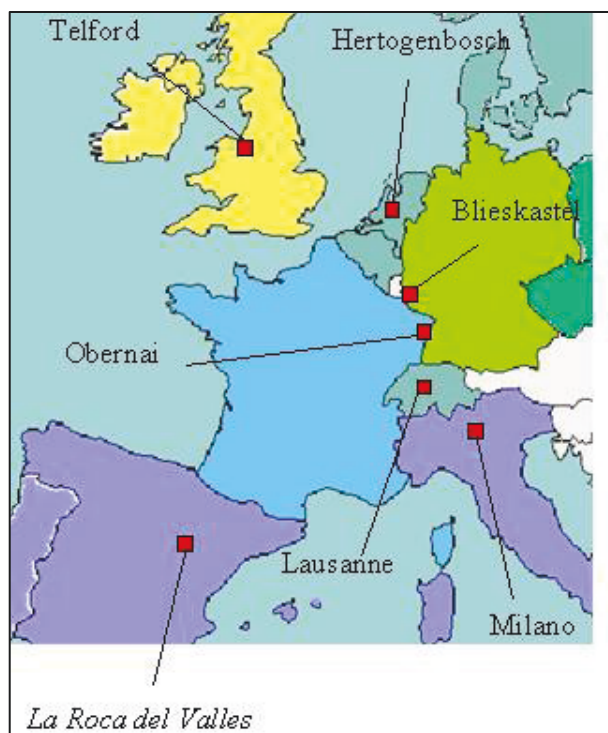


Figure 7 : Cartographie des filiales commerciales en Europe

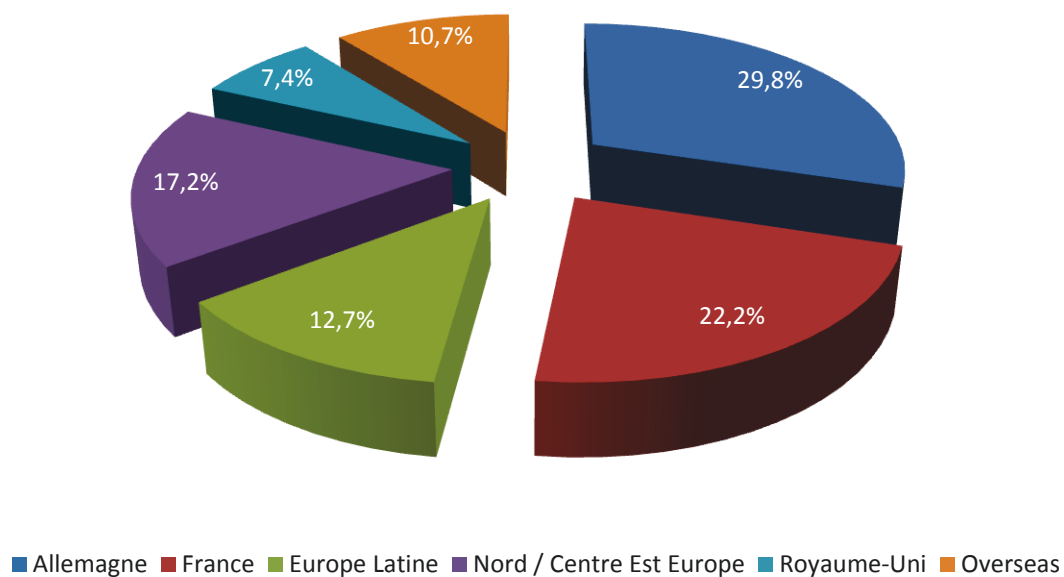


Figure 8 : Répartition commerciale du groupe en 2005

I.3.3 Organisation industrielle

L'implantation industrielle du groupe est robuste et se décline en 17 sites distincts dont les activités sont spécifiques. Ces entités industrielles sont pour l'essentiel concentrées en Europe avec une décentralisation au Brésil (Rio) et en Chine (Huizhou).

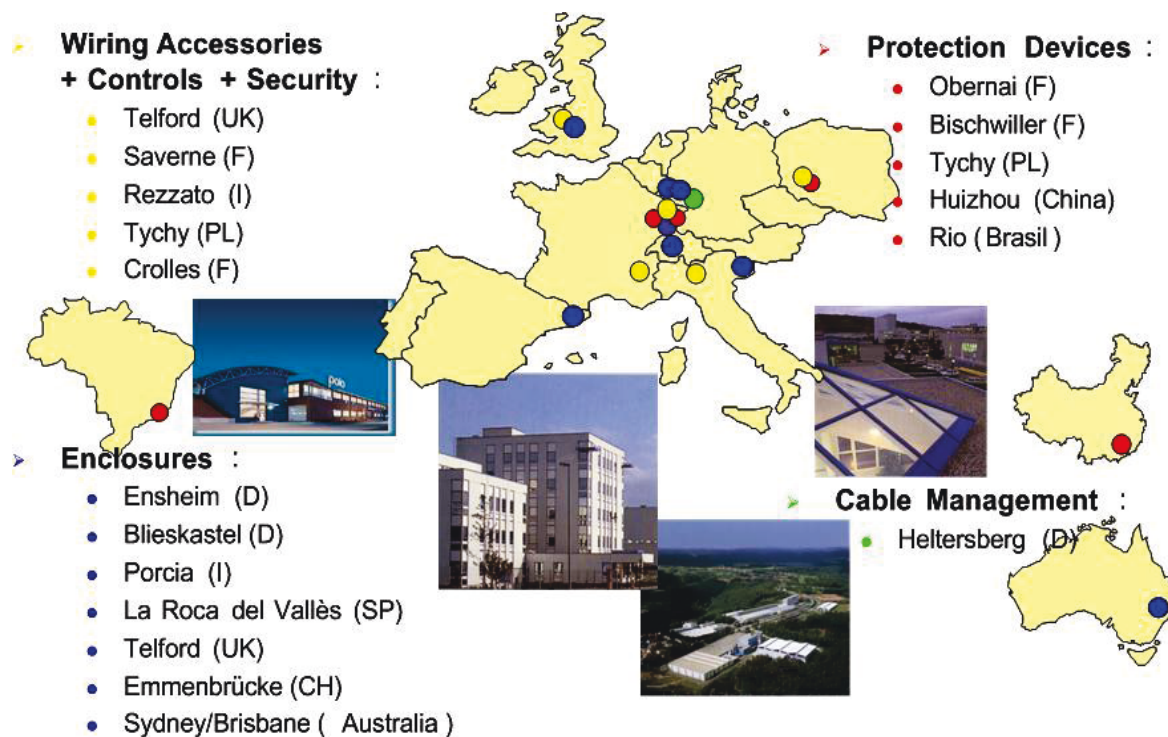


Figure 9 : Cartographie des sites industriels

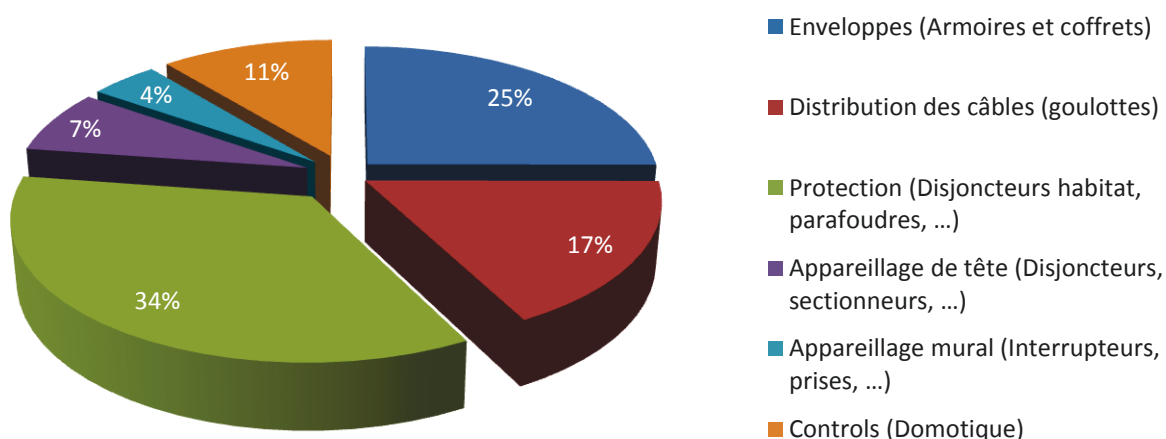


Figure 10 : Répartition des activités

I.4 Savoir-faire industriels

Les savoir-faire industriels du groupe sont larges :

I.4.1 Fabrication d'appareillages

Obernai, Saverne et Bischwiller

Injection, Découpe, Micromécanique (relais, horlogerie), Cartes électroniques, Assemblage automatisé, Assemblage manuel.



Figure 11 : automate d'assemblage

I.4.2 Fabrication des coffrets

Blieskastel, La Roca del Vallès et Telford

Injection (presses 500 t), Usinage des connexions, Tôlerie, Peinture par projection.

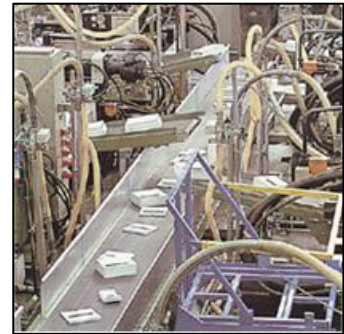


Figure 12 : Ligne d'assemblage de coffrets

I.4.3 Fabrication des armoires

Ennheim et Porcia

Tôlerie, pliage et soudure, peinture par projection, compression de matières plastiques.



Figure 13 : Atelier de soudure

I.4.4 Fabrication des goulottes

Heltersberg et Bischwiller

Préparation des matières (mélange, teintures), extrusion, injection, emballage automatisé.



Figure 14 : appareillage d'injection

I.5 Les marques du groupe Hager

	Ensemble des produits qui permettent la réalisation du tableau électrique dans l'habitat, le local professionnel et le bâtiment tertiaire
	Tous systèmes de goulottes de distribution et de goulottes d'installation nécessaires au cheminement des câbles
	Produits pour la gestion de l'énergie, du confort et de la sécurité dans l'habitat et le petit tertiaire
	Produits Flash commercialisés en Grandes Surfaces de Bricolage
	Appareillage mural de commande et de raccordement (British Standard)
	Appareillage de raccordement (British Standard)
	Enveloppes et cellules avec leurs systèmes d'équipement (Italie)
	Appareillage terminal (Pologne)

	Systèmes d'alarme pour les spécialistes
	Systèmes d'alarme pour les grandes surfaces de distribution
	Systèmes d'alarme pour les installateurs

Tableau 2 : Les marques du groupe Hager

I.6 Le site industriel de Saverne – BA Controls



Figure 15 : Bâtiment principal du site de Saverne

La BA Controls située à Saverne élabore et conçoit des produits électroniques et électromécaniques d'automatismes et d'intelligence répartie de marques Hager, Flash, Dedra ; l'entité sécurité de l'habitat Atral est située à Crolles (près de Grenoble), elle travaille en partenariat avec la BA Controls de Saverne.

I.6.1 Organisation générale

Le site de Saverne a pour principales activités le développement, la conception et l'industrialisation des produits électroniques filaires et radios. Ces produits commandent l'éclairage, les automatismes (portail, volets, stores...), la gestion de l'énergie, le confort et la sécurité.

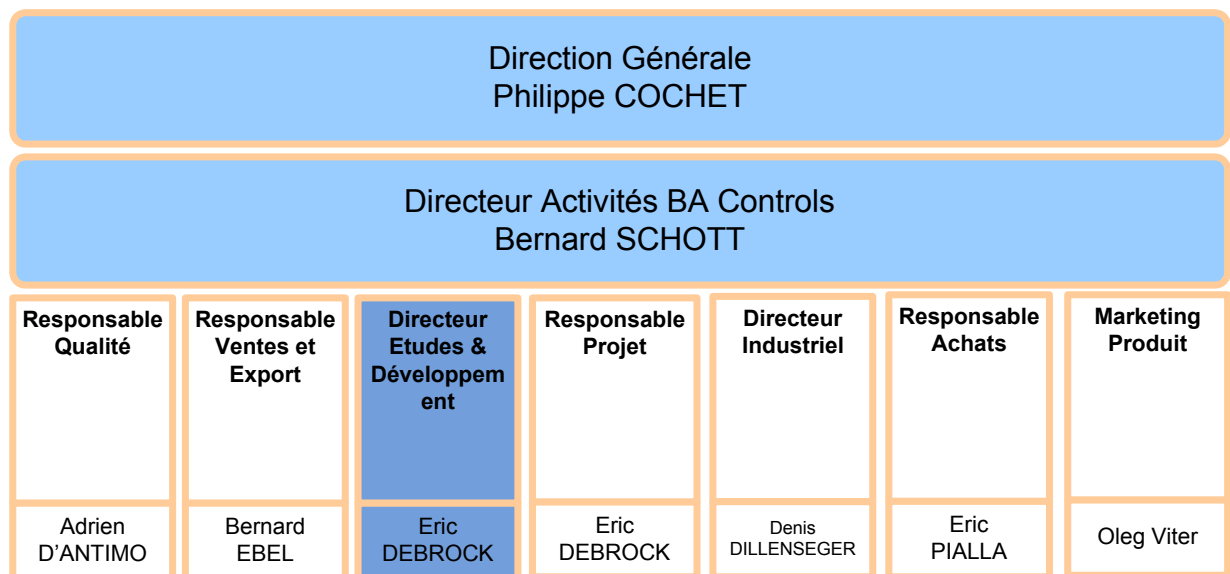


Figure 16 : Organigramme du site de Saverne

Le site de Saverne accueille 300 personnes et représente 11% du chiffre d'affaire du Groupe Hager.

I.6.2 Maîtrise des technologies industrielles

L'injection des thermoplastiques	L'assemblage de précision en semi-automatique d'ensembles électroniques et micromécaniques	La conception et la fabrication des cartes électroniques
		

Tableau 3 : Technologies maîtrisé sur le site de Saverne

I.6.3 Offre produits

<i>La programmation horaire</i>	
<i>La détection de présence</i>	
<i>Le contrôle de l'énergie</i>	
<i>Les systèmes d'automatismes</i>	

Tableau 4 : Les produits fabriqués à Saverne

I.6.4 Organisation du service Etudes & Développement

Sous la direction d'Eric Debrock, chaque secteur impliqué dans le développement, la conception et l'industrialisation constitue l'organisation du service. Les représentants du service constituent 22% de l'effectif global du site de Saverne (300 personnes).

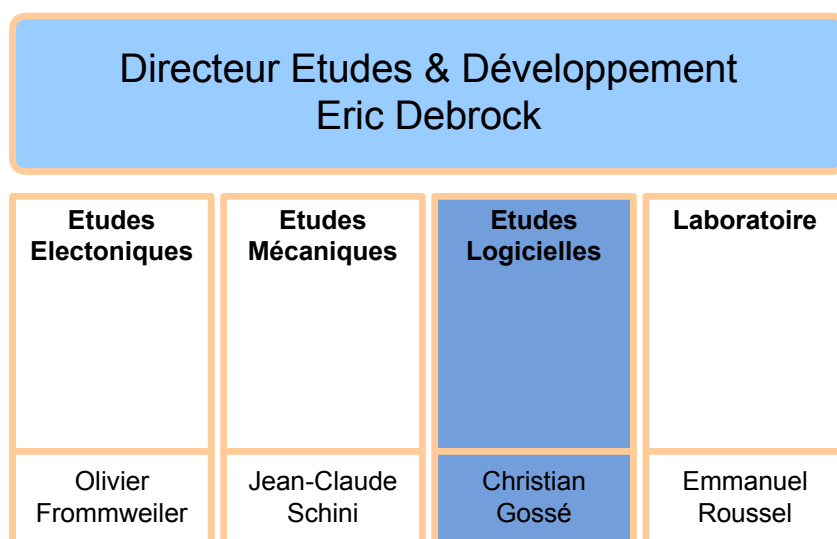


Figure 17 : Organigramme du service études et développement

Le service Etudes & Développement est divisé en quatre métiers différents, la mécanique, l'électronique, le logiciel et le laboratoire.

Dans le cadre de ma mission de technicien de développement logiciel, je suis intégré au service Etudes logicielles, dont le responsable est M. Christian Gossé. Ce service est composé de 16 personnes, 8 ingénieurs, 3 techniciens et 5 prestataires externes.

Mon métier est de d'étudier et de développer, au cœur d'une équipe projet constituée de membres de chaque section, des produits qui seront vendus par la B.A. Controls.

I.7 Les dimensions de l'informatique dans le groupe Hager

I.7.1 Les moyens au sein du groupe

Le groupe HAGER compte environ 3000 machines (PC compatibles) connectées en réseau Ethernet. Le système d'exploitation utilisé est Windows XP Pro, et les serveurs sont installés avec Windows Server 2003. Le service Corporate I.T. s'occupe de gérer le parc informatique ainsi que la plupart des logiciels de l'entreprise, comme SAP par exemple.

Un service de Hotline est centralisé sur le site d'Obernai et traite toutes les demandes informatiques de tous les sites Européens.

I.7.2 Les moyens informatiques disponibles pour le projet

Au niveau du site de Saverne, on compte 250 machines connectées. Les moyens informatiques mis à ma disposition sont les suivants :

- Le réseau d'entreprise
- Les environnements de développement du service logiciel (IAR embedded workbench pour MSP430, PVCS Version Manager, PVCS Tracker)
- Une machine de développement (PC) sous Windows XP Pro
- Des oscilloscopes, des alimentations, et tout le matériel de laboratoire nécessaire.

II Le contexte du projet

Le service logiciel de Saverne est dirigé par M. Christian Gossé. Ce service est architecturé de la manière suivante :

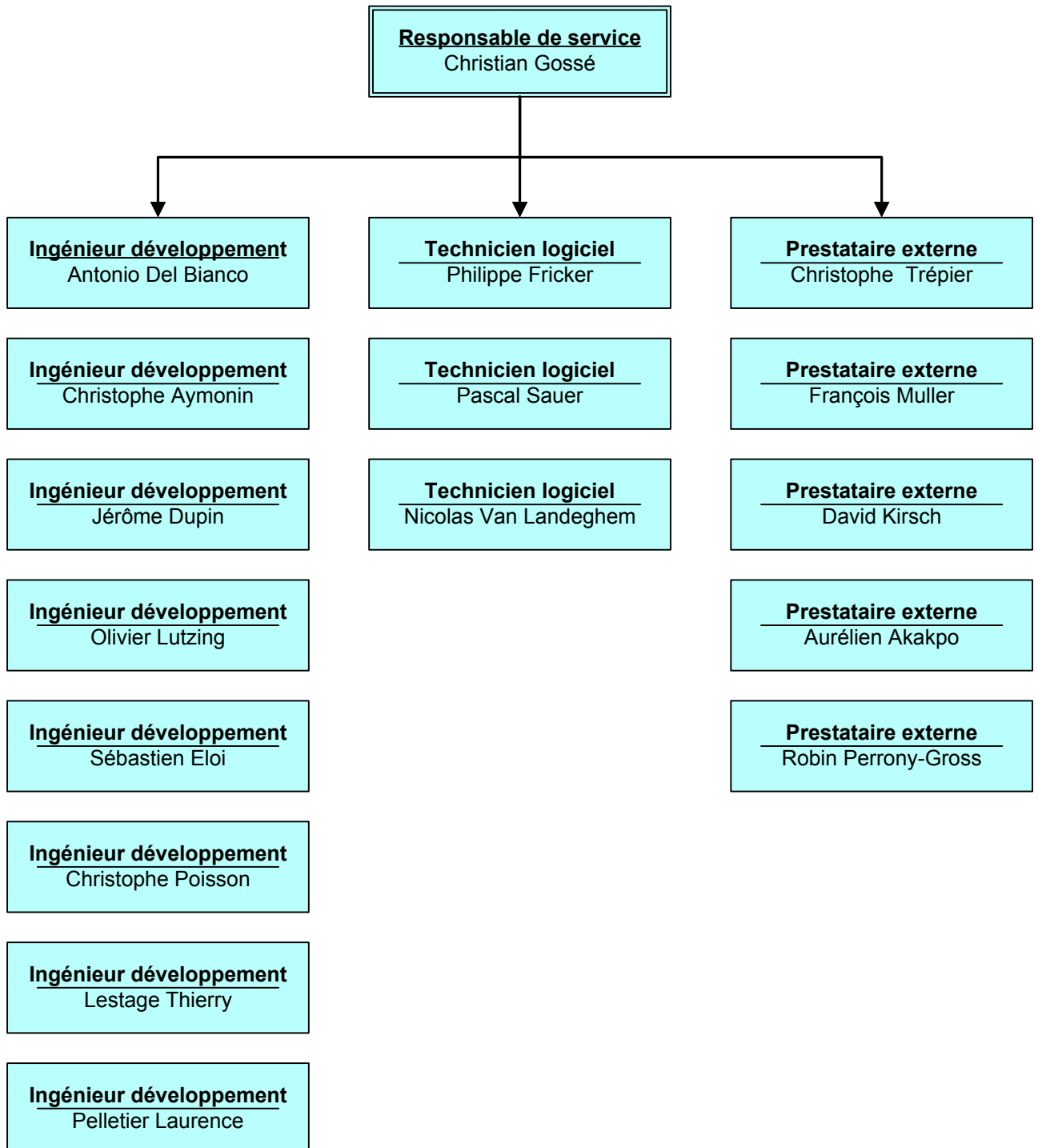


Figure 18 : Organigramme du service Bureau d'études logiciel

II.1 Les missions du service

II.1.1 Développement de nouveaux produits

La mission principale du service logiciel de Saverne est d'étudier et de développer les logiciels embarqués dans les produits de la B.A. Controls.

Les phases de développement dans lesquels le service intervient principalement sont :

- la phase pré-étude
- la phase étude/réalisation
- la qualification des procédés industriels (QPI) / série zéro

Pour chaque projet, une équipe projet est créée. Elle est composée de diverses personnes appartenant au corps de métiers nécessaires au bon déroulement du projet. Un chef de projet s'occupe de diriger l'équipe.

Durant la pré-étude, une spécification produit est écrite à partir du cahier des charges fourni par le service marketing. Cette spécification décrit de manière précise le fonctionnement, l'aspect, et les besoins énergétiques du produit. En parallèle, les technologies potentiellement utilisables pour répondre aux besoins sont validées, pour lever tout risque pour la suite du développement. La pré-étude sert donc principalement à valider la faisabilité du produit par rapports aux contraintes, surtout financières.

La phase étude/réalisation correspond au développement à proprement parler du produit. Ceci correspond à la rédaction d'une spécification métier (la spécification logiciel dans notre cas) qui décrit la manière dont le logiciel est écrit (découpage modulaire, interfaces, etc...). Suit le codage, les tests unitaires, et enfin les tests d'intégration et les essais systèmes (dans le cas d'un produit Tebis).

II.1.2 Support produit

Le service Logiciel a aussi pour mission de gérer les demandes de modifications, de corrections, ou d'obsolescences sur les produits existants. Ceci se fait au travers d'un canal Support Produit.

Dans un premier temps, une demande support émane d'un service (marketing, qualité, bureau d'études, etc...). Cette demande est étudiée par un pilote, qui doit estimer la

charge nécessaire, les risques et les impacts sur le produit. Si la demande est acceptée par la commission, le projet support sera mené à terme.

II.1.3 Amélioration continue

Tous les membres du service font partis de groupes de travail visant à améliorer le fonctionnement interne, au travers de la démarche CMMI.

Cette démarche consiste à faire, à un instant t, une photographie du fonctionnement du service, au travers d'interview de certains membres. Des axes de travail sont ensuite choisis, pour améliorer les points qui se sont révélés améliorables.

Tous les ans, une nouvelle photographie est prise, pour mesurer les progrès ou les régressions, et des nouveaux axes de travail sont définis.

II.2 Mes missions dans le service logiciel

Dans cette organisation, ma mission est, comme pour les ingénieurs, d'étudier et de développer les logiciels embarqués dans nos produits de confort. Voici pour l'instant quelques-unes des fonctions qui m'ont été confiées :

- Etude et développement de régulateurs de chauffages sur microcontrôleurs 4 bits
- Etude et développement des produits unidirectionnels radio de la gamme Tebis.
- Participation au développement de la pile protocolaire KNX radio bidirectionnelle (avec 3 autres membres du service)
- Etude et développement des boutons poussoirs Kallysta et Kallysto.
- Je participe aussi aux projets support pour répondre aux demandes d'amélioration des produits. Je suis parfois amené à piloter ces projets supports.

En parallèle de ces activités, il m'arrive d'intervenir en production lorsqu'un problème apparaît sur un produit dont j'ai la responsabilité.

J'administre aussi notre base d'anomalies Tracker. Cette base de données recense toutes les anomalies relevées sur nos logiciels par le laboratoire. Cet outil nous permet de suivre les corrections apportées sur les produits. A partir du moment où toutes les anomalies sont closes, le logiciel peut passer en production.

Dans le cadre du projet TR351, je vais avoir à suivre des ressources externes qui développeront une partie du logiciel embarqué dans le produit.

II.3 Les produits domotiques basés sur le protocole KNX

II.3.1 L'association KNX



Figure 19 : Logo KNX

KNX est une association internationale sans but lucratif régie par la loi belge du 25 octobre 1919. Elle réunit les 9 acteurs de l'industrie suivants :

BOSCH TELECOM – DELTA DORE S.A. – EDF – ELECTROLUX – HAGER – MERTEN – SCHNEIDER ELECTRIC – SIEMENS AG – SIEMENS BUILDING TECHNOLOGY

Très souvent aujourd'hui, les systèmes électroniques de la domotique et de l'immotique (HBES) se basent sur des systèmes propriétaires d'un secteur spécifique. Par conséquent leur intégration dans les équipements techniques des bâtiments est difficile, voire impossible. Le marché demande un système de communication électronique, qui puisse offrir des services de gestion, de surveillance et d'information pour la domotique et l'immotique, en tant que base d'intégration d'équipements, pour l'ensemble des applications, quelle que soit la discipline et le fournisseur. Un tel système doit garantir la haute flexibilité dans le cas d'extensions et/ou de changements des applications du système. Il doit permettre, d'une manière économique, efficace et aussi écologique, l'utilisation de ressources telles que l'électricité, le gaz, l'eau, etc.

De plus il doit augmenter la sécurité du bâtiment et son niveau de confort. Il doit combiner tous les domaines d'application et leurs fonctionnalités de façon à réduire sensiblement les coûts de fonctionnement du bâtiment.

Ces dernières années, nous pouvons constater plusieurs tentatives à travers le monde pour développer un tel système domotique et immotique. Les spécifications divergentes troublent les ingénieurs de bureau d'études, les entrepreneurs, les installateurs, les revendeurs, les utilisateurs, les propriétaires de bâtiments et les investisseurs. Cette situation devient une menace pour la croissance du marché.

Face à ce constat, l'association KNX se donne la mission de créer un standard qui puisse devenir la norme de communication des systèmes domotique et immotique.

Trois bus de communication sont candidats pour intégrer ce standard :

- BatiBUS – représenté par BatiBUS Club International (BCI)
- EIB (European Installation Bus) - représenté par European Installation Bus Association, société coopérative à responsabilité limitée (EIBA srl)
- EHS (European Home System) - représenté par European Home Systems Association (EHSA)

Les trois associations mentionnées ci-dessus, sont d'accord pour mettre en commun les bases techniques de ces trois systèmes dans l'association de façon à ce qu'à l'avenir il n'existe qu'un seul système commun supporté par les sociétés industrielles adhérentes. Ce système est promu par l'association commune résultat de la fusion de BCI, EHSA et EIBA.

II.4 La gamme de produit Hager au standard KNX

Notre société fournit tous les produits homologués au standard KNX (KNX) dans quatre catégories différentes :

- Les modules de sorties éclairage
- Les modules de sorties stores et volets roulants
- Les modules de sorties chauffage / climatisation
- Les modules d'entrées

Chacune de ces catégories se décline en produits filaires et en produits radiofréquence (RF). Le nom de cette gamme de produits est Tebis.

Comme on peut le remarquer sur la figure suivante, les produits RF et les produits filaires peuvent communiquer entre eux grâce à un produit spécifique : le coupleur de média (à gauche sur le dessin).

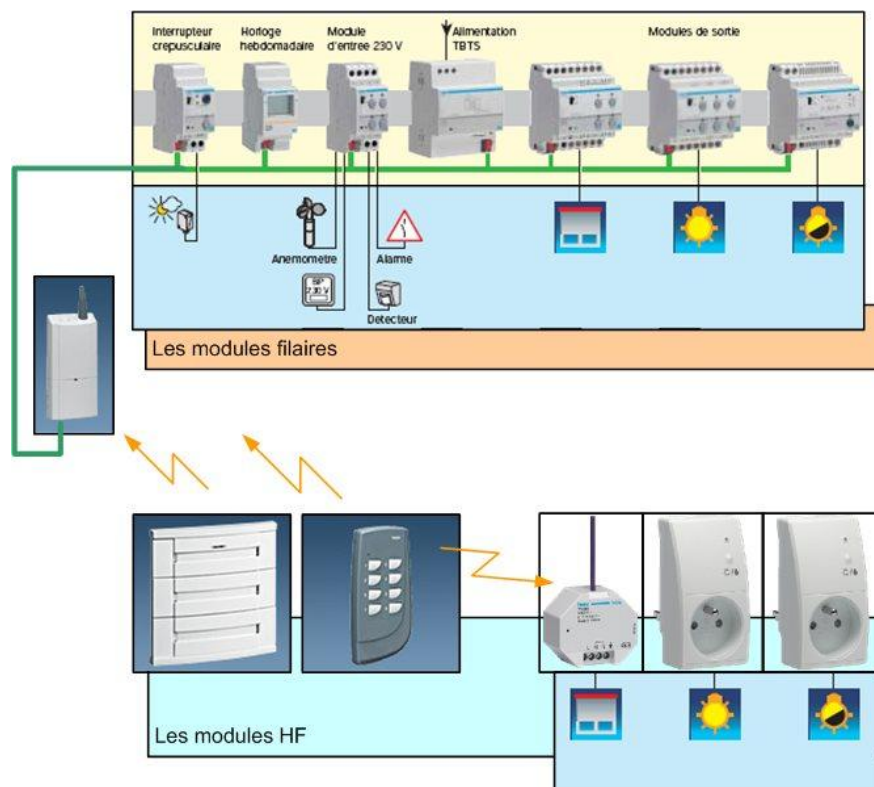


Figure 20 : L'offre Tebis KNX Hager

Une configuration est nécessaire afin que le système fonctionne conformément aux désirs du client final. Cette configuration a pour but principal d'effectuer les liens entre modules d'entrée et modules de sortie. Cette configuration peut être réalisée de deux manières différentes par nos clients :



Figure 21 : Le TX100 ci-dessus et un PC pour ETS ci-dessous



Par un configurateur radio (TX100)

Adapté aux installations modestes (résidences privées...) nécessitant peu de fonctionnalités complexes. Ce configurateur ne donne pas accès aux fonctions évoluées des produits mais est très simple d'utilisation. Cet appareil utilise la configuration E-mode du protocole KNX.

A l'aide d'un logiciel PC (ETS)

Donnant accès à toutes les fonctionnalités des produits et étant plus adapté aux grandes installations (hôtel, immeubles, administrations...). Ce logiciel utilise la configuration S-mode du protocole KNX.

III Le projet

III.1 Enoncé du projet

Le sujet proposé est un développement de produit pour la B.A. Controls de Saverne :

Etudier et réaliser le logiciel embarqué dans un concentrateur de produits radiofréquence pour la gamme de produits communiquant Tebis.

Le rôle de ce produit est de concentrer un grand nombre d'entrées RF KNX (télécommandes, boutons poussoirs, ...) sur 32 sorties filaires KNX. Son développement est partagé entre une entreprise externe et moi-même. Je dois aussi m'assurer du suivi du développement externe.

Le produit devra utiliser un microcontrôleur existant, de la famille Texas Instrument MSP430. Le code est écrit principalement en C, et quelques routines d'assembleur.

L'architecture du produit à développer peut-être représentée succinctement par le schéma suivant :

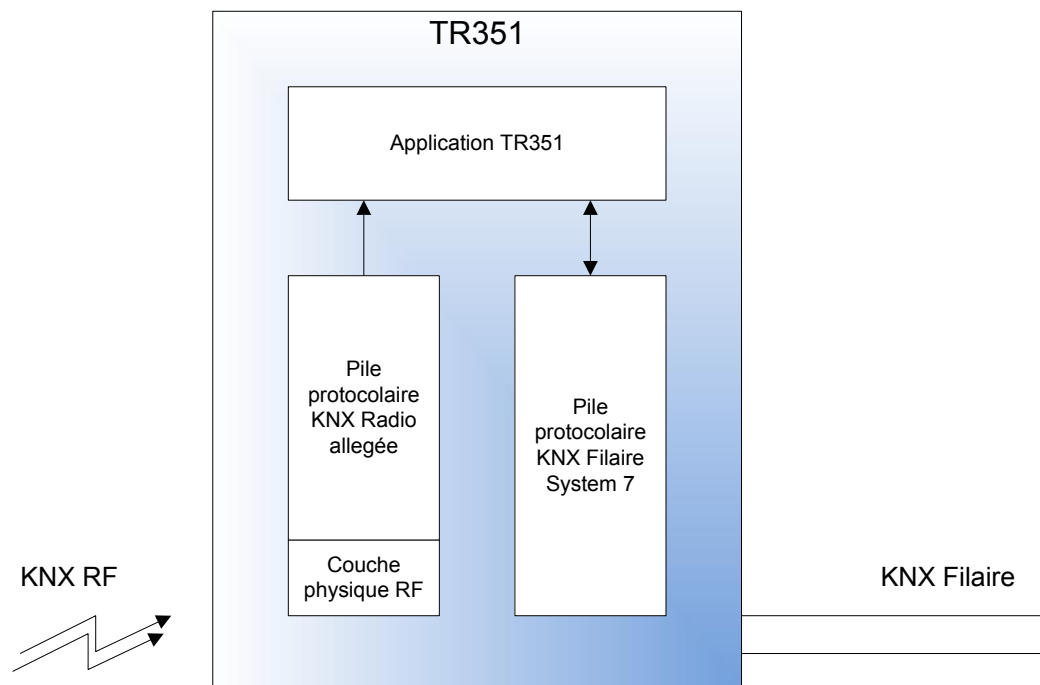


Figure 22 – Architecture du concentrateur de produit radio KNX

III.2 Les objectifs du projet

Le concentrateur de produit radio a pour but de combler un manque dans la gamme Tebis.

Répondre à une faiblesse du système

Beaucoup de marchés ont reproché à la gamme Tebis RF un retour en arrière au niveau des fonctionnalités. En effet, la gamme des produits d'entrée (bouton poussoir, télécommande, ...) étant majoritairement unidirectionnelle (c'est à dire, ne peut qu'émettre des informations, et ne peut pas en recevoir), il y a des problèmes de synchronisation entre les entrées et les sorties, et la richesse des fonctionnalités offertes ne peut être la même que sur la gamme filaire. Le TR351 pourra répondre à cette problématique puisqu'il est un produit filaire avant tout.

Augmenter le nombre maximum d'entrées RF

Le système Easy à l'heure actuelle ne permet de que gérer 512 entrées au maximum. Ceci n'est pas adapté à de grands sites d'installations. De même les coupleurs de média actuels (TR130a) ne permettent d'échanger entre les 2 mondes que des informations provenant de 64 produits. Le TR351 devra être capable de gérer 768 entrées radio.

III.3 Contraintes du projet

III.3.1 Contrainte métier

La charge de travail étant trop importante sur ce produit par rapport à la charge acceptable par le service, l'externalisation d'une partie du développement a été décidée. Le produit sera donc développé avec l'aide de la société Tapko, qui a déjà développé la pile protocolaire filaire KNX.

III.3.2 Contrainte de réutilisabilité

La plateforme technique (microcontrôleur, PCB,...) du concentrateur RF doit pouvoir servir au développement du futur coupleur de média RF/TP. Un tel produit existe déjà actuellement, mais son prix de revient est élevé (près de 50€), car il utilise une architecture à 2 microcontrôleurs. La direction souhaite que le prix de revient de cette plate-forme technique passe sous la barre des 30€.

III.3.3 Contrainte normative

La communication, autant sur le bus KNX filaire que RF, doit être conforme aux spécifications du standard KNX. Cette contrainte est forte puisque nos produits sont homologués par un organisme tiers et les exigences de KNX sont la référence pour cette homologation.

III.3.4 Respect de la charte de développement du service

Le service logiciel s'est imposé une charte de développement, afin d'assurer une homogénéité au niveau des techniques de codage. Le code développé à Saverne devra être conforme à cette charte.

III.4 Prévisions de vente

Les prévisions de vente fournies dans le cahier des charges sont les suivantes :

Produit	Volume Année 1 (pièces)	C.A. Année 1 (k€)	Volume Année 2 (pièces)	C.A. Année 2 (k€)	Volume Année 3 (pièces)	C.A. Année 3 (k€)
TR351	500	40	1000	80	1200	96

Tableau 5 : Estimation des ventes sur 3 ans

Le prix de revient unitaire (hors main d'œuvre et étude) visé doit être inférieur à 30€.

IV Etat de l'art

IV.1 Le standard KNX

IV.1.1 KNX - le besoin de confort

Lors de sa création, les membres de l'association KNX se sont attachés à suivre les grands principes de la domotique en ayant comme fil rouge le confort de l'utilisateur :

IV.1.1.1 La domotique permet d'automatiser

Par des commandes qui regroupent une fonction vous pouvez éteindre l'ensemble des luminaires d'un étage, obtenir la montée ou la descente de tous les volets roulants...

Par des commandes multi-actions il est possible de définir des scénarii tels que quitter le domicile (commande d'extinction générale, descente de tous les volets, passage en mode économique du chauffage, simulation de présence...).

IV.1.1.2 La domotique permet d'économiser

Le chauffage est réglé de manière optimale par rapport au confort souhaité (mise en mode "éco" sans manipulation lors des départs ou des périodes nocturnes) et l'extinction des luminaires est automatique.

IV.1.1.3 La domotique permet de sécuriser

Simulation de présence, baisse automatique des volets, même en cas d'absence et de retour tardif à la maison, mise en route de l'alarme... La gestion de la sécurité permet de rassurer l'utilisateur lorsqu'il est absent du domicile.

IV.2 Principes généraux de KNX

Pour communiquer entre eux, les produits KNX utilisent des objets de communication partagés appelés datapoint. La valeur contenue dans un datapoint indique l'état d'un actionneur (ex: une lampe) appartenant au groupe.

Les datapoints sont partagés entre les produits appartenant au même groupe. Chaque groupe est identifié par une adresse de groupe :

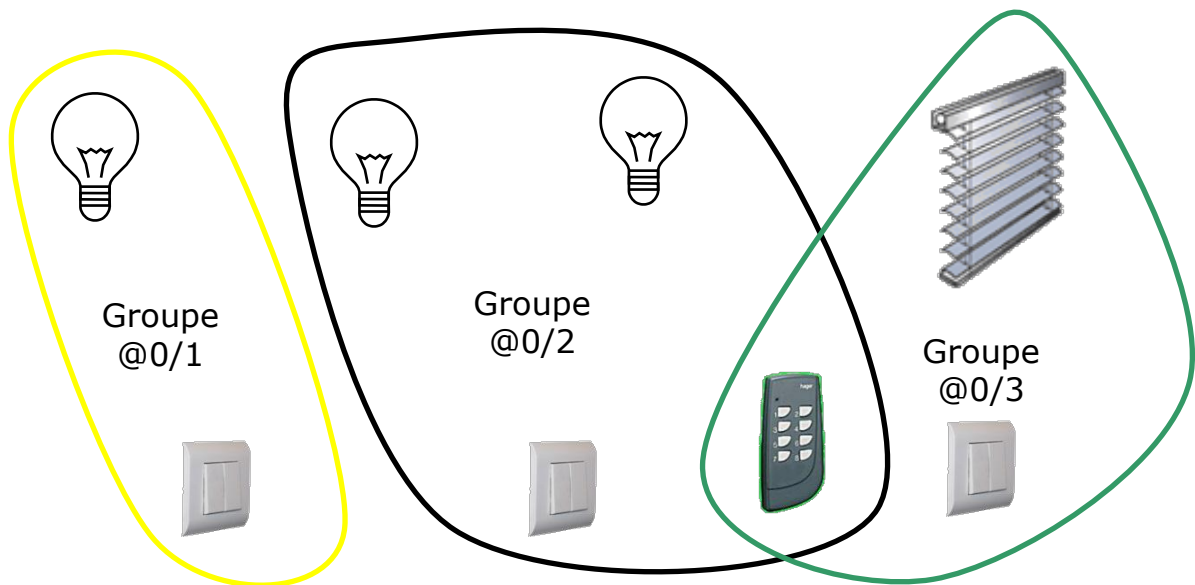


Figure 23 : Les groupes dans KNX

Comme le montre le schéma suivant, pour mettre à jour l'état d'une sortie, l'actionneur émet un télégramme sur le bus contenant l'adresse de groupe concernée et la valeur que doit prendre la sortie :

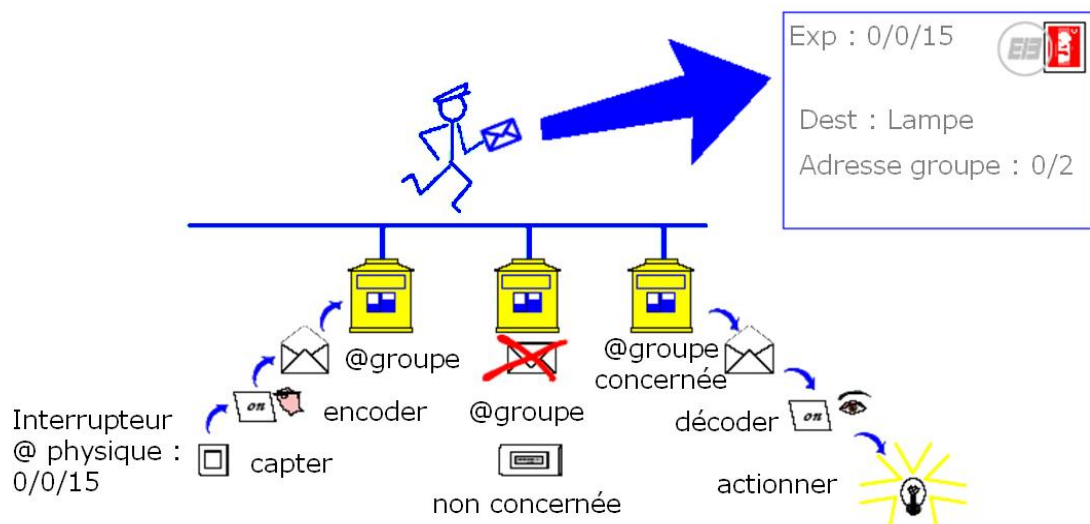


Figure 24 : Emission d'un objet de communication sur le bus TP

IV.3 Les éléments composant le standard KNX

Pour pouvoir faire communiquer des produits de constructeurs différents entre eux, le standard KNX utilise les éléments suivants :

IV.3.1 Les datapoints

Le mode de communication de KNX est basé sur l'échange d'objets standardisés appelés datapoints. Il existe une multitude de types de datapoints qui, associés à des fonctions, permettent de transporter toutes les informations requises en domotique. Ces types peuvent être assimilés aux types de données que l'on rencontre dans les langages de programmation informatique (entiers 8 bits, booléens, date, ...)

IV.3.2 Les adresses individuelles (ou adresse physiques)

Elles permettent de désigner de manière unique un produit dans une installation. Elles sont affectées lors de la configuration de l'installation.

IV.3.3 Les adresses de groupe

Elles permettent de lier des datapoints entre eux et elles sont codées sur 2 octets.

Exemple : un interrupteur et les trois lampes qu'il commande ont la même adresse de groupe.

IV.3.4 Numéro de série

Ce sont des numéros uniques affectés en usine à chaque produit. Un numéro de série est composé de 6 octets, les 2 premiers représentent le code constructeur, les 4 autres, un identifiant géré librement par le constructeur. Ils sont utilisés pour affecter une adresse physique/individuelle unique quel que soit le constructeur.

IV.3.5 Les channels

Un channel est un regroupement de datapoints qui permet de standardiser une fonction. Ils sont proposés par les partenaires KNX et il en existe un grand nombre actuellement. Ils sont identifiés par un numéro qui est appelé « channel code ». Un channel se compose des éléments suivants :

- De la liste des datapoints.
- Du sens de communication des datapoints (émission/réception).

- D'une liste de paramètres.
- D'une règle d'établissement des liens (connection rules).

IV.4 Décodage des adresses de groupe

Toutes les tables sont contenues dans la mémoire du produit et c'est le décodage de ces tables qui va permettre à l'applicatif de savoir quelles seront les actions à déclencher dans le produit pour satisfaire la demande du télégramme reçu.

IV.4.1 Table des adresses

La réception d'un datapoint déclenche un décodage de l'adresse de groupe afin de savoir si le produit est concerné par la trame réceptionnée. La table d'adresse est représentée en mémoire sous la forme suivante :

Nombre d'adresses	1 octet
Adresse physique	2 octets
Adresse 1	2 octets
Adresse 2	2 octets
...	...
Adresse n	2 octets

Tableau 6 : Table des adresses de groupe KNX

IV.4.2 Table des datapoints

Elle est composée du nombre de datapoints de la table et de la description de chaque datapoints (adresse, taille, droits d'accès en lecture/écriture/transmission).

<i>Nombre de datapoints</i>	1 octet
<i>Datapoint 1</i>	3 octets
<i>Datapoint 2</i>	3 octets
<i>Datapoint 3</i>	3 octets
...	...
<i>Datapoint X</i>	3 octets

Tableau 7 : Table des datapoints KNX

IV.4.3 Table d'association

Elle est composée du nombre d'associations et d'une liste d'associations entre les adresses et les datapoints.

<i>Nombre d'associations</i>	1 octet	
<i>Association 1</i>	Index @	Index Datapoint
<i>Association 2</i>	Index @	Index Datapoint
...	...	...
<i>Association Z</i>	Index @	Index Datapoint

Tableau 8 : Table des associations KNX

IV.4.4 Réception d'une adresse de groupe

Table d'adresses
04 h
FFFF h
1000 h
5567 h

La trame réceptionnée contient une adresse (23FDh par exemple) elle est recherchée dans la table d'adresses (qui est triée par ordre croissant). Si l'adresse est trouvée, le décodage commence, sinon la trame est rejetée.

IV.5 Tebis RF et Tebis TP

Les produits Tebis RF sont principalement destinés au marché de la rénovation de maisons individuelles, ou du petit tertiaire. Mais beaucoup d'installateurs électrique souhaitent ajouter des fonctionnalités des produits Tebis RF à une installation traditionnelle Tebis TP. Ce sont dans la plupart des cas les fonctions mobiles (télécommandes) qui sont le plus demandées.

IV.5.1 Le coupleur de média (TR130)

Pour répondre à cette demande, un coupleur de média a été développé. Son rôle est de faire communiquer les deux univers RF et TP. Malheureusement le média RF nécessite beaucoup plus d'informations pour pouvoir transporter les données applicatives.

IV.5.2 La trame KNX Twisted Pair

Dans le monde TP, qui a l'avantage d'être un média accessible uniquement aux produits connectés, la trame est de la forme suivante :

C-Field	Src	Src	Dest	Dest	L/NPCI	TPCI	APCI	Data	...	Data	Check
---------	-----	-----	------	------	--------	------	------	------	-----	------	-------

Figure 25 : Contenu d'une trame KNX TP en octet.

- C-Field (1 octet) contient la priorité et les informations de répétitions de la trame.
- Src (2 octets, adresse Source) indique l'adresse individuelle du produit émetteur.

- Dest (2 octets, adresse Destination) indique l'adresse de groupe ou individuelle (en fonction du besoin) à laquelle la trame est destinée.
- L/NPCI (1 octet) contenant les informations des couches Liaison et Réseau du modèle OSI.
- TPCI (1 octet) contenant les données de la couche transport du modèle OSI.
- APCI (1 octet) contenant les données de la couche application du modèle OSI.
- Data (n octets) contient les données utiles.
- Check (1 octet) contient la somme de contrôle (checksum) de la trame.

IV.5.3 La trame KNX Radiofréquence

Le média RF est un média par définition ouvert. Il n'y a plus de séparation physique entre les différents réseaux, et les trames d'une installation voisine peuvent aussi être captées. Pour résoudre ce problème, un numéro de série unique a été ajouté dans la trame RF.

Préambule	Bloc 1 (10 octets)	CRC	Bloc 2 (16 octets)	CRC	...	CRC	Postamble
------------------	---------------------------	------------	---------------------------	------------	------------	------------	------------------

Figure 26 : Trame complète KNX RF

La trame est composée d'un préambule (pour réveiller les récepteurs RF et synchroniser leurs horloges pour la réception), et de blocs de données de 16 octets séparés à chaque fois par le CRC du bloque précédent. Le 1^{er} bloc n'est que de 10 octets, car on considère que le préambule en fait partie.

Le contenu du bloc 1 est le suivant :

Longueur	C-Field	Esc	RF-Ctrl	SN	SN	SN	SN	SN	SN	CRC	CRC
-----------------	----------------	------------	----------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------

Figure 27 : Contenu du Block 1 KNX RF en octet.

Longueur (1 octet) donne la longueur de la trame à partir du champ C-Field sans compter les CRC.

C-Field (1 octet) pour être compatible avec norme IEC870-5 (aussi appelée FT3). Cet octet prend toujours la valeur 44h, qui signifie en FT3 « Send/ No reply », c'est à dire une trame émise pour laquelle on n'attend pas de réponse.

Esc (1 octet, Escape) pour se différencier des autres trames FT3.

RF-Ctrl (1 octet) contient des informations concernant l'émetteur (par exemple état de la batterie, produit unidirectionnel, ...)

SN (6 octets, Numéro de série) est un numéro de série unique pour chaque produit KNX RF. Les 2 premiers octets d'un numéro de série représentent le code constructeur. Chaque constructeur adhérent à KNX peut donc avoir plus de 4 milliards de numéros de série pour ses produits.

CRC (2 octets) contient le CRC du bloc.

Le contenu du bloc 2 est le suivant :

KNX-Ctrl	Src	Src	Dest	Dest	L/NPCI	TPCI	APCI	Data	...	CRC	CRC
-----------------	------------	------------	-------------	-------------	---------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	------------

Figure 28 : Contenu du Block 2 KNX RF en octet.

- KNX-Ctrl (1 octet) indique le format de trame (trame standard ou longue).
- Src (2 octets, adresse Source) indique l'adresse individuelle du produit émetteur.
- Dest (2 octets, adresse Destination) indique l'adresse de groupe ou individuelle (en fonction du besoin) à laquelle la trame est destinée.
- L/NPCI (1 octet) contenant les informations des couches Liaison et Réseau du modèle OSI.
- TPCI (1 octet) contenant les données de la couche transport du modèle OSI.
- APCI (1 octet) contenant les données de la couche application du modèle OSI.
- Data (n octets) contenant les données utiles. Si les données font passer la longueur à plus de 16 octets, un nouveau bloc est créé pour être compatible avec le format de la trame complète (ci-dessus).
- CRC (2 octets) contient le CRC du bloc.

Si on compare les deux types de trames, on peut s'apercevoir que la trame TP est encapsulée dans la trame RF.

IV.5.4 La translation d'adresse

Pour faire passer une trame du média RF au média TP, et vice-versa, il faut donc être capable de faire coïncider un couple Numéro de série/Adresse de groupe sur le média RF à une adresse de groupe sur le média TP. Pour cela, on utilise la technique de la translation d'adresse.

L'association entre une adresse standard (Groupe ou Individuelle) et une adresse étendue est réalisée au travers de la table de translations. Elle a la structure suivante :

	Adresse individuelle (2 octets)	Numéro de série (6 octets)	Banque (12 bits)
Index 1			
-			
-			
Index 64			

Figure 29 : Table de translations.

Du côté bus filaire, les champs Adresse Individuelle et Adresse de groupe ressemble à ceci :

Adresse individuelle						Adresse de groupe									
Adresse de sous-réseau	N° de coupleur	Index	1	1	1	0	Adresse du lien	N° de coupleur	Index						

Figure 30 : Translation d'adresse et trame filaire

Les seules données qui ne sont pas figées sont les données en rose, c'est-à-dire les index. Le nombre de translations est donc fixe et limité à 64 par coupleur, car on dispose au maximum de 6 bits à remplacer dans les adresses individuelles et de groupes.

IV.5.5 Les limites du système actuel

Un configurateur TX100 (configuration E-mode) ne sait gérer au maximum qu'un seul routeur. Ceci limite le nombre de produits qui doivent échanger des données sur le média RF et TP à 64. Pour certaines installations, ce nombre est trop limité.

En exemple, on peut citer une entreprise de transport routier, qui souhaite équiper tous ses camions de télécommandes permettant d'ouvrir les différents points d'accès au

bâtiment. En configuration E-mode, il est impossible de répondre à la demande, car le nombre d'entrées télécommandes nécessaires est trop grand par rapport aux capacités de translations du coupleur.

IV.6 Les composants techniques utilisés actuellement

Ce chapitre décrit les composants utilisés pour l'heure dans le TR130.

IV.6.1 Texas Instrument MSP430F149

La famille MSP430 de Texas Instrument est utilisée dans tous les produits RF Tebis chez Hager. Cette famille a de nombreux points forts (mémoire flash, 2 UART utilisable en synchrone et en asynchrone, 2 temporisations matérielles 16 bits avec de nombreuses possibilités de comptage d'événements ou de temps, un système d'horloge très complet et une consommation très faible). Ce microcontrôleur s'occupe de la communication du côté RF dans le TR130.

La pile protocolaire RF actuelle est certifiée sur ce microcontrôleur, ainsi que la pile protocolaire System 7 pour KNX. Il est donc obligatoire d'utiliser ce microcontrôleur pour le TR351.

IV.6.2 Xemics XE1203

Le XE1203 de Xemics est une puce permettant de faire de l'émission/réception radio. Elle intègre également des fonctions telles que la recherche de séquences et une gestion optimisée des fréquences.



Figure 31 : Une carte avec le XE1203

C'est le composant le plus récent utilisé dans les produits RF KNX. La recherche de séquences a permis de gagner beaucoup de ressource CPU (au lieu de continuellement analyser les données radio, on attend une interruption qui nous indique l'arrivée d'une

trame). Malheureusement, le décodage de la trame est une activité encore très consommatrice en ressource. Durant ce temps-là aucune autre activité n'est possible (ou très lentement).

Il est à noter qu'au début du projet ce fabricant s'appelait Xemics, et qu'il a été racheté par Semtech durant le projet. Pour simplifier la compréhension du mémoire j'ai préféré donné l'ancien nom des composants et du fabricant.

IV.6.3 Motorola MC68HC705B16

Le Motorola MC68HC705B16 (plus communément appelés B16) est le microcontrôleur que l'on retrouve dans les produits Tebis filaire à base de système KNX 1.2. Il a été utilisé dans le coupleur de média RF/TP TR130 pour s'occuper de la communication du côté filaire.

Le B16 est un produit très ancien et qui a fait l'objet d'une alerte d'obsolescence de la part de Motorola. Il n'a donc pas été retenu pour de nouveaux développements.

IV.6.4 TP UART

La TP UART est le composant qui permet de se connecter à un bus filaire KNX. Elle est développée par la société Siemens. La puce est reliée au microcontrôleur par un lien série asynchrone. Ce composant est certifié KNX. C'est le seul composant, à l'époque, capable d'accéder au bus TP, et il est donc indispensable.

IV.7 Les nouveaux composants techniques

Avant de commencer le projet, un tour a été fait auprès de nos fournisseurs pour voir s'ils disposent de nouveaux composants susceptibles de nous aider pour arriver à atteindre les objectifs du projet.

IV.7.1 Xemics XE1205

La société Xemics a proposé pour notre projet un nouveau produit, encore en phase de développement. Le XE1205 est un émetteur/récepteur radio qui possède les mêmes caractéristiques que le XE1203 présenté ci-dessus. Il ajoute à cette puce une mémoire de 16 octets qui permet de stocker des données sans nécessité d'intervention du microcontrôleur.

Cette solution pourrait aider à faire communiquer le produit sur les 2 medias filaires et RF, sans aucune perte de trames d'un côté ou de l'autre. Le seul risque, c'est que le

développement de cette puce n'est pas encore terminé, et que nous risquons de rencontrer des défauts de jeunesse ou des problèmes de spécifications.

V Déroulement du projet

V.1 Equipe projet

Dans l'entreprise Hager, une équipe projet est mise en place pour chaque projet. Cette équipe comprend des représentants de chaque corps de métier nécessaires à la réalisation du produit. Chaque membre de l'équipe sera l'unique interlocuteur pour son métier, et sera responsable des décisions le concernant.

V.2 Les différents métiers

Voici un résumé des activités de chaque métier qui a participé au développement du concentrateur de radio :

- **Cellule projet** : La cellule projet s'occupe de la gestion du projet, de la phase de pré-étude jusqu'à la mise en stock des premières séries de produit. Elle gère donc les plannings et les activités/priorités des différents métiers.
- **Bureau d'études électronique** : Le bureau d'études électronique s'occupe de la création des cartes électroniques (PCB) des produits en fonction des normes et standards européens.
- **Bureau d'études logiciel** : Le bureau d'études logiciel doit fournir les logiciels embarqués dans les produits, par développement interne ou en sous-traitance. Il s'occupe également de la création des interfaces ETS nécessaires à la configuration des produits KNX.
- **Bureau d'études mécanique** : Le bureau d'études mécanique fournit les schémas des pièces mécaniques des produits.
- **Marketing** : Le marketing est le demandeur des produits. Il s'occupe de vérifier les besoins du marché, et rédige le cahier des charges qui sera utilisé par les bureaux d'études. Le marketing rédige également les notices du produit.
- **Qualité** : Le service Qualité est le garant du bon fonctionnement d'un produit à sa sortie d'usine, et de l'homogénéité des produits fabriqués.
- **Laboratoire** : Le laboratoire s'occupe de la validation fonctionnelle, mécanique et électrique des produits.

- **Industrialisation** : L'industrialisation s'occupe de la mise à disposition d'outils de tests pour la fabrication.
- **Méthodes** : Les méthodes s'occupent de la définition et mise en place des différentes étapes de la fabrication (de la pose des composants jusqu'à l'emballage).
- **Ordonnancement** : L'ordonnancement s'occupe de la gestion de la fabrication. C'est eux qui décident du nombre de produits à fabriquer, et garantissent la disponibilité de tous les composants pour cette production.
- **Achats** : Les achats négocient les prix des composants que nous utilisons, et tente de trouver des alternatives moins coûteuses.

V.3 Rôle de l'équipe projet

Le fait de définir clairement au sein des différents services les personnes concernées par le projet aide à fluidifier les échanges d'informations entre les différents métiers. Si les intervenants ne sont pas précisés, il faut passer par le chef de projet ou de service (qui nous réorientera sur un membre de son équipe) pour rechercher des informations nécessaires au bon déroulement du développement. Chez Hager, on s'adresse directement au membre de l'équipe et ce sont ses décisions qui font foi pour l'avancée de l'étude.

Voici l'équipe projet pour le TR351 :

<i>Service</i>	<i>Acteur</i>
Cellule projet	A. Gstalter
Bureau d'études électronique	P. Magneron
Bureau d'études logiciel	P. Fricker
Bureau d'études mécanique	P. Munsch
Marketing	P. Meyer D. Barthelme
Qualité	L. Say
Laboratoire	F. Papin
Industrialisation	P. Enard
Méthodes	F. Lotz
Ordonnancement	D. Oberle
Achats	J. De Sousa I. Jung

Tableau 9 : L'équipe projet

Je serai amené à travailler principalement avec la cellule projet, le bureau d'études électronique, le marketing, l'industrialisation, la qualité et les achats.

V.4 Phases du projet

La gestion et le déroulement d'un projet sont standardisés chez Hager. Cette standardisation du développement a permis d'obtenir la certification ISO 9001. Elle implique qu'un projet se déroule en suivant les phases décrites ci-dessous :

- **Phase Pré-étude** : Analyser le besoin exprimé par le marketing dans le cahier des charges, le transformer en une Spécification Produit qui explicite les choix technologiques, le fonctionnement du produit, son interface utilisateur, les normes auxquels il est soumis, etc... Durant cette phase, tous les risques inhérents au projet sont analysés, et dans la mesure du possible levés.

Pour passer à la phase suivante, toute l'équipe et la direction se réunissent et réalisent un audit de la spécification produit. En fonction des risques, délais annoncés et gains espérés le projet peut continuer.

- **Phase Etude et Réalisation** : Cette phase représente le développement du produit à proprement parler. Les différents métiers font leur travail par rapport aux choix techniques, et en essayant au maximum de respecter le planning.
- **Phase Validation** : Le principal acteur de cette phase est le laboratoire. Les produits sont soumis à des tests fonctionnels, à des essais électriques (perturbations, immunités aux ondes de chocs, ...) et à des essais mécaniques (résistance à la chute, aux variations de température, à l'humidité, ...).

En parallèle des essais du laboratoire, le service Qualité mène des essais vraie grandeur (E.V.G.). Des produits sont installés chez des clients pour voir leur comportement sur le terrain. Les retours sont analysés et corrigés par le bureau d'études.

- **Phase série 0** : La série 0 représente la 1ere série de produits qui sera fabriquée. Ces produits sont destinés à être testés pour voir si l'industrialisation du produit n'a pas causé de dysfonctionnements par rapport aux prototypes du laboratoire.

Je serai principalement actif dans la phase de pré-étude ainsi que dans la phase étude et réalisation. Durant les phases de validation et de série 0 mon rôle sera de supporter les services laboratoire, qualité et industrialisation.

VI Pré-étude

Le but de la pré-étude est de lever tous les risques que l'on peut avoir lors du développement du produit, et de rédiger la spécification produit. Cette spécification est le point d'entrée de la phase Etude, et la base de travail de tous les services. Elle décrit de manière simple (sans entrer dans le détail de chaque métier) les différents éléments mécaniques (montage, dimensions,...), électroniques (alimentation, tenue aux coupures secteurs, ...), logiciels (interface homme-machine (IHM), interaction avec les autres produits KNX, channels utilisés, ...) et normatifs (normes appliquées au produit, exigence de qualité Hager, ...).

VI.1 Spécification produit

Avant de rédiger la spécification, il faut analyser le besoin du marché exprimé dans le cahier des charges.

VI.1.1 Principe de fonctionnement du TR351

Le cahier des charges présente le principe du fonctionnement du produit. La fonction du concentrateur est de passer au-dessus de la limitation du nombre de produits du coupleur de média et d'offrir aux clients le même confort qu'une installation n'ayant que des produits filaires (voir III.1).

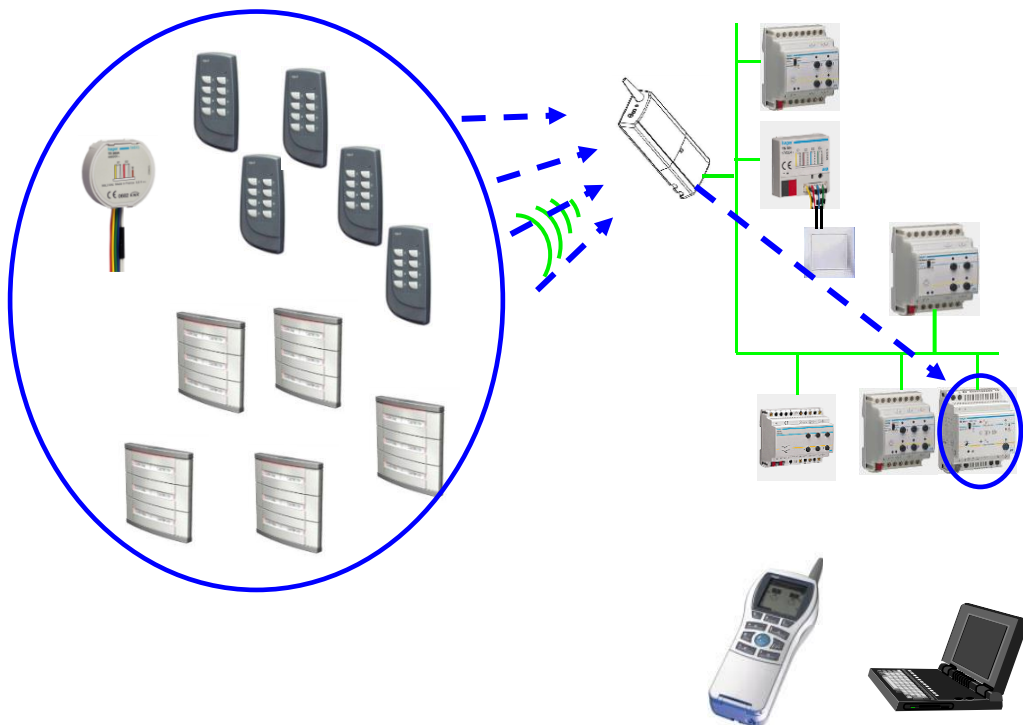


Figure 32 : Principe de fonctionnement d'un TR351

Le concentrateur est vu par les produits filaires comme un produit de 32 entrées (c'est-à-dire l'équivalent d'un interrupteur). Par entrée il faut être capable de concentrer 24 produits RF.

Le TR351 écoute en permanence les 2 médias RF et filaire. Lors d'une réception d'un message sur le bus filaire, il réagit comme un produit d'entrée classique (il met à jour les adresses de groupe le concernant). Après une réception de trame RF, le coupleur vérifie si le produit en question est lié à l'une (ou plusieurs) de ses voies, et le cas échéant envoie sur le bus filaire la commande associée.

VI.2 Configuration du TR351

La configuration du produit du côté filaire doit pouvoir s'effectuer par ETS (S-Mode) et par le TX100 (E-Mode). Pour ce qui est de l'édition des liens RF, le TX100 ne disposant pas des interfaces nécessaires pour une telle configuration, il faut prévoir un moyen d'établir les liens sur le produit directement. Pour ce qui est d'ETS, un plugin pourrait être utilisé pour effectuer cette configuration.

VI.3 Définition de l'Interface homme-machine

VI.3.1 Expression du besoin

L'Interface Homme-Machine (IHM) est définie en commun par le marketing et le bureau d'études logiciel. Je suis donc chargé de participer à cette définition, et de rédiger le chapitre concerné de la spécification produit du TR351.

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, il faut que le produit dispose en local d'un moyen d'éditer les liens vers les produits RF. La liste des interactions entre l'utilisateur et le produit est la suivante :

- Ajout d'un lien RF sur une des 32 voies
- Suppression d'un lien RF sur une des 32 voies
- Visualisation des liens RF
- Suppression de tous les liens RF
- Entrée en adressage physique (nécessaire pour ETS)
- Retour usine du produit (effacement de toute la configuration en cas de problème critique).

VI.3.2 Proposition d'IHM

Au bout de 6 heures de réunions, voici l'IHM que nous avons défini. Le produit doit disposer des éléments suivants :

- 2 boutons marqués + et -.
- 2 diodes électroluminescentes (DEL) placées au-dessus des boutons
- 2 afficheurs 7 segments (+ 1 point pour chaque afficheur).
- Le produit dispose de 6 modes de fonctionnement :
- **Normal** : C'est le mode de fonctionnement hors configuration
- **Visualisation** : Le produit a le même comportement qu'en mode normal. La seule différence est qu'il affiche le numéro de la dernière voie qui a été activé par la RF. Ce mode sert de mode de test pour voir si l'installation est bien configurée.
- **Ajout** : Ce mode de configuration permet d'ajouter un lien RF au produit.
- **Suppression** : Ce mode de configuration permet de supprimer un lien RF existant sur le produit.
- **Adressage** : Ce mode est utilisé pour la configuration ETS. Il permet d'attribuer une adresse individuelle au produit.
- **TX100** : Ce mode est actif automatiquement lorsqu'un TX100 est en train de configurer l'installation.

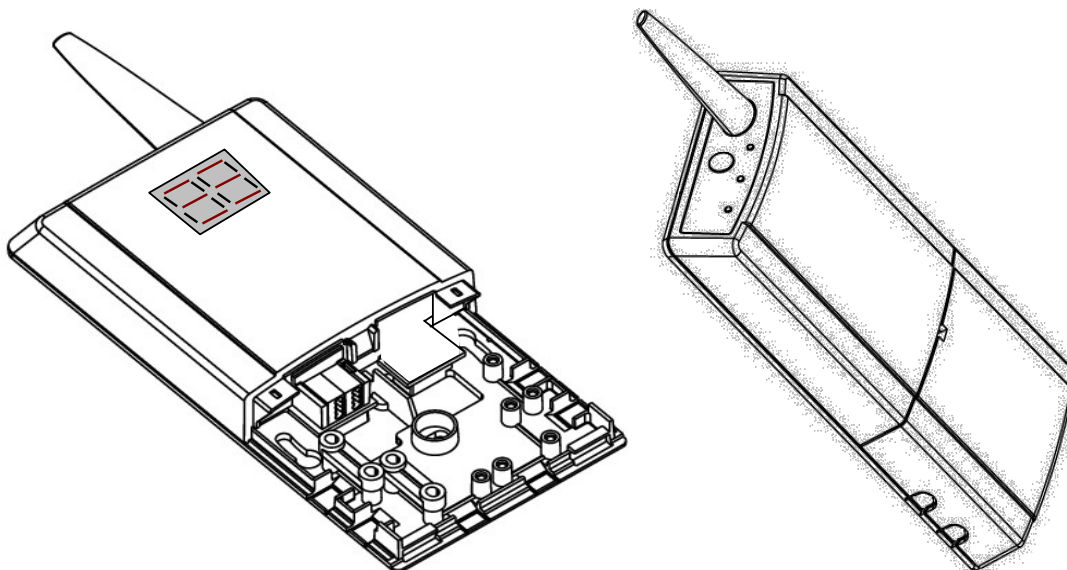


Figure 33 : Aperçu du TR351

Les fonctions attribuées aux boutons sont décrites dans la table suivante. AC correspond à Appui Court (inférieur à 2 secondes), AL correspond à Appui Long (supérieur à 2 secondes) et ATL correspond à Appui Très Long (supérieur à 10 secondes).

Mode	Bouton +	Bouton -	Afficheur 7 segments	Fonction
Ajout ou Suppression	AC		N° de voie	Sélection de la voie suivante (1 -> 2 -> 3 -> ... -> 31 -> 32 -> 1)
Ajout ou Suppression		AC	N° de voie	Sélection de la voie précédente (32 -> 1 -> 2 -> ... -> 32)
Normal	AC		“—“	Début du mode Visualisation pour 15 min
Normal		AC	“—“	Début du mode Visualisation pour 15 min
Visualisation	AC		Rien	Retour au mode Normal
Visualisation		AC	Rien	Retour au mode Normal
Normal ou Visualisation	AC	AC	“Ad“	Entrée en mode Adressage
Adressage	AC	AC	Rien	Sortie du mode Adressage
Normal	AL		N° de voie	Entrée dans le mode Ajout
Ajout	AL		Rien	Sortie du mode Ajout
Normal		AL	N° de voie	Entrée dans le mode Suppression
Suppression		AL	Rien	Sortie du mode Suppression
TX100	AC		N° de voie	Sélection de la prochaine voie (l’affiche sur le TX100 si déjà configurée)
TX100		AC	N° de voie	Sélection de la voie précédente (l’affiche sur le TX100 si déjà configurée)
TX100	AL		N° de voie	Emission d’une demande de numérotation au TX100.
Normal ou Visualisation	AL	AL	“rF“	Suppression de tous les liens RF
Normal ou Visualisation	ATL	ATL	“FA“	Retour usine du produit

Tableau 10 : Utilisation des boutons sur le TR351

Le tableau ci-dessous contient toutes les indications données par les DEL et afficheurs à l'utilisateur.

DEL Rouge	DEL Verte	Afficheur 7 segments	Mode	Indication
	On	N° de voie	Ajout	Le prochain BP RF appuyé sera lié à cette voie.
	On	N° de voie Point gauche On	Ajout	1 ^{ère} trame de configuration envoyée par le BP RF.
	On	N° de voie 2 points On	Ajout	2 ^{ème} trame de configuration envoyée par le BP RF. Le lien est fait.
On		N° de voie	Suppression	Le prochain BP RF appuyé sera supprimé de cette voie.
On		N° de voie 2 points On	Suppression	1 ^{ère} trame de suppression envoyée par le BP RF.
On		N° de voie 2 points Off	Suppression	2 ^{ème} trame de suppression envoyée par le BP RF. Cette entrée n’est plus liée à la voie actuelle.
On	On	N° de voie clignotant	TX100	Sélection d’une voie avant numérotation.
On	On	N° de voie	TX100	La voie actuelle est sélectionnée par le TX100.
On	On	“--“	TX100	Aucune voie n’est sélectionnée par le TX100.
Off	Off	“rF“		Suppression des liens RF en cours.
Off	Off	“FA“		Retour usine en cours
Off	Off	Rien		Mode Normal

Off	Off	“Lo“		Un produit RF ayant des piles faibles a été détecté
Off	Off	“--“		Mode visualisation actif
Off	Off	“EtS“		Le plugin ETS est en cours d’exécution

Tableau 11 : Utilisation des DEL et afficheurs sur le TR351

VI.3.3 Validation de l’IHM

Le représentant du marketing, M. Patrick Meyer, a validé cette proposition d’IHM par rapport à sa connaissance des besoins du marché, et à la cohérence par rapport aux autres produits de la gamme Tebis.

Seul un mauvais retour lors des EVG (Essais vraie grandeur), qui se dérouleront en parallèle de la qualification du produit avec la participation d’installateurs et d’utilisateurs, pourrait faire changer cette IHM.

VI.4 Propositions d’architecture

VI.4.1 Conception mécanique

Pour limiter les coûts de développement, le bureau d’études mécanique a choisi de reprendre le boîtier de l’actuel TR130 et de rajouter les DEL, afficheurs et boutons.



Figure 34 : Vue 3D d’un TR351, avec l’afficheur en façade et les 2 boutons et DEL

VI.4.2 Choix des composants.

Au niveau du choix des composants, j'ai travaillé de concert avec l'ingénieur électronique. L'un des objectifs étant la réduction de coût (voir III.1), il nous a semblé intéressant d'étudier une solution avec un seul microcontrôleur.

En parallèle, notre fournisseur de composant RF, Xemics, nous a proposé une nouvelle puce disposant d'une mémoire tampon interne de 16 octets. Cette puce peut être intéressante s'il y a des problèmes de ressources temps-réel au niveau du microcontrôleur (problèmes dues à la gestion de 2 protocoles de communication).

Voici les 2 solutions qui ont été étudiées :

Composant	Solution 1	Solution 2	TR130
Microcontrôleur	MSP430F149	MSP430F149	MSP430F149 + HC05B16
Emetteur-récepteur RF	XE1203	XE1205 (avec mémoire tampon)	TDK
Communication Filaire	TP UART	TP UART	Schéma discret
Prix de revient unitaire (PRU1)	25,79 €	26,39 €	49,14€
Gain par rapport à l'actuel TR130	47,5%	46,3%	0 %

Tableau 12 : Chiffrage des solutions techniques

Dans les 2 cas on peut voir qu'économiquement ces solutions sont viables. Il ne me reste plus qu'à vérifier si elles sont performantes lors de stress sur les 2 médias de communication.

VII Risques

Pour pouvoir passer à la phase de réalisation du projet, il faut que je lève les risques qui pèsent sur la faisabilité du produit. Ces résultats doivent être présentés à l'ensemble de l'équipe projet lors de l'audit de fin de pré-étude.

VII.1 Etude des risques

Les principaux risques identifiés pour le TR351 sont :

- Gestion de deux médias (radio et filaire) par un seul microcontrôleur.
- Influence sur d'autres produits (TX100 et produits unidirectionnels).
- Maîtrise de la pile protocolaire TP.
- Outil de configuration ETS.

VII.1.1 Gestion des deux communications par un seul microcontrôleur

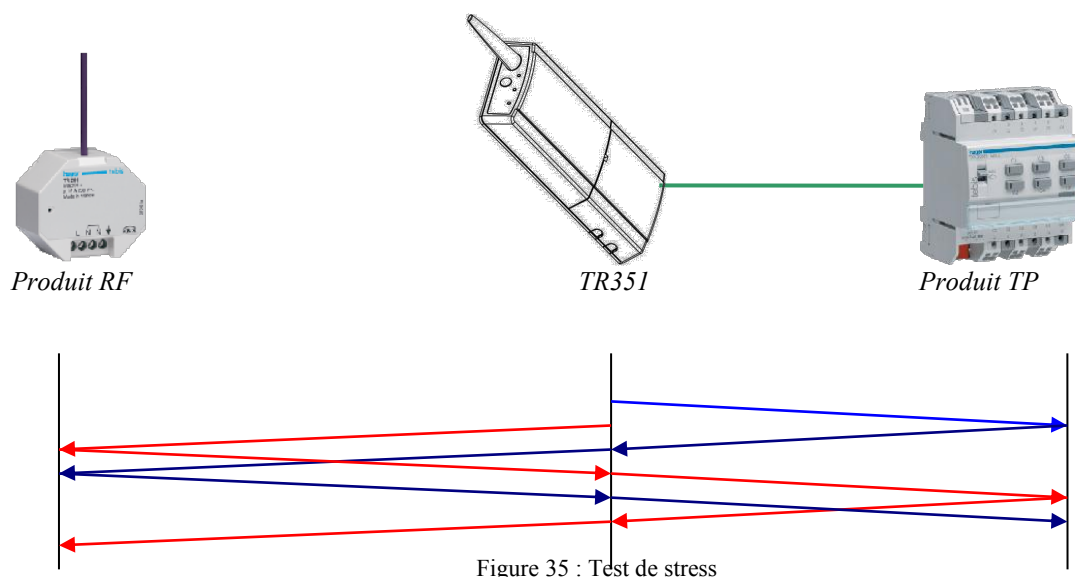
La gestion simultanée de la communication RF et TP par un seul microcontrôleur est un risque majeur du projet. En effet, les deux médias filaire et radiofréquence ne peuvent souffrir d'aucun retard de traitement, qui provoquerait une erreur de communication.

Les contraintes temps réels des 2 médias sont les suivantes :

Média	TP	RF
Débit	9600 bauds	16384 bauds
Temps entre 2 données à traiter	833 μ s	244 μ s
Temps maximum d'acquittement d'une trame	1,5 ms	Aucun

Tableau 13 : Contraintes temps réels des médias KNX

Pour lever ce risque, il faut développer une maquette représentative de l'architecture, et la soumettre à test de « Ping-Pong ». Ce test est décrit ci-dessous :



Le TR351 émet d'abord une trame sur le bus TP (flèche bleue). Un produit TP lui répond. Le TR351 transmet ensuite la réponse sur le média RF. Un produit capte sa trame et lui répond également. Le TR351 retransmet la réponse sur le TP et ainsi de suite. Pour augmenter encore la difficulté du test, je lui fais émettre la même chose en RF (les flèches rouges) quelques ms après la trame TP. Si le test se déroule bien, l'envoi des trames ne s'arrête jamais.

L'objectif est de tenir le taux d'erreur défini dans le standard KNX RF, soit une erreur tous les 10000 bits, ce qui équivaut à environ 55 trames, une trame ayant une longueur de 184 bits.

VII.1.1.1 Résultats des tests

Le tableau suivant présente les résultats des tests de stress, du point de vue du TR351. Un cycle est une transmission du jeton par voie RF et TP.

Solution	XE1203	XE1205
Nombre de cycles effectués	4	9853
Nombre de bits transférés en RF (émission et réception)	1472	3 625 904

Tableau 14 : Résultats des tests de stress

On peut observer que la solution avec le XE1203 cesse de fonctionner quasi immédiatement. Ceci est dû au trop grand nombre de communications simultanées à traiter par le microcontrôleur.

A l'inverse, la solution XE1205 a réussi à traiter un très grand nombre de cycle. Le test s'est arrêté sur une erreur de trame RF, mais les résultats sont largement supérieurs au taux d'erreur accepté par le standard KNX.

VII.1.1.2 Conclusion

A la vue des résultats présentés plus haut, il apparaît que la seule solution viable est celle du XE1205. C'est donc cette solution que je présenterai à l'audit de fin de pré-étude.

VII.1.2 Influence sur d'autres produits

Le TR351 nécessitera des modifications de certains produits existants :

Tous les produits unidirectionnels RF

Pour lier une voie du TR351 avec un produit RF, il faut que ce dernier soit capable d'envoyer une valeur booléenne à VRAI lors de l'appui et à FAUX au relâché. Tous les produits unidirectionnels RF (boutons, interrupteurs, télécommande, ...) sont capables de cela par configuration, mais par défaut ils émettent uniquement un VRAI sur l'appui, et rien sur le relâché. Pour que l'utilisateur puisse configurer son système sans utiliser le TX100 (qui est le seul à pouvoir configurer des produits unidirectionnels) il faut changer le comportement par défaut des produits.

Le TX100

Le TX100 affiche toujours le dernier produit dont il a reçu une trame. Le problème c'est que si l'utilisateur configure l'installation avec le TX100, et qu'il utilise un produit unidirectionnel pour identifier les voies du TR351, il risque de faire un lien entre le produit unidirectionnel et un autre produit de sortie. Pour éviter ceci, il faut ajouter un filtre « pas d'unidir » dans le TX100 pour ce que dernier n'affiche plus les trames reçues par des télécommandes par exemple.

Ce développement est estimé à 1 homme/semaine.

VII.1.3 Maitrise de la pile protocolaire TP

La pile protocolaire TP utilisée dans les produits Hager est développée par une société extérieure, TAPKO gmbh. Nous n'avons pas d'expérience en interne sur le fonctionnement de cette pile. Il a donc été décidé de déléguer cette étape à TAPKO pour un développement conjoint.

VII.1.4 Outil de configuration ETS

Le concentrateur de produits radio doit être configurable par 2 moyens :

- Configurateur Easy Hager (TX100)
- ETS, le logiciel du standard KNX

ETS ne permet pas nativement d'effectuer les appairages entre les senseurs RF et les acteurs TP. Pour cela, il faut ajouter un plug in à déployer en même temps que le fichier VD qui décrit les paramètres et datapoints du produit.

L'entreprise Tapko me propose de faire développer ce plug in par la société IT gmbh. Cette dernière édite un grand nombre d'outils pour ETS, et à une bonne expérience dans le développement de plug in.

VII.2 Audit de la spécification produit

La spécification produit a été présentée au marketing, et à tous les membres de l'équipe projet lors d'un audit. Lors de cet audit sont discutés les écarts entre cette spécification et le cahier des charges d'origine.

VII.2.1 Limitation par rapport au cahier des charges

Durant l'audit, je présente les différences entre le cahier des charges et la spécification produit au marketing :

- **32 voies configurables** : Pour un produit configuré avec ETS, le problème n'existe pas. Par contre, le principe de configuration Easy utilisé avec le TX100 limite le nombre de channels (et donc par extensions voies) à 24 par produits. Le problème est existant sur tous les produits, et le marketing accepte cette restriction.
- **Le produit est uniquement un récepteur** : Pour accélérer le développement du projet, le TR351 ne sera pas émetteur/récepteur. Cette fonctionnalité n'aurait de toute manière servi à rien dans le cadre du concentrateur (puisque'il ne fait que recevoir des données du monde RF).

VII.2.2 Sanction de l'audit

Au terme de l'audit de fin de pré-étude, l'équipe projet valide la spécification produit et valide ainsi le passage du projet en phase étude.

VIII Réalisation du logiciel

VIII.1 Tapko

Pour accélérer le développement du logiciel j'ai fait appel à Tapko. Cette société a développé la pile protocolaire KNX Filaire utilisée actuellement dans les produits Hager. Elle est basée à Ratisbonne (Regensburg) en Allemagne.

Tapko est un partenaire privilégié de Hager. Cette entreprise a été créée par deux anciens membres de Siemens, un des pionniers du système EIB, l'ancêtre de KNX. Leur connaissance du bus filaire est un atout majeur, car ils maîtrisent tous les pièges et limitations du système.

Tapko propose de développer la partie appairage et adaptation de la pile protocolaire TP pour 60 k€. Dans ce prix est également incluse la prestation de la société IT par rapport au plug-in ETS.



Figure 36 : Localisation de Ratisbonne en Allemagne

VIII.2 Architecture du logiciel embarqué

L'architecture du TR351 est composée de ces différents blocs logiciels:

- Interface Homme-Machine : gère l'interface avec l'utilisateur, à travers les DEL, afficheurs 7 segments et boutons du produit.
- Module d'appairage : gère la table d'appairage entre le média RF et TP, et fournit les services pour pouvoir éditer cette table.
- Réception KNX RF : couches 1 et 2 du modèle OSI qui s'occupent de la réception des données KNX RF, du décodage et de la vérification de la validité des données.

- Couches Réseau, Transport et Application simplifiées : Filtrent les trames remontées par les couches inférieures et fournissent au module d'appairage les données nécessaires.
- Channel 0x316 (Push Button ½ info 5) : Gère les datapoints du produit côté KNX TP en fonction de la configuration faite par l'utilisateur grâce à ETS. Ce composant est déjà existant chez Hager et nécessite juste d'être lié à la pile KNX TP.
- Pile protocolaire TP : Gère toutes les couches du standard KNX TP. Ce composant existe déjà chez Tapko et ne doit pas être trop modifié, sous peine de devoir à nouveau certifier ce composant par l'association KNX.

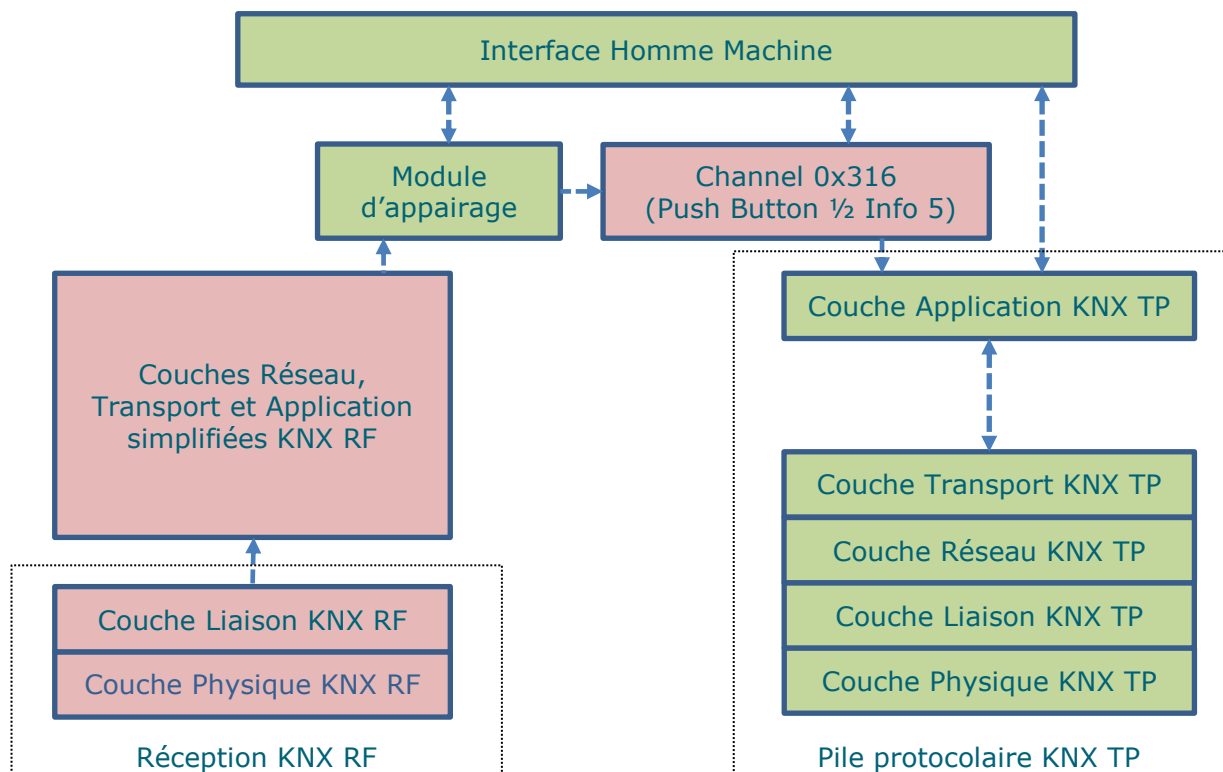


Figure 37 : Architecture logicielle du logiciel embarqué du TR351

VIII.3 Partage des tâches et planification

VIII.3.1 Estimation des charges

Après des discussions avec Tapko, j'ai estimé les charges de développement et j'ai décidé de partager les tâches de la manière suivante :

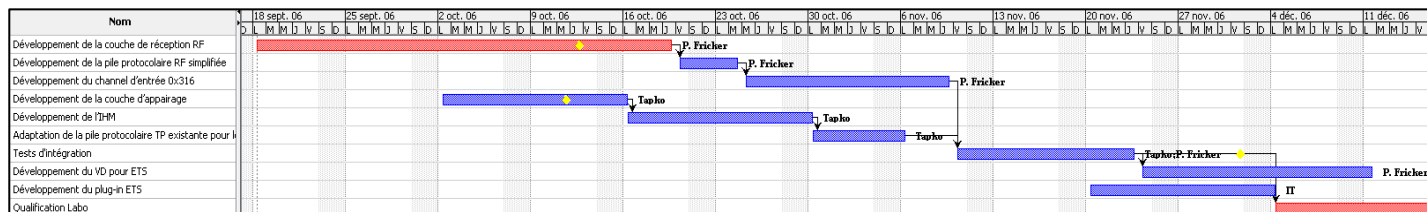
Tâche	Responsable	Charge en homme/semaine
Pour le logiciel embarqué		
Développement de la couche de réception RF	P. Fricker	4
Développement de la pile protocolaire RF simplifiée	P. Fricker	0,5
Développement du channel d'entrée 0x316	P. Fricker	2
Développement de la couche d'appairage	Tapko GmbH	2
Développement de l'IHM	Tapko GmbH	2
Adaptation de la pile protocolaire TP existante pour le TR351	Tapko GmbH	1
Logiciel ETS		
Développement du VD pour ETS	P. Fricker	2
Développement du plug-in ETS	IT GmbH	2
Gestion projet		
Suivi de l'avancement des différentes actions	P. Fricker	2
Synchronisation avec le marketing et laboratoire	P. Fricker	2

Tableau 15 : Assignment des tâches de développement et estimation des charges

En plus du développement et des tests unitaires intégrés à ces charges, il fallait prévoir deux semaines de tests d'intégrations, dont une partie devait être faite en commun entre Tapko et moi.

VIII.3.2 Planification

Le revu de passage en phase étude était prévu le 20 septembre 2006. J'avais donc construit un planning des tâches logicielles incluant Tapko, IT et moi-même. L'étape importante pour le logiciel était la livraison du logiciel embarqué pour la qualification. Il fallait que cela soit fait fin novembre, pour un début de qualification fixée au 4 décembre. Ceci permettait de garantir une mise en stock pour la fin du mois de janvier.



VIII.4 Environnement de développement

VIII.4.1 Règles de codage

Je dois me conformer aux règles de codage internes au service. Ces règles définissent le nommage des différents éléments composant le code source (variables, modules, fonctions et types de données).

L'architecture du logiciel dans la charte Hager est composée de 5 couches :

- Application : Automate de gestion de la lumière, des commandes utilisateurs, ...
- Communication : Protocole KNX, ...
- Outils : Calcul des CRC, sauvegarde des données en mémoire flash, ...
- Physique : Pilotage des DEL, gestion de la RF, ...
- Système : Ordonnanceur, Gestionnaire de temporisation, ...

La première lettre de chaque module doit être celle de la couche fonctionnelle à laquelle il appartient, par exemple 'p' pour un module lié à la couche physique, ou 'a' pour un module lié à la couche application.

VIII.4.2 Chaîne de développement

La chaîne de développement que j'utilise dans le cadre du projet est IAR Embedded Workbench pour MSP430. Elle fournit le compilateur, l'assembleur et l'éditeur de liens pour générer le logiciel ainsi que l'émulateur pour effectuer les tests sur cible.

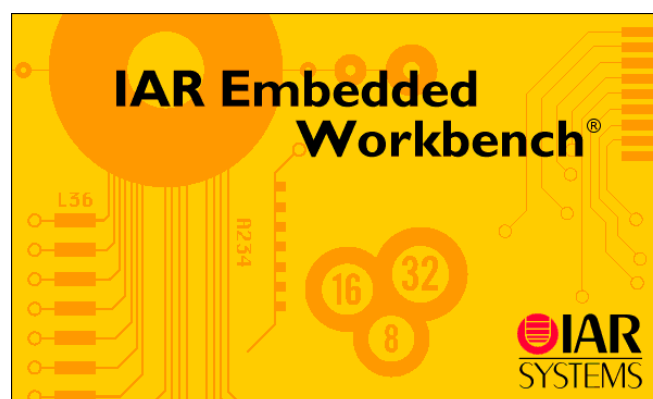


Figure 39 : Logo d'IAR Embedded Workbench

La liaison entre mon PC de développement et la carte de test se fait grâce au MSP430-FET (Flash Emulation Tool) connecté sur un port USB (voir Figure 40). Ce boîtier permet de télécharger un logiciel dans un microcontrôleur et d'en contrôler l'exécution grâce à la norme JTAG. Je peux ainsi positionner des points d'arrêts dans le code en cours d'exécution ou visualiser des valeurs de variables comme on peut le faire dans un environnement de développement sur PC. La seule limitation est que le nombre de points d'arrêts est fixé à 3.

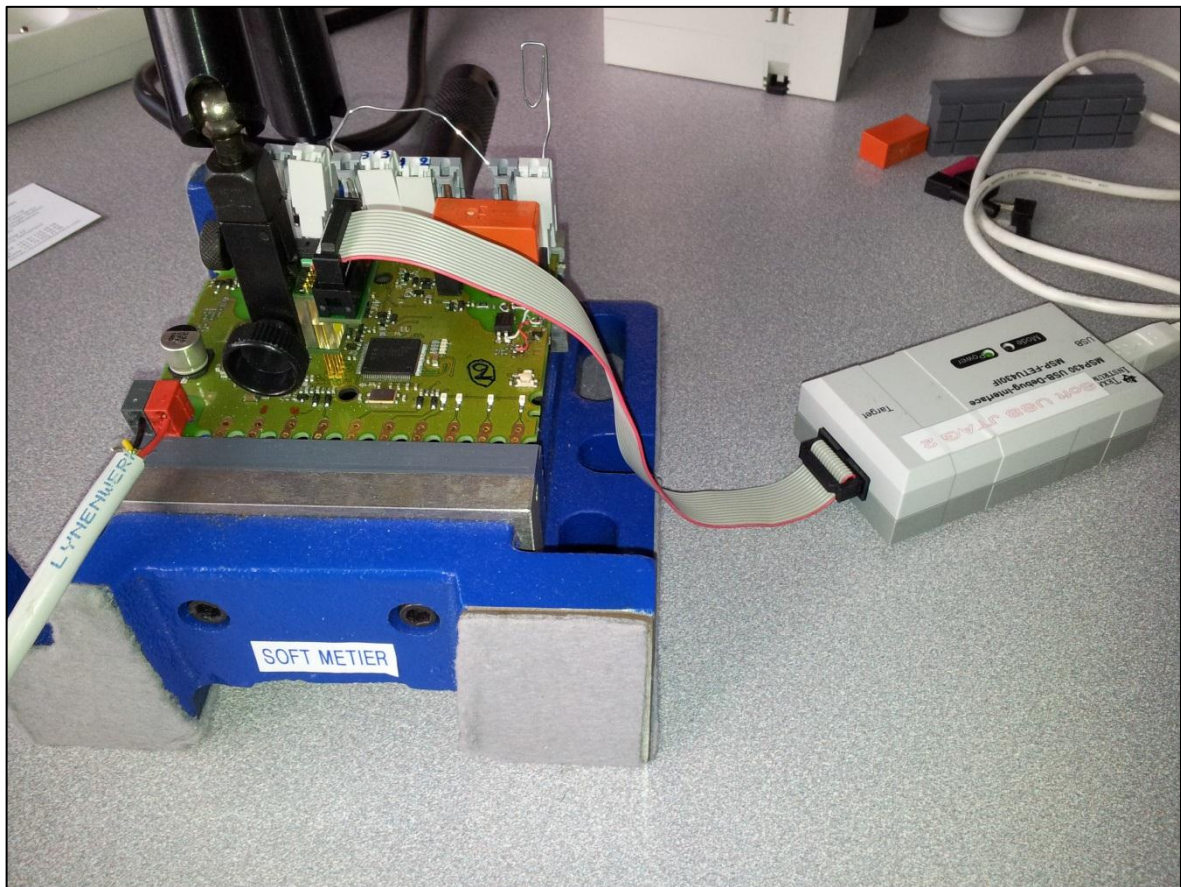


Figure 40 : Matériel d'émulation. A droite le MSP430-FET USB et à gauche la carte de test

VIII.4.3 Gestion de version

Pour gérer le code source de mon logiciel, j'utilise PVCS Version Manager de la société Merant (devenu depuis Serena Software). Ce logiciel de gestion de versions centralisé fournit tous les services habituels de ce genre d'outils comme le verrouillage, la copie locale ou l'étiquetage. Par contre, les branches sont très peu pratiques à utiliser, principalement à cause des options de résolutions de conflits très peu intuitives.

VIII.5 Développement du logiciel embarqué

VIII.5.1 Développement de la couche de réception RF

La couche de réception RF a la particularité de devoir gérer pour la première fois chez Hager une puce RF ayant une mémoire tampon de 16 octets. Cette mémoire permet de limiter les contraintes temps-réel sur le microcontrôleur.

VIII.5.1.1 Choix des ressources du microcontrôleur

Dans le but d'optimiser la consommation en temps machine du logiciel, je choisis d'utiliser les ressources du microcontrôleur suivantes dans le cadre du développement de la couche de réception RF :

- Bus de communication SPI
- Temporisation matérielle

L'objectif que je me fixe est d'utiliser au maximum les interruptions du système pour éviter d'exécuter en tâche de fond du code en attente active.

Bus de communication SPI

Le lien entre le MSP430 et le XE1205 se fait grâce une liaison série 3 fils de type SPI (Serial Peripheral Interface bus). Cette connexion maître-esclave a l'avantage de fournir un signal d'horloge émis par le composant maître. Ceci évite d'avoir des problèmes de précisions d'horloges entre les différents participants, et également de maîtriser le rythme d'émission, du moins pour le maître.

Le microcontrôleur que j'utilise dispose d'un périphérique SPI intégré, ce qui évite de consommer trop de temps machine pour la partie décodage des signaux. Ce périphérique dispose de différentes interruptions matérielles, notamment dans le cas où un octet est reçu ou émis (voir Annexe 3).

Temporisation matérielle

Je dispose de 10 temporisations matérielles dans le microcontrôleur. Dans les différentes parties de codes que je dois développer, seule la réception RF nécessite l'utilisation d'une et une seule temporisation. Je compte utiliser cette dernière uniquement dans le but de vérifier que les échanges avec le XE1205 se déroulent sans erreurs. Elle a donc le rôle de chien de garde, si une opération dure plus longtemps qu'une réception de trame, le logiciel doit réinitialiser la partie réception RF.

VIII.5.1.2 Principe de fonctionnement de la réception RF

Une fois configuré pour fonctionner à la fréquence KNX RF de 868,3MHz grâce au jeu de registres de la puce, j'utilise le détecteur de séquence (pattern detector) du composant pour que celui-ci écoute en permanence les données qui circulent sur le média RF. A partir du moment où une séquence RF correspond à celle programmée dans la puce (en l'occurrence, la séquence de synchronisation du standard KNX RF), cette dernière commence à remplir sa mémoire interne avec les données RF qui suivent cette séquence.

VIII.5.1.3 Choix des sources d'interruptions

Différents signaux générés par le XE1205 peuvent être utilisés sur des entrées interruptibles du microcontrôleur. Ces signaux sont :

- SYNC_DETECTED : signal qui indique qu'une séquence de synchronisation a été détectée sur le média RF, et qu'une réception de données est en cours.
- WRITE_BYTE : signale l'écriture d'un nouvel octet dans la mémoire tampon de la puce RF.
- FIFO_EMPTY : signal indiquant si la mémoire tampon est vide. La prochaine lecture produira un résultat imprévisible.
- FIFO_FULL : signal indiquant si la mémoire tampon est pleine. A partir du moment où ce signal est généré, il ne reste que 244µs (le temps de recevoir un nouvel octet sur la RF, soit 8 bits à 32768Hz) pour libérer de l'espace en effectuant une lecture sur le bus SPI.

Malheureusement, le XE1205 ne permet que de sortir deux des quatre signaux vers le microcontrôleur. Il faut donc que je choisisse les signaux les plus pertinents.

Le premier que je choisis est le signal WRITE_BYTE. Tant que le récepteur RF ne reçoit pas de données, ce signal reste inerte, mais dès que le premier octet de données est reçu, ce dernier est transféré dans la mémoire tampon de la puce, et c'est à ce moment-là qu'une impulsion est générée sur le port d'interruption. Je considère donc que ce signal est pertinent, car il me permet d'être informé du début de la réception d'une trame (ce qui rend le signal SYNC_DETECTED inutile) et je peux également compter le nombre d'octets écrits dans la mémoire tampon, et donc connaître le niveau de remplissage de cette dernière.

Le second signal que je choisis est FIFO_FULL. Cette interruption me permet de réévaluer l'état de la FIFO (elle est pleine, c'est-à-dire elle contient 16 octets) et ainsi effectuer seize lectures pour la vider. J'ai éliminé le signal FIFO_EMPTY car je peux aisément connaître le niveau de la mémoire tampon de la puce en utilisant le nombre d'impulsions reçus sur WRITE_BYTE et le nombre de lecture que j'ai effectué.

VIII.5.1.4 Difficultés de développement

Durant les premiers jours de développement de la partie réception RF, j'ai été confronté à des difficultés liées principalement à la puce RF.

Dans un premier temps, je désirais simplifier au maximum l'automate de réception RF. Je pensais attendre l'interruption FIFO_FULL, qui indique que la FIFO est pleine, puis vider la mémoire jusqu'à atteindre l'évènement FIFO_EMPTY, qui indique que plus aucun octet n'est disponible à la lecture.

Malheureusement, cette solution n'était pas viable, car pour l'interruption FIFO_FULL, il faut que le microcontrôleur lise les données en moins de 244µs, faute de quoi la mémoire tampon subit un dépassement de capacité. Je ne pouvais pas garantir ce temps-là, vu que la pile protocolaire KNX TP peut bloquer les interruptions durant 400µs.

L'autre problème vient d'une erreur de conception de la puce RF. Cette dernière gère mal la lecture du dernier octet de la FIFO. Il faut donc toujours laisser un octet non-lu dans la mémoire pour éviter cette erreur. Ce comportement a été confirmé par Xemics.

Ces deux problèmes m'ont donc obligé à changer l'automate de réception.

VIII.5.1.5 Automate de réception

A la vue des contraintes décrites précédemment, j'ai développé l'automate de réception suivant :

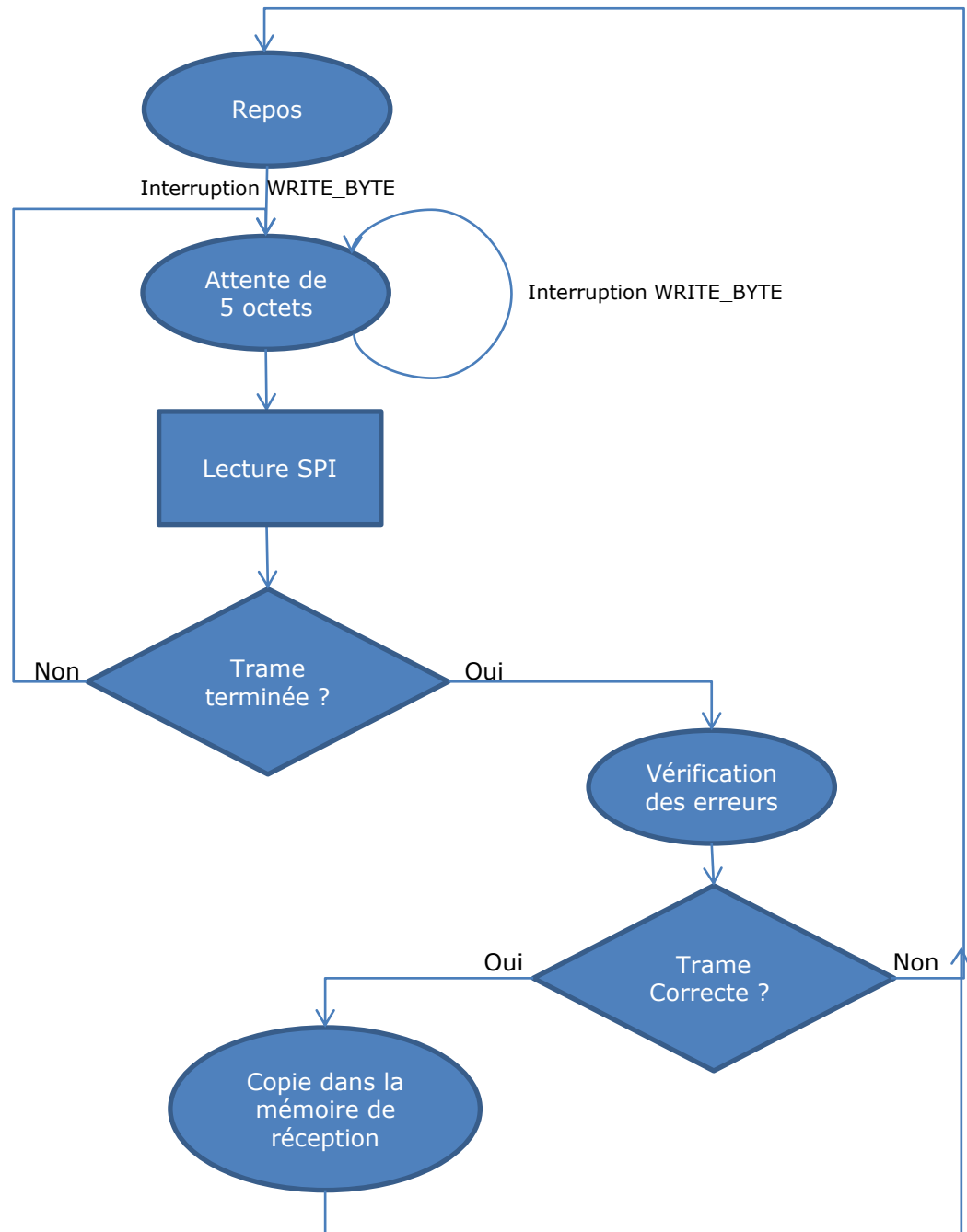


Figure 41 : Automate de réception RF

L'interruption WRITE_BYTE est la seule nécessaire à faire fonctionner l'automate. En cas d'interruption FIFO_FULL, le système lit quinze octets pour vider la FIFO.

VIII.5.1.6 Communication avec les couches supérieures

Une fois la trame valide reçue, cette dernière est copiée dans une mémoire tampon pour être traitée par la pile protocolaire simplifiée.

VIII.5.2 Développement de la pile protocolaire simplifiée

Le rôle de la pile protocolaire simplifiée est de remplacer les couches 3 à 7 du modèle OSI pour ressortir trois éléments de la trame KNX qui seront nécessaires à l'appairage entre des produits RF et le TR351, à savoir:

- Numéro de série : l'identifiant unique du produit.
- Adresse de groupe : l'adresse sur laquelle le produit communique.
- Donnée : Indique si on appuie sur le bouton, ou si on le relâche, comme défini dans la spécification fonctionnelle.

Ce module doit donc faire office de filtre et ne remonter à l'application que les trames qui ont ces attributs :

- Mode de communication : multicast
- APCI : A_Group_Value_Write (0x80)
- Donnée : Taille 1 bit : 0 (FAUX) ou 1 (VRAI)

VIII.5.2.1 Principe de fonctionnement

Ce module est appelé en tâche de fond par l'application lorsqu'un nouveau message est détecté dans sa mémoire tampon. Il extrait ensuite les informations contenues dans la trame en respectant le standard. Si ces données correspondent à celles citées plus haut, le module appelle la fonction *alnNewRFCommandReceived* du module d'appairage, avec en paramètre le numéro de série, l'adresse de groupe et la donnée.

VIII.5.3 Ajout du channel 0x316

Le channel 0x316, aussi nommé « Generic Push-Button ½ Info 5 » dans le standard KNX, décrit la liste de tous les datapoints avec lesquels les produits d'entrées Hager, des boutons poussoirs ou des télécommandes, sont compatibles. Cette liste permet de créer la table des datapoints du produit (voir IV.4.2). Elle permet également de définir la liste des paramètres auxquels l'utilisateur a accès. Le placement de ces paramètres en mémoire et la description de la table des datapoints doit être décrit dans le logiciel ETS.

```

typedef struct
{
    g_byte front_actif      : 1;
    g_byte timed_toggle     : 1;
    g_byte scene_learning   : 1;
    g_byte lock_allowed     : 1;
    g_byte led_display      : 3;
    g_byte shutter_security : 1;

    g_byte value_type1      : 3;
    g_byte value_type2      : 3;
    g_byte double_function  : 2;

    g_word value_to_send1;
    g_word value_to_send2;

    g_word retard_enclenchement;

    g_byte led_blinking     : 6;
    g_byte unused_1         : 2;

    g_byte config_level_2   : 3;
    g_byte unused_2         : 5;

    g_byte dummy;

    g_byte cycle_time;

} g_apr_param_0316;

```

Figure 42 : Structure des paramètres d'une voie du channel 0x316

Le channel est déjà existant, mon seul travail consiste à l'intégrer dans le projet, ce qui ne pose pas de difficulté majeure. Le plus long travail est de créer la table des datapoints et la table des paramètres pour les 32 voies que compte le produit (voir en Annexe 5 pour voir la table des paramètres). En tout, le TR351 contient 9 paramètres par voie, soit 288 paramètres en tout, ainsi qu'une vingtaine de paramètres liés au produit.

Une fois ces tables créées, je peux commencer à travailler sur le logiciel ETS.

VIII.6 Développement pour le logiciel ETS

ETS est un progiciel utilisé par les installateurs pour configurer les produits KNX de n'importe quel fabricant. Pour y ajouter les produits Hager, il faut fournir un fichier de description du produit nommé Virtual Device (VD).

VIII.6.1 Développement de l'interface ETS

ETS existe en plusieurs versions. Globalement, les installateurs utilisent soit la version 2 (interface ancienne, mais avec une meilleure vision de l'arborescence de l'installation), soit la version 3 (interface Windows récente, très puissante, mais moins claire pour un installateur n'étant pas familiarisé avec les technologies informatiques). Pour le projet TR351, seul une interface pour ETS3 va être développée, car ce dernier est le seul à pouvoir gérer des plugins.

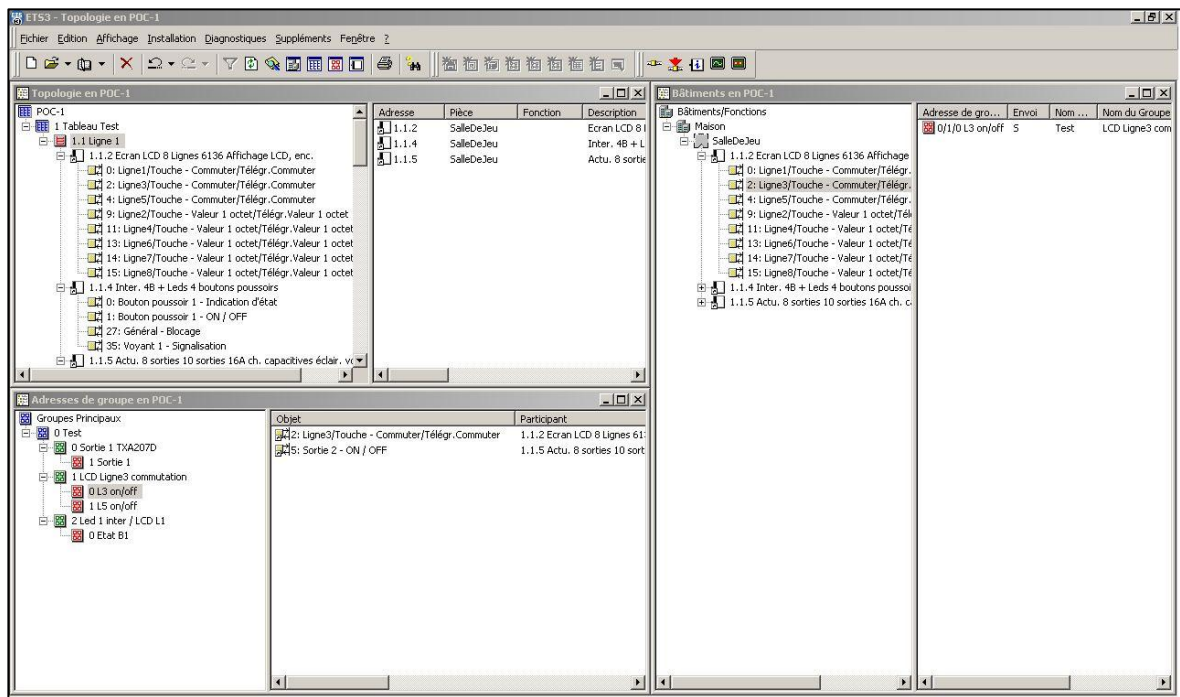


Figure 43 : Interface du logiciel ETS3

VIII.6.2 Développement du VD

Je m'occupe du développement du VD du TR351. La principale tâche à réaliser est de décrire, en utilisant l'outil « Manufacturer Tool » fourni par KNX, l'organisation des paramètres dans la mémoire du microcontrôleur ainsi que la description de la table des datapoints.

Il faut également décrire l'interface qui est présentée à l'utilisateur. Ce travail se base sur des VD existants. Cette phase de description est la plus longue car l'outil ne propose pas de fonctions copier/coller ; il faut donc réécrire pour chaque voie du produit (sous ETS, le TR351 est capable de gérer 32 voies) l'interface utilisateur de configuration. En comptant environ 1 heures par voie, et en intégrant les discussions avec le marketing, la charge des 2 semaines estimée n'a pas été suffisante. Il a fallu presque une semaine de plus

pour terminer cette tâche. Une fois le VD terminé, il est traduit par le marketing et envoyé au laboratoire pour la phase de qualification.

VIII.7 Développement du plugin d'édition des liens RF

Tapko a chargé la société IT GmbH de créer le plugin d'édition des liens RF sous ETS. Cette société a une bonne connaissance des développements sous ETS, et permettra à Hager et moi-même de gagner de l'expérience dans le développement de plugins.

Je me suis occupé de faire l'interface entre IT et les différents marchés pour la traduction du plugin. En effet, ce dernier étant extérieur à ETS, la procédure de traduction habituelle ne peut pas s'appliquer. La société IT m'a envoyé un tableau Microsoft Excel contenant toutes les chaînes de caractères à traduire (une trentaine en tout). J'ai envoyé ce fichier, légèrement modifié pour qu'il ne fasse plus qu'apparaître la langue désirée, à chaque interlocuteur des différents marchés visés pour qu'ils traduisent le document. Après 2 semaines, j'ai mixé tous les résultats dans le fichier d'origine et retransmis ce dernier à IT.

Le travail sur le plugin a duré 2 semaines. Je me suis ensuite occupé de l'intégrer dans le VD du produit pour que la fonction soit accessible au client. Cette intégration ne posait aucun problème, il suffisait de déclarer la bibliothèque dynamique (DLL) dans le champ prévu dans l'outil « Manufacturer Tool ».

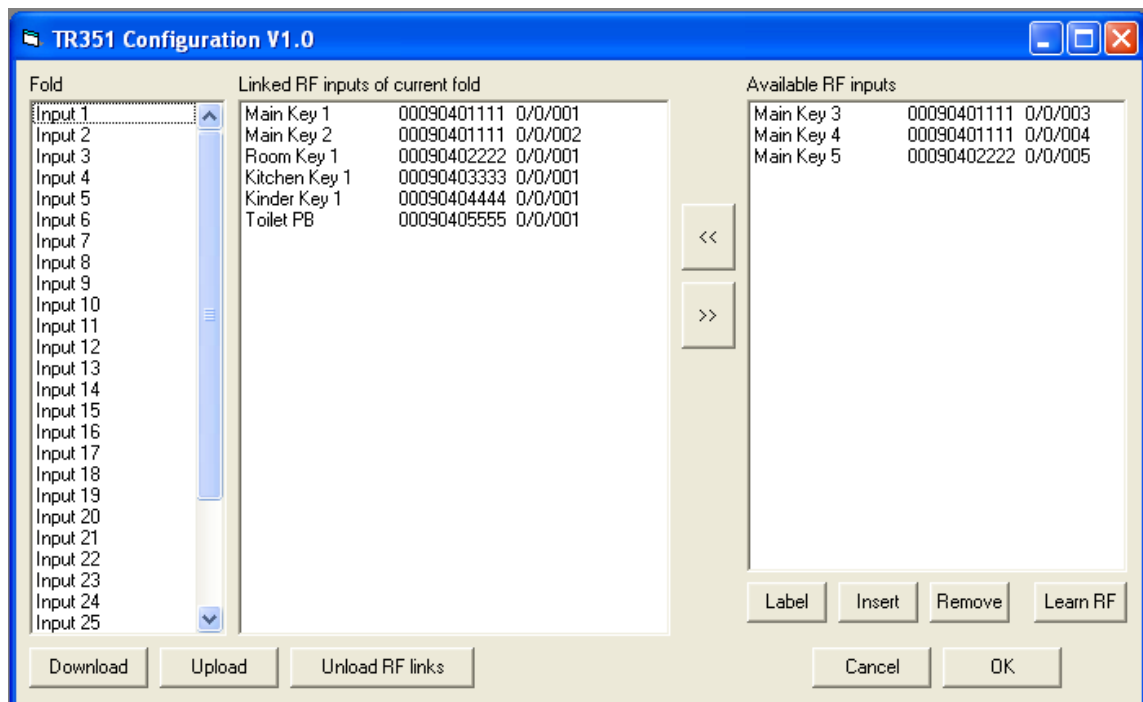


Figure 44 : Fenêtre principale de l'éditeur de liens RF

IX Mise en œuvre du logiciel

IX.1 Validation du logiciel

IX.1.1 Les tests dans le domaine de l'informatique embarquée

J'ai deux solutions pour effectuer les différents tests du logiciel :

- Compiler le code pour une cible de type PC
- Exécuter et déboguer le code directement sur le MSP430

Je choisis la méthode en fonction du module à tester. En effet, une fonction qui n'utilise pas de fonctionnalités spécifiques au matériel peut être testée sur PC (par exemple, le module pile protocolaire simplifiée). Mais les modules très proches du matériel nécessitent obligatoirement un débogage sur un prototype.

IX.1.2 Tests unitaires

La première tâche pour la validation est le test unitaire. J'ai fait subir à chaque élément logiciel des tests dans un environnement bouchonné :

- La couche physique de réception RF
- La pile protocolaire RF simplifiée

IX.1.2.1 Tests de la couche physique de réception RF

La difficulté pour le test de la couche physique est que l'on travaille sur un média ouvert. N'importe quel produit KNX RF qui émet une trame peut potentiellement faire échouer un test.

Le JTAG, l'interface qui permet de déboguer directement au cœur du microcontrôleur, me donne la possibilité d'arrêter l'exécution du code à n'importe quel moment pour vérifier l'état des variables, de la mémoire et même des périphériques. Malheureusement, la puce RF n'obéit pas aux mêmes règles. Je ne peux pas l'arrêter lorsque le microcontrôleur est en pause, ce qui causera, par exemple durant une réception de trame, un dépassement de capacité de la mémoire du côté du récepteur RF. Ceci impose donc de bien positionner les points d'arrêts pour limiter ce genre de situation, et surtout il faut penser à fréquemment réinitialiser la couche de communication RF. Heureusement, le chien de garde que j'ai mis en place pour effectuer la surveillance de la communication

avec le XE1205 remplit parfaitement son rôle, et redémarre automatiquement le module en cas d'erreur.

Pour effectuer ce test, j'ai utilisé un analyseur de paquets RF décrit ci-dessous. J'ai également utilisé des oscilloscopes et des analyseurs de spectre pour mettre en évidence d'éventuels problèmes.

Un analyseur de paquets RF est un outil qui permet de visualiser l'activité sur le média RF. Pour les précédents développements, le bureau d'études avait créé un tel outil qui capte les données reçues sur la radio pour les retransmettre sur une liaison série RS232 connectée à un PC. Il suffisait ensuite d'utiliser un analyseur de liaison série du côté de l'ordinateur pour visualiser les trames. Malheureusement, cette façon de visualiser les données n'est pas efficace, car il n'y avait aucun décodage des différents champs composant la trame.

J'ai décidé de développer un outil à l'aide de Visual Basic pour afficher les trames décodées. Cet outil dispose des fonctionnalités suivantes :

- Visualisation des trames décodées
- Visualisation des trames erronées
- Enregistrement des traces
- Gestion d'alias permettant de reconnaître un produit plus aisément qu'avec son numéro de série
- Des filtres d'affichage (par rapport au numéro de série, type de produit)
- Sélection des champs que l'on souhaite visualiser
- Sauvegarde des trames dans un fichier texte.

Time	RSSI	Fr...	Le...	Emi...	AET	Serial Number	Kn...	Sou...	Dest...	Add...	RC	LFN	APCI	Data	Raw
29/04/2013 16:59:20.734	61	F1	21	Bidir	S/N	000900400000	Re...	15FE	FEFF	Group	4	3	A_GroupValue_Write	00020843	1544FF0200090040000089220015FEFFFC600...
29/04/2013 16:59:17.363	60	F1	17	Bidir	S/N	000945600D1E	Re...	15FE	C000	Group	4	6	A_GroupValue_Write	01	1144FF02000945600D1E9EEB0015FEC000CC0...
29/04/2013 16:59:17.282	59	F1	17	Bidir	S/N	000945600D1E	Re...	15FE	C000	Group	4	7	A_GroupValue_Write	01	1144FF02000945600D1E9EEB0015FEC000CC0...
29/04/2013 16:59:17.214	61	F1	21	Bidir	S/N	000900400000	Re...	15FE	FEFF	Group	4	0	A_GroupValue_Write	00020842	1544FF0200090040000089220015FEFFFC600...
29/04/2013 16:59:17.134	61	F1	21	Bidir	S/N	000900400000	Re...	15FE	FEFF	Group	4	1	A_GroupValue_Write	00020842	1544FF0200090040000089220015FEFFFC600...
29/04/2013 16:59:17.004	61	F1	31	Bidir	Do...	00094003B98A	Re...	05FF	05FF	Indiv	5	3	A_PropertyValue_R...	01F410010002000805...	1F44FF0200094003B98A9BA0005FF05FF5703...
29/04/2013 16:59:16.972															
29/04/2013 16:59:16.921	62	F1	31	Bidir	Do...	00094003B98A	Re...	05FF	05FF	Indiv	5	2	A_PropertyValue_W...	01F410010002000805...	1F44FF0200094003B98A9BA0005FF05FF5703...
29/04/2013 16:59:15.185	61	F1	23	Bidir	Do...	000980050781	Re...	1500	15FE	Indiv	4	5	A_PropertyValue_R...	000110010000	1744FF0200098005078120ED00150015FE4B03...
29/04/2013 16:59:15.139	60	F1	21	Bidir	Do...	000980050781	Re...	15FE	1500	Indiv	4	2	A_PropertyValue_R...	00011001	1544FF0200098005078157C80015FE15004503...
29/04/2013 16:59:13.958	60	F1	31	Bidir	Do...	00094003B98A	Re...	05FF	05FF	Indiv	5	1	A_PropertyValue_R...	01F410010002000805...	1F44FF0200094003B98A9BA0005FF05FF5703...
29/04/2013 16:59:13.873	60	F1	31	Bidir	Do...	00094003B98A	Re...	05FF	05FF	Indiv	5	0	A_PropertyValue_W...	01F410010002000805...	1F44FF0200094003B98A9BA0005FF05FF5703...
29/04/2013 16:59:07.251	138	F1	17	Unidir	S/N	WAHT	Re...	05FF	0002	Group	6	0	A_GroupValue_Write	00	1144FF0382090640A0FFDB580005FF0002E000...
29/04/2013 16:59:07.043	138	F1	17	Unidir	S/N	WAHT	Re...	05FF	0002	Group	6	0	A_GroupValue_Write	00	1144FF0382090640A0FFDB580005FF0002E000...
29/04/2013 16:59:06.763	59	F1	23	Bidir	S/N	00094003B98A	Re...	05FF	0000	Group	5	2	A_NetworkParamete...	C3523C0000FF	1744FF0200094003B98A48470005FF0000D403...
29/04/2013 16:59:03.201	59	F1	21	Bidir	Do...	000980050781	Re...	15FE	1500	Indiv	4	3	A_PropertyValue_R...	00011001	1544FF0200098005078157C80015FE15004703...
29/04/2013 16:58:58.854	52	F1	19	Unidir	S/N	007402626F93	Re...	05FF	0001	Group	6	6	A_GroupValue_Write	0C5F	1344FF03007402626F93FA430005FF0001EC00...
29/04/2013 16:58:58.682	50	F1	19	Unidir	S/N	007402626F93	Re...	05FF	0001	Group	6	6	A_GroupValue_Write	0C5F	1344FF03007402626F93FA430005FF0001EC00...
29/04/2013 16:58:54.245	60	F1	17	Bidir	S/N	0009014C62D0	Re...	05FF	0302	Group	5	1	A_GroupValue_Write	01	1144FF020009014C62D0E4760005FF0302D200...
29/04/2013 16:58:54.221	138	F1	17	Bidir	S/N	0009014C62D0	Re...	05FF	0302	Group	6	1	A_GroupValue_Write	01	1144FF020009014C62D0E4760005FF0302D200...
29/04/2013 16:58:54.019	60	F1	17	Bidir	S/N	00094000D73E	Re...	05FF	0105	Group	5	0	A_GroupValue_Read		1144FF0200094000D73E62FF0005FF0105E000...
29/04/2013 16:58:53.995	138	F1	17	Bidir	S/N	00094000D73E	Re...	05FF	0105	Group	6	0	A_GroupValue_Read		1144FF0200094000D73E62FF0005FF0105E000...
29/04/2013 16:58:52.771	138	F1	17	Unidir	S/N	WAHT	Re...	05FF	0002	Group	6	7	A_GroupValue_Write	01	1144FF0382090640A0FFDB580005FF0002E000...
29/04/2013 16:58:52.592	138	F1	17	Unidir	S/N	WAHT	Re...	05FF	0002	Group	6	7	A_GroupValue_Write	01	1144FF0382090640A0FFDB580005FF0002E000...
29/04/2013 16:58:52.413	138	F1	17	Unidir	S/N	WAHT	Re...	05FF	0002	Group	6	6	A_GroupValue_Write	00	1144FF0382090640A0FFDB580005FF0002E000...
29/04/2013 16:58:52.224	58	F1	17	Unidir	S/N	WAHT	Re...	05FF	0002	Group	5	6	A_GroupValue_Write	00	1144FF0382090640A0FFDB580005FF0002E000...

Figure 45 : Logiciel PC de l'analyseur de paquets RF

Cet outil m'a permis d'accélérer les tests car une difficulté liée aux produits radiofréquence est qu'ils communiquent sur un média ouvert. Ainsi l'analyseur de paquets capte toutes les trames émises dans un rayon de 50 mètres, et il faut donc que je sois capable de garantir que c'est bien ma trame qui a fait réagir le produit ou de voir qu'une autre trame a perturbé le test.

Les tests de la couche physique consistent principalement à émettre des trames avec divers produits et à voir si le produit les reçoit correctement, en mettant en parallèle ce qu'affiche l'analyseur de paquets RF et ce que l'on voit dans la mémoire du produit.

Il faut également veiller à tester les cas d'erreurs, c'est-à-dire envoyer une trame erronée (mauvaise longueur par exemple) et s'assurer que le produit la rejette bien. Ces trames ont été générées grâce une télécommande RF dont j'ai modifié le logiciel.

Cette phase de test n'a pas mis en évidence de problème sur la partie réception RF.

IX.1.2.2 Tests de la pile protocolaire RF simplifiée

Le test du code de la pile protocolaire RF simplifiée s'est déroulé sur un PC, dans un environnement Microsoft Visual Studio. J'ai remplacé la couche physique par une fonction qui transmet toutes les 200 ms une trame issue d'un jeu de trames contenu dans un fichier texte. Ce jeu a été créé avec l'ensemble des services du standard KNX. La pile protocolaire doit rejeter ceux qu'elle ne connaît pas, et faire remonter à la couche d'appairage les services connus si les données sont compatibles avec le TR351. J'ai

également remplacé la couche d'appairage par une fonction qui écrit dans un fichier texte la liste de trames qui sont reçues. En vérifiant le contenu de ce fichier manuellement, je suis ainsi capable de confirmer le bon fonctionnement de module logiciel.

Ces tests n'ont mis en évidence aucune anomalie dans le code que j'ai développé.

IX.1.3 Test du VD pour ETS

Il n'y a pas d'outils fournis par KNX pour tester la validité des données du VD. Par contre, je peux créer sous ETS une installation contenant le produit, et vérifier le comportement du produit sur le bus grâce à un logiciel espion, EITT (pour EIBA Interworking Test Tool). Il permet, tout comme l'analyseur de paquets RF, de vérifier toutes les trames qui passent sur le bus KNX TP, et ainsi me permettre de voir s'il y a des incohérences entre la configuration que j'ai effectuée, et le résultat dans EITT.

Ce test est très fastidieux, car il y a 288 paramètres pour les 32 voies du produit. Et chaque paramètre peut prendre un grand nombre de valeurs différentes, leur taille variant de 8 bits à 32 bits. Et en plus de cela, certains paramètres influent sur la signification des autres, ce qui donne une combinatoire énorme. Il est donc impensable de tout tester.

Je choisis donc de vérifier tous les paramètres du produit, mais sans tester toutes les valeurs, ce qui permet de limiter la durée du test. Mais il aura fallu une semaine pour arriver à couvrir l'échantillon qui présente la couverture la plus intéressante.

IX.1.4 Tests d'intégrations

Les tests d'intégrations sont réalisés par Peter Tomic et moi-même, chez Tapko en Allemagne.

Ces tests incluent notamment :

- Remplissage des tables d'appairages au maximum possible.
- Lien entre 768 produits d'entrées RF sur 1 seul voie TP
- Stress RF et TP
- Coupure d'alimentation du produit
- Trame en erreur sur les 2 médias

Ces tests ont mis en évidence un problème sur le parcours de la table d'appairage, trop lent lorsque l'on avait plus de 300 liens. Pour corriger cela, j'ai proposé à M. Tomic de

trier la table d'appairage et ensuite de faire une recherche par dichotomie. Cette solution a effectivement corrigé le problème de performance, en déplaçant la durée de traitement (le tri de la table) à un moment moins critique, c'est-à-dire la configuration.

IX.1.5 Relecture de code

La relecture de code (ou lecture croisée) est utilisée pour avoir un œil critique sur le code écrit par une autre personne. Ceci permet de détecter des erreurs potentielles (dépassement de capacité, erreur dans un automate, problèmes de types) qui pourraient nuire à la stabilité du produit.

J'ai conduit chez Tapko une relecture de leur code. Cette relecture d'une journée n'a pas mis en évidence de graves problèmes, uniquement quelques incohérences de types de données sans gravité.

IX.2 Vérification d'aptitude à l'usage

Il y a deux types de vérification chez Hager. La qualification du produit et les essais vraie grandeur (E.V.G.).

IX.2.1 Qualification

La qualification du produit est faite par le service laboratoire. Les techniciens de test s'occupent de maltraiter le produit, autant de manière fonctionnelle qu'avec des perturbations électriques ou des chocs mécaniques pour tester sa fiabilité dans différentes conditions d'utilisation. Etant donné que j'interviens principalement dans la partie fonctionnelle, je ne présenterai que cette dernière dans ce mémoire.

IX.2.1.1 Qualification fonctionnelle

La qualification fonctionnelle est la période de test qui concerne le plus le métier du logiciel. Le technicien laboratoire associé au projet effectue des tests pour voir si le produit est conforme à la spécification produit.

Durant cette phase j'ai travaillé conjointement avec F. Papin du service laboratoire. Même si mon rôle n'est que secondaire sur cette phase, je me suis rendu disponible dès qu'il rencontrait un problème ou lorsqu'il avait une question.

IX.2.1.2 Spécification de test

La spécification de test contient la liste des essais à réaliser ainsi que les conditions de test d'un produit donné. Le fait de rédiger ce document permet d'avoir un aperçu de la couverture de test effectuée sur le produit, mais également de refaire exactement les mêmes tests avec les différentes versions de logiciel existantes.

Ce document est rédigé par le membre du laboratoire, et est validé avec le chef projet et les représentants du logiciel, de l'électronique et de la mécanique.

IX.2.1.3 Base d'anomalies

La base d'anomalies Tracker est utilisée pour faire le suivi des anomalies fonctionnelles détectées sur le produit durant la phase de qualification. C'est le principal outil commun entre le service laboratoire et logiciel. Elle permet d'avoir une liste d'erreurs, qui contient pour chaque anomalie une description, la version du logiciel, la gravité, la date de détection, le type d'anomalie, et la version sur laquelle l'erreur a été corrigée et validée.

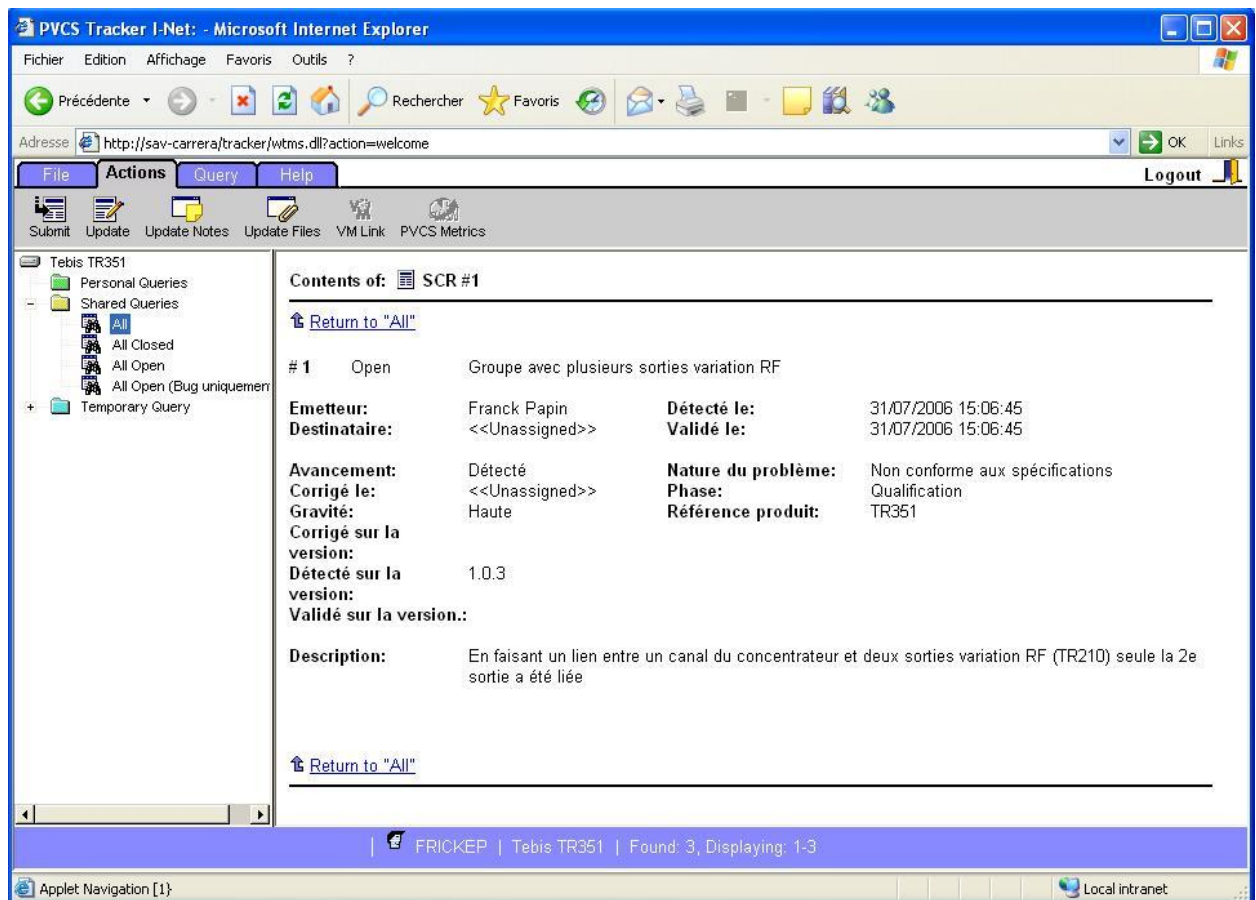


Figure 46 : Exemple d'anomalie dans la base Tracker

En tout, le technicien du laboratoire a trouvé 3 anomalies. Deux d'entre elles concernaient le VD du produit, qui contenait des erreurs (adresse de paramètre mal saisie). La dernière n'était pas une erreur, mais une mauvaise manipulation de sa part sous ETS.

En conclusion, la qualification fonctionnelle s'est bien passée vu le faible nombre d'anomalies détectées.

IX.2.2 Essais vrai grandeur (E.V.G.)

IX.2.2.1 Les sites d'essais

Le technicien d'assurance qualité en charge du projet s'occupe de trouver des sites de test pour le produit. Cinq sites ont été équipés de prototypes.

IX.2.2.2 Déplacement sur site

L'un des sites d'E.V.G., au Pays-Bas, a posé des problèmes. L'utilisateur se plaignait des performances radio du produit. En effet, lorsqu'il appuyait sur des interrupteurs, les lampes ne s'allumaient pas systématiquement. Le site est composé d'une dizaine de boutons poussoirs RF, de 8 télécommandes, d'une trentaine de produits de sorties (relais, variateurs de lumières) et de 2 TR351. L'installation a été faite avec un TX100 (ce qui limite le nombre de voie du TR351 à 24, c'est pourquoi il y en a 2 dans l'installation, pour atteindre le nombre de sorties nécessaires).

Le chef projet, un ingénieur électronicien et moi-même nous sommes déplacés sur site pour trouver l'origine du problème. Après une série de mesures et de tests de performances, nous nous sommes aperçus que la maison était composée d'énormes poutres métalliques. Cette structure empêchait donc une propagation homogène des ondes radio, ce qui expliquait les faibles performances du système sur place.

Pour résoudre le problème, nous avons installé les deux TR351 dans les combles, endroit le plus ouvert au niveau radio. Au final, près de 95% de la maison est couverte par les TR351, ce qui est très satisfaisant pour l'utilisateur (les 5% restant représentent des zones qui ne disposent pas de boutons poussoirs).

Ce déplacement a été pour moi l'occasion de discuter avec un installateur, et le voir manipuler le produit. Il est toujours intéressant de voir qu'un utilisateur utilise le produit différemment de la façon dont on l'a imaginé. Cet installateur hollandais était très satisfait par le produit et son ergonomie.

IX.2.2.3 Conclusion sur les E.V.G.

Les retours des installateurs sont très positifs. L'IHM est très simple, et on ajoute et supprime très facilement de nouveaux produits. De même, le mode de visualisation permet de voir rapidement à quelle sortie les entrées sont reliées.

Par contre, très peu d'installateurs ont utilisé le plugin ETS, car il semble plus compliqué que l'interface du produit pour la configuration.

X Mise en production

Pour obtenir le feu vert du service qualité pour lancer la production d'un nouveau produit, il faut :

- Avoir réalisé toutes les étapes de qualification du produit, partie décrite précédemment.
- Effectuer une qualification des procédés industriels (QPI)
- Produire la série zéro et faire valider un des produits par le laboratoire

X.1 QPI

La QPI précède la production de la série zéro. Elle a pour but de valider les différents éléments de production, notamment les testeurs du produit. Cette étape ne nécessite pas d'avoir un logiciel qualifié, il suffit de fournir un logiciel capable de gérer les fonctions spécifiques requises par le testeur.

X.1.1 Spécification de tests industriels

Cette spécification décrit tous les tests qui seront effectués sur le produit, que ce soit au niveau test « carte » ou test « produit fini ». Les différents intervenants techniques du projet se réunissent pour la rédiger, sous la responsabilité du représentant de la qualité produit. On y consigne les tests électroniques, logiciels et mécaniques à réaliser.

Du côté logiciel, il faut être capable de :

- Fournir la version du logiciel chargé
- Calibrer le quartz de la puce RF
- Lire/Ecrire le numéro de série du produit
- Fournir les routines de test des boutons poussoirs et DEL.

J'ai proposé d'utiliser des messages KNX TP pour faire communiquer le testeur avec le produit. Pour cela, j'ai utilisé une property, un message de configuration point à point KNX. Le standard définit certains messages de manière générique, mais les fabricants peuvent également définir des propriétés privées, qui ont un identifiant supérieur ou égal à 50000.

J'ai défini la property « Test Fabrication » qui porte le numéro 50001, car il existe déjà une property 50000 pour la configuration TX100. Le tableau suivant présente les différentes opérations accessibles par le testeur de produits finis. La colonne L signifie Lecture et E Ecriture.

Fonction	accès		Donnée (numéro d'octet)									
	L	E	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Version logicielle	X		0	majeur	mineur	build	0	0	0	0	0	0
Numéro de série		X	1	<i>numéro de série</i>						0	0	0
Date_code	X	X	2	<i>date_code</i>		0	0	0	0	0	0	0
DMA	X	X	3	<i>@ mémoire</i>		<i>nb octet</i>	<i>données (complétées par des 0)</i>					
Entrée / sortie du mode « test produit fini »		X	4	<i>Mode test</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Données industrielles	X	X	5	<i>Référence baie de test</i>	<i>Version logicielle de la séquence de test</i>		<i>Date du test</i>		<i>Heure du test</i>		<i>Identifiant opérateur</i>	
BP	X		6	<i>Numéro</i>	Etat	0x00	0	0	0	0	0	0
DEL	X		7	<i>Numéro</i>	Couleur	Etat	0	0	0	0	0	0
Paramètres	X	X	8	<i>Device Type</i>		<i>Numéro</i>	<i>Valeur</i>					
Radio mode		X	9	<i>mode⁽¹⁶⁾</i>	<i>Durée⁽¹⁷⁾</i>	0x00	0	0	0	0	0	0

Tableau 16 : Description de la property Test Fabrication (50001)

X.2 Série zéro

La série zéro représente la première fabrication de produits en série. Toutes les étapes de validation du produit doivent être terminées pour pouvoir lancer cette production, et le logiciel définitif est chargé dans le microcontrôleur. Le service méthode vérifie également les temps de montages qu'il avait préalablement calculés, pour voir si le prix de main d'œuvre est bien estimé. Par contre, les cinquante pièces issues de la série zéro ne sont pas vendues, mais servent en interne à une validation par le service qualité et à des besoins de démonstrations pour les marchés.

X.2.1 Résultat de la série zéro

Cette série zéro ne s'est pas bien passée. Au fur et à mesure que le temps passait, je voyais augmenter le nombre de produits refusés pas le test « produit fini ». Et très souvent, je voyais la même erreur « Pas de communication RF » qui apparaissait sur les écrans du testeur.

Les résultats de la série zéro sont consignés dans ce tableau :

Quantité (pièces/%)	Résultat du test	Cause	Niveau de test
24 (48%)	Bon		Produit fini
22 (44%)	Mauvais	Pas de communication RF	Produit fini
2 (4%)	Mauvais	Bouton poussoir ne répondent pas	Produit fini
1 (2%)	Mauvais	Pas de réponse du microcontrôleur	Carte
1 (2%)	Mauvais	Défaut d'alimentation	Carte

Tableau 17 : Résultats de la série zéro

Le taux de rebut dû à une absence de communication RF est trop important, et met en évidence un problème de fond sur les cartes produites. C'est pourquoi l'ingénieur électronique et moi-même avons pris tous les concentrateurs de télécommandes non fonctionnels pour les analyser.

Le défaut devait être corrigé rapidement, car la mise en stock du produit était prévue 3 jours plus tard.

X.2.2 Analyse des défauts détectés

Le résultat de la série zéro me laissait perplexe. En effet, l'erreur « Pas de communication RF » était indiquée uniquement lors du test « produit fini », lorsque le testeur envoyait une trame RF et attendait une réaction du produit. Hors c'est le testeur de carte qui s'occupait du test du XE1211 tout en effectuant la calibration RF. Durant l'audit de la spécification de tests industriels, nous étions presque parvenus à supprimer le test de communication RF en produit fini, car l'ingénieur électronique et moi-même considérions qu'il était inutile.

Il était impensable pour moi que l'erreur soit au niveau logiciel, car une erreur de ce type aurait dû être reproductible à 100%. J'ai donc commencé par vérifier les signaux de commandes de la puce RF, mettant en doute la fréquence d'horloge utilisée pour communiquer avec le chip RF, qui était peut-être trop proche de la limite des 1MHz indiquée par le constructeur.

Malheureusement cette première analyse des signaux ne montra rien de particulier. Tous les signaux étaient bons, il n'y avait pas de défaut électronique sur la carte. Un détail attira mon attention ; tous les produits défectueux avaient le même comportement. Lorsqu'ils recevaient une trame KNX RF, les signaux d'interruptions étaient bien levés, et

le microcontrôleur commençait à ce moment-là la lecture de la FIFO de l'émetteur-récepteur RF. Mais là où, sur un produit fonctionnel, je voyais bien passer tous les octets de la trame, dans le cas des TR351 défectueux j'ai constaté que c'était toujours le même octet qui était lu, comme si la FIFO ne se vidait pas. J'ai vérifié la référence du XE1205 monté sur ces cartes, et le numéro de lot était différent de celui des cartes fonctionnelles.

Le service industrialisation m'a confirmé que pour cette production, nous avions fini la bobine de puce RF qui a servi au prototypage. La moitié des cartes étaient donc équipées de puces provenant d'une nouvelle bobine de composants. La question que je me suis posée, y a-t-il un problème chez Xemics ?

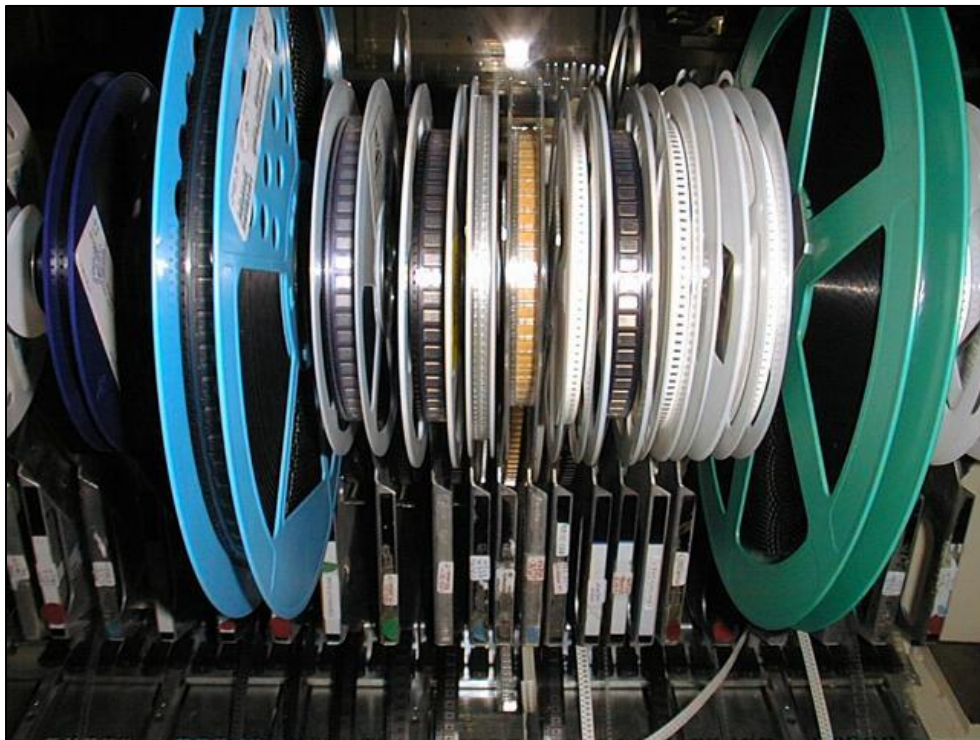


Figure 47 : Bobines de composants CMS montées dans une machine de pose

J'ai contacté l'ingénieur d'application de cette société pour avoir une explication, et il m'a appris qu'il y avait eu un changement au niveau de la spécification du composant. Ils avaient décidé de changer la partie numérique de la puce RF pour corriger un problème de vidage de la FIFO. A partir de ce changement, entre chaque lecture ou écriture d'un octet de données, il fallait envoyer une impulsion électrique sur le port NSS_DATA pour faire avancer la FIFO. Ceci expliquait pourquoi la calibration et la configuration du produit se passaient bien, et pourquoi les testeurs avaient détecté l'erreur aussi tard.

X.2.3 Correction du logiciel

Xemics m'a immédiatement transmis la nouvelle spécification corrigée (voir en Annexe 1). L'implémentation des modifications fut assez complexe, car il fallait que je synchronise l'émission d'un octet sur le bus SPI avec une impulsion sur un port d'entrée/sortie. Hors le MSP430 gère automatiquement l'émission des octets et ne dispose que d'une interruption indiquant que le registre de transmission est libre. Cette dernière interruption peut très bien être en cours de traitement par le logiciel pendant qu'un octet est en cours d'émission, ce qui causerait une erreur.

Pour corriger ce point, j'ai utilisé une astuce qui consiste à utiliser non pas l'interruption du registre de transmission, mais celle du registre de réception. Cette dernière se déclenche lorsque le microcontrôleur reçoit un octet sur le bus SPI, et comme c'est le MSP430 qui est maître de la communication, je pouvais ainsi contrôler le rythme de la transmission et générer mon impulsion sur NSS_DATA.

X.2.4 Validation de la correction

Cette modification a nécessité un grand changement au niveau du pilote de l'émetteur-récepteur RF. Mais la date de production de la série 1 ne pouvait être repoussée, il a fallu valider en moins de 2 jours la nouvelle version du logiciel.

L'électronicien de l'équipe projet a effectué tous les tests de compatibilité électromagnétique durant ces deux journées, pendant que le technicien du laboratoire et moi-même avons déroulés un maximum de tests systèmes considérés importants.

En parallèle, j'ai lancé des tests automatiques de stress pour valider la robustesse de la solution. J'ai également demandé à un collègue de relire la modification pour limiter les risques d'une erreur d'implémentation.

Au bout de 2 jours, j'ai remis la version modifiée du logiciel au service industrialisation pour l'installation sur la baie de test, et j'ai ensuite rédigé l'ordre de correction (voir en Annexe 6) pour faire évoluer la référence du logiciel dans la nomenclature du produit gérée sous SAP, l'outil de gestion des processus industriels chez Hager.

X.3 Série 1

La série 1 est le nom donnée à la première mise en stock des produits. Elle marque la fin du travail de l'équipe projet. Pour cette production, 300 concentrateurs TR351 ont

étés produits, principalement pour le marché Hollandais, très impatient de proposer ce produit à ses clients.

Il n'y a eu aucun souci sur cette série, le taux de rebut étant revenu dans les normes des produits électroniques fabriqués à Saverne.



Figure 48 : Un TR351 en sortie de ligne de fabrication.

Conclusion

Conclusion au niveau du projet

Le concentrateur de produit radiofréquence KNX est un chaînon manquant dans la gamme de produits KNX RF de l'entreprise Hager. Il fallait au plus vite le mettre à disposition des marchés pour être capable de répondre aux besoins de certains clients, notamment pour les appels d'offres de bâtiments tertiaires.

La première chose que l'on peut conclure sur le projet est que le TR351 est sorti dans les temps. L'accueil réservé au produit par les commerciaux Hager et par les installateurs fut bon.

L'objectif de réduction du coût de la plate-forme technique du TR351 a été atteint puisque le prix de revient unitaire du produit est inférieur à celui indiqué dans le cahier des charges, ce qui permet à l'entreprise de réaliser une marge supérieure sur les ventes.

Cette plate-forme a été réutilisée, comme demandé dans le sujet du mémoire, pour créer le nouveau coupleur de média TR131 moins cher que le précédent et qui permet également à ETS de configurer des produits RF. Ce nouveau produit est sorti en 2010 et permet à Hager d'être le seul fabricant à proposer un moyen de configurer des produits RF avec ETS.

En 2008 j'ai créé une version OEM (Original Equipment Manufacturer) du TR351 pour une petite société qui désirait ajouter la fonctionnalité de concentrateur de télécommandes à son catalogue. Ce développement a également contribué à la rentabilité du projet TR351.

Le seul bémol a été le plugin ETS pour l'édition des liens. Les installateurs ne l'utilisent pas, car ils le considèrent plutôt comme un gadget beaucoup plus complexe à mettre en œuvre que la méthode d'appairage standard.

Au final les prévisions de ventes du service marketing ont été atteintes, ce qui permet de considérer le projet comme une réussite.

Conclusion personnelle

La première chose que j'ai ressentie à la fin du projet est de la satisfaction. Satisfaction d'avoir atteint les objectifs de délai et de coût demandé par le marketing. Satisfaction d'avoir travaillé avec les personnes motivées de l'équipe projet ainsi qu'avec la société allemande Tapko. Les 10 journées que j'ai passées chez eux à Ratisbonne m'ont donné l'occasion de voir une autre façon de travailler. Cette petite entreprise familiale se base énormément sur la communication orale et ne fournit pas beaucoup de données écrites. Ce fut également la première fois qu'ils travaillaient en parallèle avec un membre de Hager pour un co-développement. Ceci a donc nécessité quelques ajustements sur notre façon de travailler.

La dernière semaine précédant la mise en stock fut laborieuse, à cause du problème détecté durant la QPI. Mais elle fut également très instructive. Je n'ai pas compté mes heures durant ces quelques jours pour arriver à fournir un logiciel dans les temps. Mais au final la production a eu lieu sans aucun retard. Ceci m'a permis de voir que le rythme de travail sur un projet n'est pas identique à chaque instant, et qu'il y a des moments plus forts que d'autres.

Le projet a également été enrichissant d'un point de vue technique, car les contraintes temps réel sur le produit étaient importantes, et il a fallu redoubler d'imagination pour arriver à faire un logiciel optimisé et stable. Ce projet est également marqué par l'utilisation pour la 1^{ère} fois chez Hager d'un plugin pour ETS, un sujet plein d'avenir qui sera notamment utilisé dans le futur coupleur de média TR131.

Durant le stage j'ai eu l'occasion de voir comment un projet est géré dans sa globalité par le chef de projet, et j'ai été amené à traiter les problématiques propres au métier du développement logiciel sur une grande partie du cycle de développement du produit. Cette expérience m'a depuis été fort utile pour assumer d'autres développements logiciels.

En résumé, le TR351 a été pour moi très intéressant et enrichissant, et ce fut une bonne entrée en matière pour prouver que je peux occuper un poste d'ingénieur développement.

J'ai commencé la rédaction de ce mémoire il y a maintenant 6 ans. Des projets personnels m'ont fait mettre en pause la rédaction de ce document. En reprenant le sujet,

cela m'a permis d'avoir une autre vision du projet, sans doute liée à mes treize années d'expériences dans le domaine de l'informatique embarquée.

Je me rends compte dans la partie validation, que je n'avais pas assez de méthodologie au niveau test. Cela ne remet pas en cause la validité du résultat, mais plutôt la manière. Avoir une trace écrite de tous les tests réalisés, même si cela n'est pas obligatoire dans la méthodologie du service, est un plus qui permet d'avoir une bonne confiance dans la couverture de test.

De même la communication avec le technicien laboratoire chargé du test aurait pu être améliorée. En effet, il a refait tous les tests, même les parties que j'avais déjà vérifiées moi-même. En ayant un cahier de test précis à disposition, nous aurions ainsi évité des doublons qui font perdre du temps, et donc au final de l'argent, à l'entreprise.

Enfin, j'aurais dû demander plus de documents écrits à Tapko, car la reprise de leur partie du logiciel n'est pas aisée après quelques années.

Mais l'expérience a été globalement très positive. Suite à ce projet, j'ai été amené à être pilote sur le projet de reprise de tous les produits d'entrée KNX RF Hager pour les rendre compatible avec le TR351. Cela représentait une vingtaine de références. Et mes bonnes relations avec Tapko m'ont amené à retravailler souvent avec eux, notamment pour le nouveau coupleur de média qui a hérité de la base matérielle du concentrateur de produit RF.

Je suis également devenu un des principaux tuteurs de stage du service pour nos stagiaires ingénieur ou apprentis. Cette fonction est très gratifiante car elle permet de développer ses capacités de pédagogue et de transmettre l'expérience accumulée jusqu'à présent.

Enfin, mon rôle dans le service n'est plus de développer des produits, mais plutôt de fournir des briques logicielles, telles des piles protocolaires, aux différents développeurs qui se trouvent dans les portefeuilles produit. Cette nouvelle organisation du bureau d'études est en place depuis un peu plus d'un an. En parallèle, je participe à l'évolution des méthodologies du métier logiciel au sein du groupe Hager, composé de nombreux bureaux d'études avec des façons de travailler très différentes. Cette harmonisation est un des grands chantiers de la prochaine année, et pourrait me donner des opportunités intéressantes pour évoluer.

Bibliographie

Documents techniques

MSP430x13x, MSP30x14x, MSP430x14x1 Mixed Signal Microcontroller SLAS272F, 2004. Texas Instrument, 62 p.

XE1205, 2006. Xemics, 48 p.

Volume 3: System Specifications Supplement 22: KNX Radio Frequency, 2003. KNX Association, 76 p.

Sites web

IT GmbH. IT Gesellschaft für Informationstechnik mbH, [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.it-gmbh.de/en/index.htm>>. (consulté le 06/02/2013)

Tapko GmbH. TAPKO The technology company, [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.tapko.de/>>. (consulté le 06/02/2013)

Semtech. RF Transceivers, [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.semtech.com/wireless-rf/rf-transceivers/>>. (consulté le 8/03/2013)

Texas Instrument. MSP430™ Ultra-Low Power 16-Bit Microcontrollers, [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.ti.com/msp430>>. (consulté le 15/04/2013)

IAR Systems. IAR Embedded Workbench, [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.iar.com/en/Products/IAR-Embedded-Workbench>>. (consulté le 20/06/2013)

Table des annexes

Annexe 1 Extrait de la spécification corrigée du XE1205	90
Annexe 2 Points d'attention cités lors de la réunion de fin de pré-étude.	91
Annexe 3 Description du périphérique SPI du MSP430F149 de Texas Instrument.	92
Annexe 4 Extrait de la documentation technique du MSP430F149.....	93
Annexe 5 Table des paramètres du TR351.....	94
Annexe 6 Ordre de correction du logiciel avant mise en fabrication	95

Annexe 1

Extrait de la spécification corrigée du XE1205



ADVANCED COMMUNICATION & SENSING PRODUCTS

XE1205

Figure 17 shows the write operation during transmit.

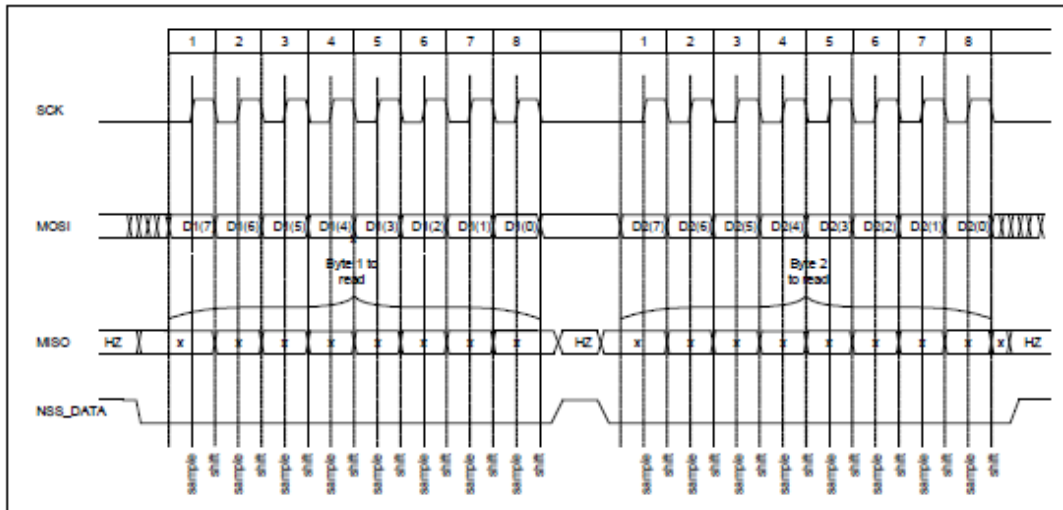


Figure 17 Writing 2 bytes in transmitter mode

Figure 18 shows the read operation in receive mode.

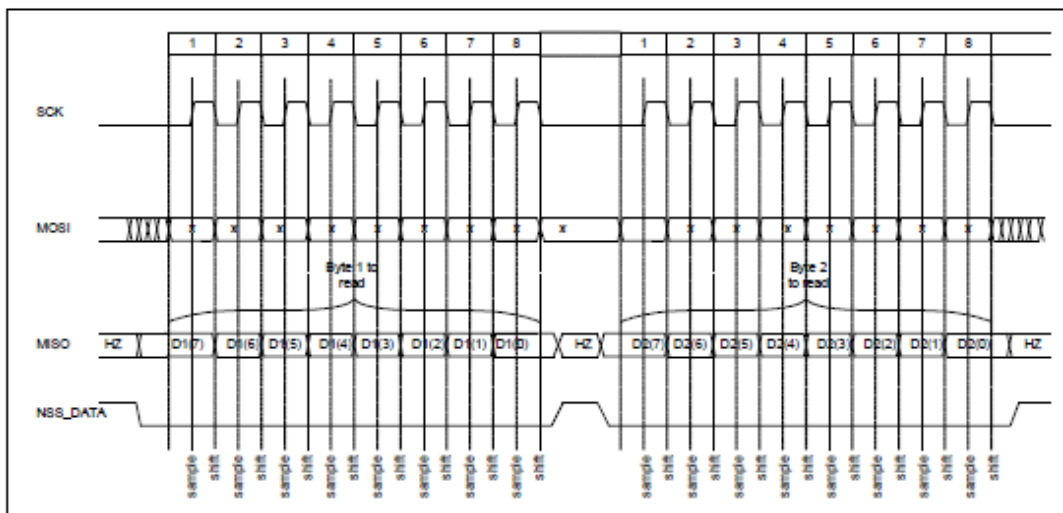


Figure 18: Reading 2 bytes in receive mode.

Note that it is necessary to toggle NSS_DATA signal back to high and then back to low between each transmitted and received byte.

Annexe 2

Points d'attention cités lors de la réunion de fin de pré-étude.



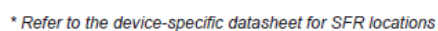
Agir ensemble pour réussir

Points d'attention



Points d'attention	Commentaires
Faisabilité d'une architecture monoprocesseur (TPuart-Modem RF)	Un changement de chip RF a été nécessaire. La faisabilité n'a pu être établie qu'en utilisant un chip RF XE1205, version avec buffers intégrés du XE1203. Dans le pire cas, le μC est chargé à 75% avec un applicatif et une charge maximum sur les médias TP et RF
Evolution de la fonction implémentée par défaut en usine dans tous les modules unidirs TX (TU2xxA, TR30xA/B) déjà effectuée.	La fonction concentration nous impose que la fonction sortie d'usine soit compatible avec les différents cas d'utilisation . Il faut prendre en compte l'appui et le relaché. La fonction M/A a donc été choisie. Le TX 100 a été modifié pour prendre en compte ce changement. (différenciation entre une Fct M/A usine et une fct M/A configurée via le TX100, retour usine)
Configuration à distance de télécommande	Nécessite l'écriture d'un plug-in pour ETS
Passage en mode adressage physique sur un BP dédié	Appui sur les 2 BP (+ / -) simultanément. Puis affichage de Ad sur la face avant. Accepté par le Mkt

Description du périphérique SPI du MSP430F149 de Texas Instrument.



Annexe 4

Extrait de la documentation technique du MSP430F149

Ce document présente synthétiquement les ressources dont dispose le microcontrôleur utilisé pour ce projet.

**MSP430x13x, MSP430x14x, MSP430x14x1
MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER**

SLAS272F – JULY 2000 – REVISED JUNE 2004

- Low Supply-Voltage Range, 1.8 V . . . 3.6 V
- Ultralow-Power Consumption:
 - Active Mode: 280 μ A at 1 MHz, 2.2V
 - Standby Mode: 1.6 μ A
 - Off Mode (RAM Retention): 0.1 μ A
- Five Power-Saving Modes
- Wake-Up From Standby Mode in less than 6 μ s
- 16-Bit RISC Architecture, 125-ns Instruction Cycle Time
- 12-Bit A/D Converter With Internal Reference, Sample-and-Hold and Autoscan Feature
- 16-Bit Timer_B With Seven Capture/Compare-With-Shadow Registers
- 16-Bit Timer_A With Three Capture/Compare Registers
- On-Chip Comparator
- Serial Onboard Programming, No External Programming Voltage Needed
- Programmable Code Protection by Security Fuse

- Serial Communication Interface (USART), Functions as Asynchronous UART or Synchronous SPI Interface
 - Two USARTs (USART0, USART1) — MSP430x14x(1) Devices
 - One USART (USART0) — MSP430x13x Devices
- Family Members Include:
 - MSP430F133: 8KB+256B Flash Memory, 256B RAM
 - MSP430F135: 16KB+256B Flash Memory, 512B RAM
 - MSP430F147, MSP430F1471†: 32KB+256B Flash Memory, 1KB RAM
 - MSP430F148, MSP430F1481†: 48KB+256B Flash Memory, 2KB RAM
 - MSP430F149, MSP430F1491†: 60KB+256B Flash Memory, 2KB RAM
- Available in 64-Pin Quad Flat Pack (QFP) and 64-pin QFN
- For Complete Module Descriptions, See the *MSP430x1xx Family User's Guide*, Literature Number SLAU049

† The MSP430F14x1 devices are identical to the MSP430F14x devices with the exception that the ADC12 module is not implemented.

Annexe 5

Table des paramètres du TR351

```

// Macro de déclaration des paramètres pour chaque voie

#define CHANNEL_PRIV_PARAM(par_voie) \
    unsigned char priv_param_1_voie##par_voie; \
    unsigned char priv_param_2_voie##par_voie; \
    unsigned short value_to_send1_voie##par_voie; \
    unsigned short value_to_send2_voie##par_voie; \
    unsigned short retard_enclenchement_voie##par_voie; \
    unsigned char led_blinking_voie##par_voie; \
    unsigned char config_level_2_voie##par_voie; \
    unsigned char dummy_voie##par_voie \
    unsigned char cycle_time_voie##par_voie \

typedef struct
{
    // paramètres privés par voie
    CHANNEL_PRIV_PARAM(1);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(2);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(3);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(4);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(5);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(6);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(7);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(8);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(9);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(10);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(11);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(12);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(13);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(14);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(15);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(16);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(17);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(18);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(19);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(20);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(21);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(22);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(23);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(24);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(25);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(26);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(27);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(28);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(29);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(30);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(31);
    CHANNEL_PRIV_PARAM(32);

    // paramètres global
    unsigned short duree_appui_long;
    unsigned short duree_appui_tres_long;
    unsigned char duree_confirmation;

    // etiquette non modifié par ETS
    unsigned short etiquette_voie1;
    unsigned short etiquette_voie2;
    unsigned short etiquette_voie3;
    unsigned short etiquette_voie4;
    unsigned short etiquette_voie5;
    unsigned short etiquette_voie6;
    unsigned short etiquette_voie7;
    unsigned short etiquette_voie8;
    unsigned short etiquette_voie9;
    unsigned short etiquette_voie10;
    unsigned short etiquette_voie11;
    unsigned short etiquette_voie12;
    unsigned short etiquette_voie13;
    unsigned short etiquette_voie14;
    unsigned short etiquette_voie15;
    unsigned short etiquette_voie16;
    unsigned short etiquette_voie17;
    unsigned short etiquette_voie18;
    unsigned short etiquette_voie19;
    unsigned short etiquette_voie20;
    unsigned short etiquette_voie21;
    unsigned short etiquette_voie22;
    unsigned short etiquette_voie23;
    unsigned short etiquette_voie24;

} APP_Parameter;

```

Annexe 6

Ordre de correction du logiciel avant mise en fabrication

Ce document est utilisé pour informer l'usine de production d'une mise à jour d'un ou plusieurs produits. J'ai rédigé l'ordre de correction ci-dessous pour la mise en fabrication de la version corrigée du TR351.

ORDRE DE CORRECTION					
N°	020/07	Version :	0	Date	18/01/07
Référence : TR351A et TR351B (produit fini ou sous-ensemble)					
Désignation : Concentrateur entrées radio unidir blanc et argent					
Motivation de la modification :					
☐ Dangersité du produit ☐ Fonctions inutilisables ☐ Nouvelles fonctions ☐ Obsolescence de composant ☐ Amélioration performance ☐ Gain de € : ☒ Correction erreur de conception ☐ Autres :					
Description de la modification : ☐ Documents à joindre (sinon joindre une copie de l'OC lors de la diffusion des documents s'y rattachants)					
Dans les nomenclatures TR351A et TR351B faire les modifications suivantes :					
Remplacer la référence 8547-307-00 par 8547-307-10 Remplacer la désignation "LOGICIEL TR351 V 1.0.3" par "LOGICIEL TR351 V 1.0.4"					
Composants, sous-ensembles, pièces à rebuter : ☐ Oui ☐ Non					
Références	Quantités	Valeur	Références	Quantités	Valeur
Emetteur		P. FRICKER		Service :	BEL
				Visa :	
				Date :	18/01/2007
Impact sur les procédés de production :					
Influence sur les dispositifs de test ☒ Oui ☐ Non Disponibilité : Influence sur les procédés de fabrication ☐ Oui ☒ Non Disponibilité :					
Nom :		P. VEGNADUZZI		Service :	Industrialisation
				Visa :	
				Date :	
Modalités d'application :					
En cas d'application immédiate, appliquer systématiquement l'OC sur les encours (même s'il n'y a pas de stock sur SAP) ainsi que pour la prochaine fab					
☐ Reprise des produits finis (application immédiate) ☐ Reprise des encours (application immédiate) ☒ Prochaine fabrication ☐ A disponibilité composant : ☐ A disponibilité moyens fab. : ☐ A épuisement du stock composant :					
Modification autorisée par :		C. GOSSE		Service :	BEL
				Visa :	
				Date :	
Impact sur Assembly Expert :					
Modification Assembly Expert réalisé le :					
Nom :				Service :	Administrateur (FAC)
				Visa :	V. Klipfel
Impact sur Quality System :					
Modification Qualité système réalisé le :					
Nom :				Service :	Administrateur (QP)
				Visa :	E. Vamier
Mise en œuvre en production : (Informez demandeur lors fabrication premières pièces : ☐ Oui ☐ Non)					
N° semaine :				N° de Série	
				Date Code :	
Nom :				Service :	Production
				Visa :	
Le responsable de secteur indique la semaine d'application et le numéro de série					
Diffusion :					
☒ Qual. Produits ☒ Industrialisation ☒ Ordonnancement ☒ Méthodes ☐ Labo ☒ Fabrication ☐ Admin AE ☐ Admin QS ☐ Chef Produit ☐ Cellule Projet ☐ Etudes Méca. ☒ Etudes Logiciels T. Lestage ☐ CAO Electronique ☐ Etudes Electron. ☐ Achats					
Rattaché à l'IAQ0071		Responsable d'archivage : Service Emetteur		Durée d'archivage : Vie du produit	

Liste des figures

Figure 1 : Le logo du groupe Hager	11
Figure 2 : un disjoncteur.....	11
Figure 3 : un contrôleur d’ambiance KNX TP	12
Figure 4 : une centrale d’alarme radio.....	12
Figure 5 : une goulotte	12
Figure 6 : Répartition des business area du groupe Hager	13
Figure 7 : Cartographie des filiales commerciales en Europe	15
Figure 8 : Répartition commerciale du groupe en 2005	15
Figure 9 : Cartographie des sites industriels	16
Figure 10 : Répartition des activités.....	16
Figure 11 : automate d’assemblage	17
Figure 12 : Ligne d’assemblage de coffrets	17
Figure 13 : Atelier de soudure.....	17
Figure 14 : appareillage d’injection	18
Figure 15 : Bâtiment principal du site de Saverne	20
Figure 16 : Organigramme du site de Saverne	20
Figure 17 : Organigramme du service études et développement	22
Figure 18 : Organigramme du service Bureau d’études logiciel.....	24
Figure 19 : Logo KNX	27
Figure 20 : L’offre Tebis KNX Hager	29
Figure 21 : Le TX100 ci-dessus et un PC pour ETS ci-dessous	29
Figure 22 – Architecture du concentrateur de produit radio KNX.....	30
Figure 23 : Les groupes dans KNX.....	34
Figure 24 : Emission d’un objet de communication sur le bus TP.....	34
Figure 25 : Contenu d’une trame KNX TP en octet.....	37
Figure 26 : Trame complète KNX RF.....	38
Figure 27 : Contenu du Block 1 KNX RF en octet.....	38
Figure 28 : Contenu du Block 2 KNX RF en octet.....	39
Figure 29 : Table de translations.....	40
Figure 30 : Translation d’adresse et trame filaire.....	40
Figure 31 : Une carte avec le XE1203	41
Figure 32 : Principe de fonctionnement d’un TR351	48
Figure 33 : Aperçu du TR351	50
Figure 34 : Vue 3D d’un TR351, avec l’afficheur en façade et les 2 boutons et DEL.....	52
Figure 35 : Test de stress.....	55
Figure 36 : Localisation de Ratisbonne en Allemagne.....	58
Figure 37 : Architecture logicielle du logiciel embarqué du TR351	59
Figure 38 : Planning de développement pour la partie logicielle	60
Figure 39 : Logo d’IAR Embedded Workbench.....	61
Figure 40 : Matériel d’émulation. A droite le MSP430-FET USB et à gauche la carte de test	62
Figure 41 : Automate de réception RF	66
Figure 42 : Structure des paramètres d’une voie du channel 0x316.....	68
Figure 43 : Interface du logiciel ETS3	69
Figure 44 : Fenêtre principale de l’éditeur de liens RF	70
Figure 45 : Logiciel PC de l’analyseur de paquets RF	73
Figure 46 : Exemple d’anomalie dans la base Tracker	76
Figure 47 : Bobines de composants CMS montées dans une machine de pose	82
Figure 48 : Un TR351 en sortie de ligne de fabrication.....	84

Liste des tableaux

Tableau 1 : Historique de la société Hager.....	10
Tableau 2 : Les marques du groupe Hager.....	19
Tableau 3 : Technologies maîtrisé sur le site de Saverne.....	21
Tableau 4 : Les produits fabriqués à Saverne.....	21
Tableau 5 : Estimation des ventes sur 3 ans.....	32
Tableau 6 : Table des adresses de groupe KNX.....	36
Tableau 7 : Table des datapoints KNX	36
Tableau 8 : Table des associations KNX	37
Tableau 9 : L'équipe projet.....	45
Tableau 10 : Utilisation des boutons sur le TR351	51
Tableau 11 : Utilisation des DEL et afficheurs sur le TR351	52
Tableau 12 : Chiffrage des solutions techniques.....	53
Tableau 13 : Contraintes temps réels des médias KNX	54
Tableau 14 : Résultats des tests de stress	55
Tableau 15 : Assignation des tâches de développement et estimation des charges	60
Tableau 16 : Description de la property Test Fabrication (50001)	80
Tableau 17 : Résultats de la série zéro	81

Etude et réalisation du logiciel embarqué dans un concentrateur de produits radiofréquence pour la gamme de produits communiquant Tebis.

Mémoire d'Ingénieur C.N.A.M., Strasbourg 2013

RESUME

La radiofréquence permet au standard domotique KNX de proposer des fonctionnalités étendues au média de communication historique par bus filaire. La société Hager, fabricant d'appareillages électriques, propose déjà un coupleur de média pour faire communiquer ces deux mondes. Mais, de par son architecture, il revient cher à produire et il est limité à 64 produits pouvant être interconnectés.

Le projet traité dans ce mémoire consiste à créer un concentrateur de produits radiofréquences qui doit rapidement apporter une solution à ces limitations. Il doit également proposer une nouvelle architecture logicielle et matérielle mono-microcontrôleur à faible coût comme base pour un nouveau coupleur de média. J'effectue ce développement conjointement avec une société partenaire, TAPKO. La première étape est la pré-étude, pour analyser les solutions techniques et lever les risques. Ensuite vient la réalisation du logiciel embarqué et la création du fichier de configuration pour ETS qui est l'outil standard de configuration KNX. Le logiciel est ensuite validé par le laboratoire interne. Enfin, la série zéro, qui permet de valider le processus de fabrication sur un faible nombre de pièces, précède la mise en stock du produit et sa mise à disposition des marchés.

Mots clés : KNX, Radiofréquence, Embarqué, Domotique.

SUMMARY

Radiofrequency has given to the KNX home automation standard the possibility to offer extended functionalities to its historical wired communication bus. The Hager company, an electrical installation appliances manufacturer, provides already a gateway to make the two worlds communicate. However, due to its architecture, it is expensive to manufacture and can only support the interconnection of 64 devices.

The project discussed in this paper is the creation of a radiofrequency device concentrator that has to quickly provide a solution for these limitations. It has also to propose a new hardware and software single microcontroller low-cost architecture that will be the basis for a new media coupler. I make this development in partnership with TAPKO company. The first step is the pre-study to analyze technical solutions and to solve identified risks. This is followed by the embedded software realization and the creation of the configuration file for the KNX standard configuration tool, ETS. Afterwards, the software is validated by the internal laboratory. Finally the zero production, which validates the manufacturing process of a small amount of devices, precedes the mass production and the availability for the markets.

Key words : KNX, Radio-frequency, Embedded, Home Automation.