

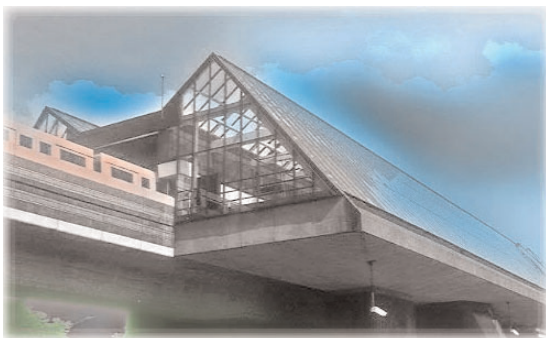
Préambule de "Chronique d'une activité TRANSPORT dans un laboratoire de l'USTL"

Ceci est le deuxième numéro de "ASA-USTL Publications", revue destinée à la diffusion de textes inédits sur des sujets susceptibles d'intéresser nos collègues et ami(e)s.

Qui d'entre nous n'a pas encore emprunté le métro de Lille, le VAL ? A cet égard, Christian Semet et le Professeur Gabillard (Laboratoire TELICE : Télécommunications, Interférences et Compatibilité Electromagnétique, UPRESA CNRS 8023) ont bien voulu relater les étapes de sa conception : un projet visionnaire suivi d'un transfert technologique réussi, dont la réputation et les applications ont largement dépassé le cadre de notre région.

Ces travaux ont donné lieu à de nombreuses thèses, des publications et mémoires d'ingénieurs, mais c'est aujourd'hui la première fois qu'est publié un article aussi détaillé, destiné au grand public.

Nous sommes heureux que ce soit l'ASA qui en ait la primeur et tenons à remercier vivement ses auteurs.



Le point de départ	Page 2
Une suite	Page 6
Une évolution	Page 7
Conclusion	Page 12

H. Dubois, Y. Leroy

Chronique d'une activité TRANSPORT dans un laboratoire de l'USTL

Texte de C. Semet⁺ sous la direction de R. Gabillard⁺⁺
USTL - TELICE 2004

Le point de départ...

À l'occasion de contrats successifs, le Laboratoire de Radio-Propagation et Electronique (LRPE) a été amené à travailler dans des domaines très diversifiés allant du monde pétrolier au plateau d'Albion, en passant par les systèmes de transport terrestre ; c'est sur ce dernier point que se tient notre propos.

Dans les années soixante, la région Nord-Pas de Calais envisage la décentralisation d'une partie de la ville de Lille.

Un campus scientifique est créé sur la commune d'Annappes.

En 1968, lorsque l'Epale (Etablissement public d'aménagement de Lille-Est) est créé pour y développer une ville nouvelle de 100 000 habitants, une des premières questions qui se pose est simple : dans quel secteur précisément ?

Annappes, Ascq, Hellemmes, Lezennes, Flers, Ronchin ... ?

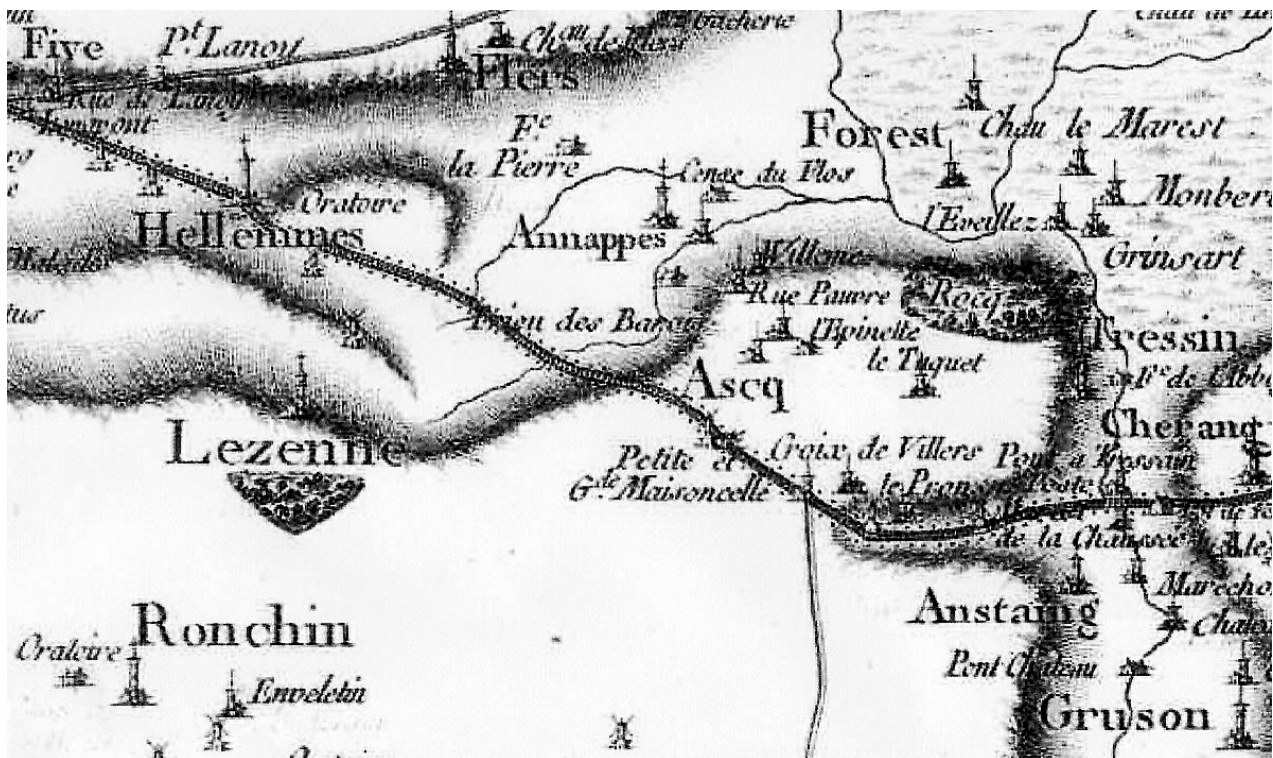


Figure 1 : Carte du secteur de Lezennes

⁺ Christian SEMET, Ingénieur de Recherche à l'USTL

⁺⁺ Robert GABILLARD, Professeur Émérite à l'USTL

La question n'est pas anodine car l'existence de carrières souterraines d'extraction de pierre calcaire est bien connue de tous dans ce vaste secteur. Mais personne n'est capable d'en donner les limites précisément.

Elles s'étendent sur une centaine de kilomètres, n'ont jamais été totalement inventoriées et des sites proches tels que Lezennes ou Ronchin, en rendaient l'identification absolument nécessaire afin d'éviter des coûts excessifs de comblement, de renforcement pour l'élévation d'édifices.

Les analyses de sols, pour la détection des catiches¹, ne sont pas simples et les matériels disponibles à l'époque peu précis.

Ayant eu connaissance des travaux de propagation électromagnétique dans le sol (télécommunications du plateau d'Albion), le Préfet du Nord, Monsieur Pierre Dumond, met en contact Monsieur Gabillard avec Monsieur Ralite, responsable de l'aménagement de Lille-Est. Il soulève l'intérêt et l'importance d'implanter la ville nouvelle dans un secteur géologiquement "connu et parfaitement identifié".

C'est à ce stade que l'une des équipes du Professeur Gabillard intervient pour mettre au point un appareil de cartographie électromagnétique permettant l'identification des inhomogénéités du sous-sol. L'équipe effectue, au moyen d'un ingénieux système d'antennes, d'un récepteur sensible et d'une carte d'état-major, le relevé mètre par mètre des zones sensibles.



Figure 2 : Campus et bus en 1971 (photo C. Semet)

Nous sommes à la fin des années 1960 et une nouvelle demande émane de la part de Monsieur Ralite, Directeur de l'EPALE.

Dans le volumineux dossier de l'aménagement de Lille-Est est mentionnée la nécessité de développer la ville nouvelle en symbiose avec la ville de Lille, et en particulier de disposer d'un moyen de transport rapide, permettant "au jeune cadre dynamique" et à la population lilloise de se déplacer en faisant fi de toute notion de file d'attente...

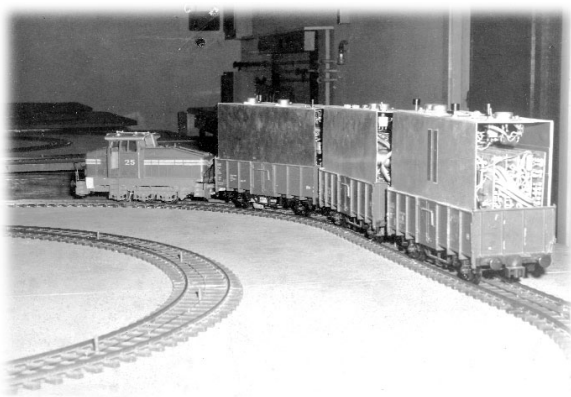


Figure 3 : 2^e maquette du métro à automatisme intégral (photo USTL - EPALE)

Un train toutes les minutes, ce serait bien ... mais ça n'existe pas ! "Nous allons le construire !" aurait pu s'exclamer le Professeur Gabillard, avec la bénédiction du président de la CUDL (Communauté Urbaine de Lille), Monsieur Notebart.

Humainement parlant, il est difficile de demander à un conducteur de piloter, huit heures durant, avec précision et toute l'attention nécessaire pour la sécurité des voyageurs, à la cadence d'un véhicule en station toutes les minutes.

C'est pour cette raison que l'automatisation intégrale du train fut nécessaire.

¹ Catiche : C'est une chambre d'exploitation du sous sol de forme circulaire. Il s'agit de cavités verticales évasées à la base, (en forme de bouteilles de champagne). – catiche ou " terrier de loutre ", <http://www.lezennes.com/moteur.htm>

Dès 1970, le professeur Gabillard se procure un train électrique miniature. Il le modifie et démontre avec ce matériel ludique de base, qu'un automatisme simple, n'utilisant aucun matériel performant le long de la voie, aucun ordinateur en station ou ailleurs, peut permettre d'obtenir les fonctionnalités élémentaires attendues d'un transport public.

La démonstration est faite en présentant un système ne nécessitant que très peu de matériel de voie. Les lignes de transmission sont réduites à leurs plus simples expressions, associées à des automatismes embarqués élémentaires.

La sécurité des voyageurs repose, dans une première approche, sur le principe du canton temporel². Concrètement l'anticollision est réalisée à l'aide d'un circuit électronique "compteur/décompteur" ... une révolution à l'époque.

Le 2 juillet 1971, le premier brevet du VAL³ est déposé. 3 ans plus tard, J.P. Vervaeke et J.P. Lestamps présentent une synthèse détaillée et la réalisation en laboratoire d'une maquette dans le cadre d'un mémoire CNAM⁴ et d'une thèse de Docteur-Ingénieur.

Cette année-là est lancée la construction d'un prototype constitué de deux voitures (P01 et P02). Elles se déplacent sur un circuit en boucle implanté sur la commune de Lezennes.

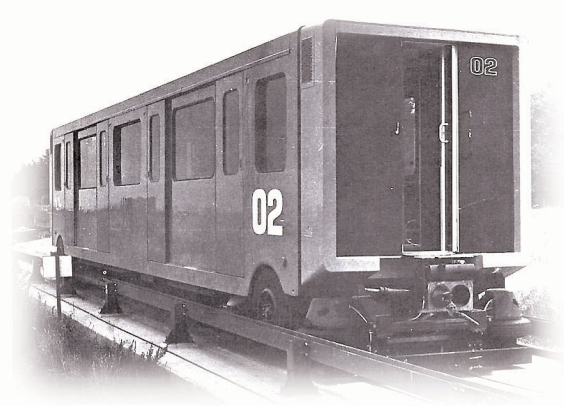
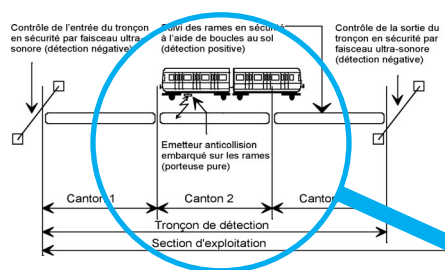


Figure 4 : Prototype du VAL (photo - EPALE)

En permanence, se pose et se repose la question de la sécurité. Si un train tombe en panne et s'arrête, comment certifier la sécurité, comment garantir l'absence de collision avec le train suivant puisqu'il n'y a pas de conducteur ?

D'une intense et fructueuse collaboration avec la société MATRA⁵, une solution est trouvée et retenue : "le dispositif anti-collision". Il est intégré à une deuxième maquette. C'est un émetteur, dit de tranquillisation⁶ (ou de tranquillité), qui génère un signal électromagnétique Basse Fréquence (BF) en continu, analysé en permanence par un poste central (PC).

Une absence de ce signal coupe la ligne d'énergie sur toute la ligne et stoppe les trains instantanément. C'est ici qu'intervient la tranquillité des utilisateurs du VAL : la coupure "FSHT"⁷, terme barbare pour le grand public. Il s'agit en pratique de la coupure de la haute tension sur la totalité de la ligne avec la conséquence immédiate de l'arrêt des trains.



Voir agrandissement en page suivante

² Canton temporel : la distance séparant deux véhicules en fonction du temps est variable. Pour assurer la sécurité anti-collision, on calcule à chaque instant la distance minimum à respecter entre chaque véhicule. Il s'agit de repérer la position de chaque véhicule et la transmettre au suivant.

³ VAL : Villeneuve d'Ascq-Lille ... pour devenir Véhicule Automatique Léger

⁴ CNAM : Conservatoire National des Arts et Métiers

⁵ MATRA : Société retenue dans l'appel d'offre en 1972 pour piloter le groupement industriel (Directeur : J.L. Lagardère)

⁶ Le dispositif de tranquillisation présent sur VAL est un émetteur conçu en sécurité émettant une fréquence de 100 kHz modulé à 10 Hz. Plusieurs fréquences de modulation existent en fonction des vitesses limites imposées sur le parcours. A titre d'exemple, lorsque la vitesse est inférieure à 0,8 m/s, phase d'arrêt en station, la fréquence de modulation est nulle.

⁷ FSHT : Fréquence Sécurité Haute Tension

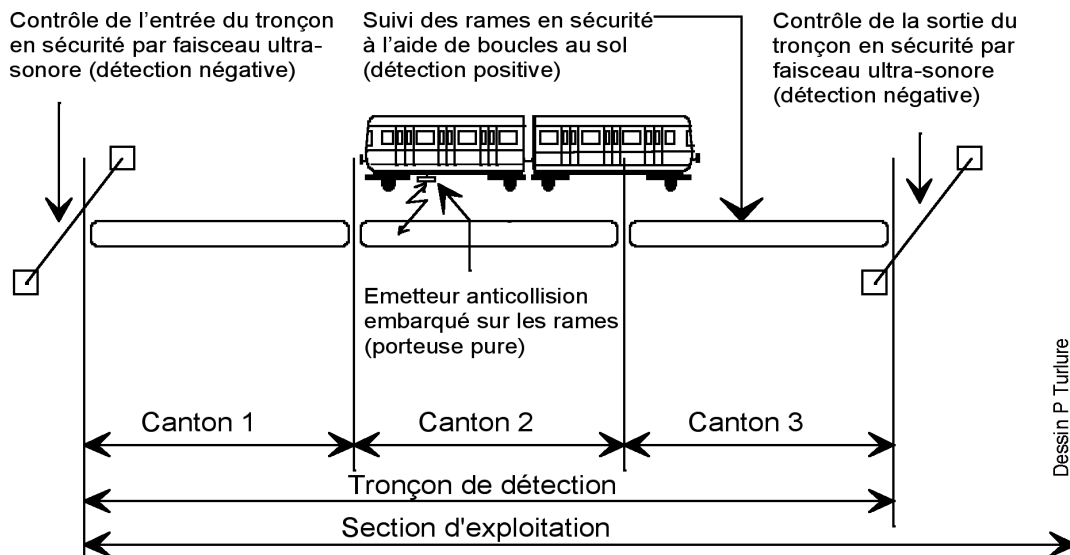


Figure 5 : Tronçon et canton de sécurité

Conscients de la difficulté de réaliser en sécurité des fonctions électroniques sophistiquées telles que les compteurs, il est décidé de valider les automatismes en utilisant des cantons fixes regroupés en tronçon d'exploitation (Fig. 5). Chaque train est "propriétaire" de son canton (Annexe 1).

Le lecteur souhaitant approfondir le fonctionnement global du système VAL est invité à consulter les références bibliographiques.

Le lecteur avide de détails poursuit et se pose une question : "Mais quel type d'électronique ont-ils utilisé pour gérer ces fonctions ?"

Sur VAL coexistent en permanence deux électroniques pour les automatismes :

- une électronique constituée de composants traditionnels (circuit intégré numérique monolithique)

- une électronique constituant des fonctions spéciales de sécurité utilisant strictement des composants de base : résistances, condensateurs, transformateurs, diodes et transistors (circuit logique combinatoire dynamique appelé ET de sécurité⁸). Ces circuits garants de la sécurité des personnes transportées feront l'objet d'une attention et d'une analyse très fine des modes de défaillance. L'efficace collaboration avec les ingénieurs de la société MATRA permettra à l'Université de s'engager en toute confiance auprès de la Communauté Urbaine de Lille.

Fort de la qualité de l'électronique étudiée et des analyses sévères de sécurité, des choix s'imposeront au bénéfice de la sécurité des passagers. Le VAL, dans sa version finale, pour les automatismes, est construit dès 1979 et sera inauguré en 1983, c'est le VAL 206⁹.

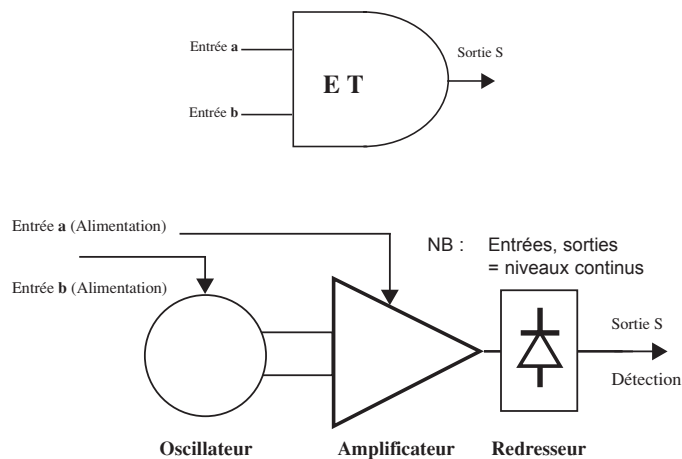


Figure 6 : Fonction ET de sécurité, version industrielle

(photo C. Semet - USTL)

⁸ Fonction ET de sécurité : C'est une électronique spécifique, dite dynamique, mise au point afin de garantir l'intégrité des signaux électriques. Toutes les fonctions électroniques de base garantissent la sécurité et reposent sur une fonction logique élémentaire : la fonction ET ($S = a \cdot b$). Elle signifie que la sortie S est active uniquement si a et b sont actifs simultanément. Le "ET de sécurité", bien connu des ingénieurs et étudiants ayant travaillé au laboratoire, sera intégré, dans son concept, à une troisième maquette.

⁹ VAL 206 : 206 correspond à la largeur des rames. En octobre 2000 sont mises en service des nouvelles rames plus larges, les VAL 208. Les principes d'automatismes sont identiques et compatibles. Les rames circulent en ligne 1 ou ligne 2.

Une suite...

L'inauguration du VAL en 1983 ne signifie pas l'arrêt des travaux. Dès la fin des années 70, les chercheurs exploitant le fabuleux potentiel de l'intégration des composants électroniques et l'apparition des premiers microprocesseurs et microcontrôleurs, débutent des recherches portant sur l'amélioration du fonctionnement global du système.

Des études sont entreprises pour montrer une faisabilité de commande-contrôle par microprocesseur. L'intérêt fondamental de ces nouveaux composants résulte de la souplesse de reconfiguration d'un réseau sans pénalité sur le coût des équipements. Les chercheurs et ingénieurs du laboratoire imaginent et mettent au point des techniques (algorithmes) sécurisées, associées à des fonctions dynamiques spécifiques pour garantir un fonctionnement en sécurité des interfaces (les portes par exemple). Plusieurs approches nationales et internationales émergent et s'imposent dans les projets Magaly¹⁰ et Météor¹¹ par exemple.

Mais avant de parler de Meteor, restons quelques instants en 1983 où des difficultés de fiabilisation des portes palières¹² amènent le laboratoire à réfléchir sur une nouvelle technologie de capteurs insensibles aux variations mécaniques des structures, de l'usure générale liée aux nombres importants de manœuvres. Les portes installées sur les véhicules et sur le quai font l'objet d'un nombre de manœuvres considérables.

A cette époque les réalisations concrètes étaient peu courantes et mobilisaient la curiosité des autorités de tutelle et des industriels du domaine. Les portes pouvaient enfin s'ouvrir en souplesse et durablement.

Cette phase de recherche à peine achevée, l'UITP (Union Internationale des Transports Publics) souhaite en ouvrir une nouvelle complètement originale.

En effet au regard de certains aspects liés à la sécurité, l'UITP suggère une nouvelle disposition simple liée à l'évacuation des passagers dans les trains. Son but, faciliter l'évacuation des voyageurs en cas d'incident.

"Lorsqu'un train a une poignée d'arrêt d'urgence actionnée, il s'agit de l'amener dans une station et d'éviter de le stopper en tunnel".

Dans ces mécanismes durement sollicités, les détecteurs de positionnement, ouverture et fermeture, sont de simples interrupteurs à bascule. Ils se dérèglent et perturbent la disponibilité du système, sans entacher la sécurité. Quelle pénalité pour l'exploitant !

Pour les portes de quai, des recherches sont entreprises et aboutissent à la mise au point d'un capteur original sans contact (codeur magnétique), associé à un programme de calcul de la vitesse de fermeture.

Ce développement a permis de mettre en évidence la possibilité d'intégration dans le domaine des transports de nouveaux éléments (composants magnétiques) d'une part et d'obtenir une souplesse de fonctionnement par l'intégration d'une commande à microprocesseur, d'autre part.



Figure 7 : Commande-contrôle de porte par microprocesseur ; au pupitre : J.F. DHALLUIN
(photo C. Semet - USTL - 1983)

Le VAL ne possédant pas de conducteur pour gérer ce type d'événement, il s'agit pour le laboratoire de mettre au point un dispositif complètement original et inédit, tout en intégrant la sécurité, le dispositif contrôle et mémorise l'action sur la poignée jusqu'à l'arrivée du train en station puis l'empêche de redémarrer.

C'est en 1984 que cette étude est confiée à deux ingénieurs du LRPE. À la demande de Monsieur Gabillard, ils intègrent en plus une fonction "dissuasion"¹³ fort appréciée des exploitants pour la disponibilité du réseau.

¹⁰ MAGALY : 1^{er} métro automatique à grand gabarit de Lyon (ligne D - 1992)

¹¹ MÉTÉOR : Métro automatique de Paris (ligne 14 - 1998)

¹² Portes palières : Ce sont les portes disposées le long des quais évitant les chutes sur la voie.

¹³ Dissuasion : Cette fonction permet à la rame de redémarrer en station sous certaines conditions liées à la sécurité.

Une évolution...

Parallèlement à ces activités qualifiables de ponctuelles, se dégage dans les années 1980 une nouvelle approche. En terme de signalisation et de contrôle-commande des trains, l'objectif est de réduire les équipements de voie au bénéfice des équipements embarqués à bord des machines.

En effet sous l'impulsion du Ministère des Transports, il s'agit d'augmenter et d'étendre le réseau de transport ferroviaire (train et métro), mais en tentant de réduire le coût des équipements de voie.

Cahier des charges :

- Ne rien mettre sur la voie et tout installer dans le train, c'est l'esprit du projet ASTREE de la SNCF par exemple.
 - Tout mettre dans une rame de métro et rien sur le sol, c'est l'objectif METRO 2000.
 - Tout mettre dans les TGV et rien au sol, c'est le programme ETCS¹⁴ de la Communauté Européenne.
- Bref, il s'agit de développer de nouveaux capteurs.

L'un des plus importants capteurs est celui qui compte les tours de roue pour connaître la position du train au centimètre près. L'enrayage des roues ou leur blocage entraînant une erreur importante, les laboratoires (DHS¹⁵ & LRPE) reprennent des études très approfondies sur les cinémomètres à effet Doppler¹⁶. Quels avantages ? Quels inconvénients ?

● Avantages

Il ne mesure plus les tours de roue mais mesure le déplacement réel du train puisque l'onde utilisée se réfléchit sur le sol, référentiel évident pour connaître la position d'un train. Des travaux sont réalisés à la fois pour atteindre un objectif ambitieux d'une erreur d'un mètre pour 1000 mètres parcourus, mais également en terme d'encombrement et de coût.

En milieu confiné de préférence (ex. en tunnel) ou en absence de neige (pays tropicaux), ces capteurs hyperfréquences peuvent donner de très bons résultats. Un autre exemple de réussite dans ce domaine est le système IAGO¹⁷.

De toute évidence, il s'agit de mettre toute l'intelligence à bord du train et sa supervision par un PC distant. Si la faisabilité système en terme d'échange de données informatiques est résolue assez rapidement (tout est relatif dans le domaine de la sécurité), il n'en est pas de même pour la prise d'informations sur les sites (voie, station...).

Il faut disposer de nouveaux capteurs permettant de répondre à un cahier des charges **complètement original** !



Figure 8 : Validation des cinémomètres Doppler sous l'œil attentif de l'équipe VINDEVOGHEL - BAUDET :

- sur site SNCF (vitesse > 80 km/h)
- sur site VAL (vitesse < 80 km/h)

(photo C. Semet - USTL)

● Inconvénients

L'une des difficultés, mise en évidence à l'USTL, consiste à obtenir de bonnes performances l'hiver en présence de neige fondante. Ce capteur, installé à l'extérieur du train émet, au moyen d'une antenne émettrice/réceptrice, une onde hyperfréquence de longueur d'onde inférieure à 3 centimètres. La neige, en fondant, crée un milieu propice à perturber la propagation naturelle et par voie de conséquence à augmenter l'erreur de mesure.

¹⁴ ETCS : European Train Control System : programme européen visant à faire circuler les trains en Europe dans des conditions identiques et compatibles

¹⁵ DHS : Département Hyperfréquence et Semiconducteurs, composante de l'IEMN

¹⁶ Cinémomètre à effet Doppler : C'est un capteur incrémentiel sans contact fonctionnant par rétro-diffusion d'une onde hyperfréquence (10 ou 24 GHz). Le battement entre l'onde émise et l'onde de retour génère un signal basse fréquence (effet Doppler) qui détermine la vitesse.

¹⁷ IAGO : Il s'agit d'un guide d'onde rayonnant placé en continu tout au long de la voie, permettant au train de se positionner très précisément et en toute sécurité, et autorisant la transmission d'informations numériques ou analogiques sans discontinuité entre le train et le PC. Le système IAGO donne lieu à un premier dépôt de brevet en 1986 (Heddebaut, Degauque et Duhot). La première installation industrielle est effectuée à Singapour sur un tronçon de 40 km.

Mais le capteur incrémental ne suffit pas. Aussi bon soit-il, les erreurs cumulées sont toujours présentes, pénalisantes. Ce cumul de l'erreur est inacceptable et obligerait trop souvent les voyageurs d'un Paris-Lille de prendre leur café au buffet de la gare !

Pour recalculer l'erreur et assurer au train la précision nécessaire à sa localisation, des éléments de recalage ponctuel sont nécessaires et placés régulièrement sur la voie. Pour les réseaux très étendus (plusieurs centaines de km), il s'agit de développer une technologie limitant le coût de l'équipement au sol avec des repères spécifiques. Ces nouveaux points d'identification seront "intelligents" et sécurisés : ce sont les balises transpondeuses de sécurité. Elles font l'objet des travaux et développements des années 1990.

Il y a balises et balises !

D'une manière générale, si l'existence d'un tapis¹⁸ continu tout au long de la voie (tapis pilote) permet de contrôler le mouvement du train (accélération, vitesse constante, décélération), en pratique, il est nécessaire d'adjoindre des marqueurs (balises) de voie disposés judicieusement à des points stratégiques.

Sur VAL Lille, ils confirment l'arrivée en station, le début de l'asservissement de l'arrêt en station par exemple.

Une petite nouvelle pour débiter : la balise ASTREE.

Cette balise permet d'obtenir à grande vitesse (> 300 km/h) un top de localisation précis à 20 cm près.

C'est une technologie bifréquence HF + MF.

L'émetteur embarqué fournit de l'énergie, au moyen d'une antenne accordée en moyenne fréquence (MF) vers la balise. Elle réémet en haute fréquence (HF) un signal vers le train.

Parmi toutes les études²⁰ entreprises à l'USTL pour analyser et comparer les avantages et inconvénients, ce sont les principes de dualité énoncés ci-dessus qui sont retenus.

L'un des avantages est l'élimination de fausses réponses sur échos. Les plans de fréquences tiendront compte des contraintes climatologiques très sévères.

Pour le VAL inauguré en 1983, les balises utilisées sont dites "passives", c'est-à-dire simplement dimensionnées pour donner les quatre messages différents¹⁹ attendus. Chaque balise est constituée de deux plaques métalliques détectées par un oscillateur à courant de Foucault. La première plaque autorise un comptage, la seconde l'interrompt. Le contenu du compteur identifie le type de balise.

Par contre, la nouvelle génération de balises est d'une toute autre constitution. Elles produisent une plus grande diversité de messages numériques à haut niveau de sécurité obtenu après télé-alimentation par le train.



Figure 9 : Une nouvelle équipe au travail !

(photo C. Semet - USTL)

Les effets liés à l'environnement (eau, neige, salissure) orientent les études vers des fréquences légèrement inférieures (BF et HF) afin de ne pas surdimensionner les équipements et par voie de conséquence les coûts.

Les aspects liés aux directives européennes de compatibilité électromagnétique sont intégrés.



Figure 10 : Balise bifréquence HF-MF

(photo C. Semet - USTL)

¹⁸ Tapis : On appelle tapis ou tapis pilote, la goulotte disposée le long de la voie contenant des boucles magnétiques lues par les antennes embarquées du train. Ces boucles contiennent par un principe de câblage croisé, les profils de vitesse du train et la fréquence de sécurité.

¹⁹ 4 balises différentes : **B1** - indicateur d'une phase de ralentissement, **B2** - indicateur d'une fin de ralentissement, **B3** - initialisation de l'asservissement de position, **B4** - asservissement de position en double arrêt

²⁰ D'autres balises sont étudiées :

- Balise hyperfréquence à plans inclinés (très astucieuse mais posant des problèmes quant à leur utilisation industrielle)
- Balise à changement de polarisation. Il s'agit de balises HF émettant une onde avec une polarisation donnée et réémettant dans une polarisation orthogonale. Les antennes sont compactes, la source est unique.

C'est ainsi que sont étudiées des configurations de balises bifréquence qui porteront le nom de Balise METEOR²¹ (version courte²² et version longue).

Le premier brevet sur les balises bifréquence date de 1993. A partir de ces travaux en collaboration avec la société Matra Transport, sont étudiées diverses configurations.

Elles ont un objectif commun : l'optimisation fonctionnelle associée à un haut niveau de sécurité pour un coût le plus faible possible.

Elles permettront directement à un calculateur conçu en sécurité de déterminer le profil de vitesse du train sur un réseau.

Elles n'émettront leur message qu'à la demande du train, dans une zone d'espace parfaitement définie, longitudinalement et transversalement, et avec le code arithmétique attendu... pour compléter la sécurité ! Ainsi, un train équipé d'un capteur incrémental, circu-

lant sur une voie munie de balises judicieusement identifiées, le tout associé à un simple réseau de télécommunication, procure souplesse, fiabilité et sécurité.

Et si l'on demandait au réseau de télécommunications de transmettre en sécurité des messages pour la gestion et le contrôle du mouvement des trains ?

Si vous pensez au satellite, vous êtes sur une bonne piste, attendons encore un peu...



Figure 11 : Balise courte et balise longue METEOR
(photo C. Semet - P. Meganck - USTL)

²¹ Météor : La ligne 14 de la RATP a été mise en service en octobre 1998. Il s'agit de la première ligne de métro de la ville de Paris à automatisation intégrale. La ligne fonctionne sur une longueur de 7,5 Km avec une extension de 5 Km pour relier La Madeleine-La gare St-Lazare et Gennevilliers. Les rames (19 trains de 6 voitures) sont réalisées par la société Alstom et les automatismes par la société Matra Transport International (devenu SIEMENS). Pour mettre au point ces nouveaux automatismes (génération 2000), il fallait disposer d'un savoir-faire en informatique (calculateur de sécurité - DIGISAFE, fruit d'une collaboration Matra - LAAS de Toulouse), et de capteurs ponctuels disposés sur la voie (collaboration MATRA Transport - USTL-LRPE devenu USTL-TELICE). Les balises, courtes ou longues, mises au point à l'USTL, permettent aux nouveaux trains de fonctionner en sécurité, d'apporter une haute disponibilité et sont commercialement concurrentielles !

²² Courte et longue : Une balise courte délivre un message numérique correspondant à un point spécifique de la ligne. Une balise longue permet au train de gérer son arrêt en station.



Références

GABILLARD R.

"Inventaire et analyse de solutions technologiques d'automatisme - Etude de systèmes pour un moyen de transport en commun discontinu en site propre", document EPALE - annexe 1, janvier 1971

VERVEAKE J.P.

"Etude et réalisation d'une maquette d'un système de transport en commun automatique", Mémoire CNAM - Lille, 1974

LESTAMPS J.P.

"Etude et réalisation d'un pilote automatique destiné à la simulation des fonctions de conduite et de régulation d'un véhicule d'une ligne de transport en site propre", thèse Docteur - Ingénieur - Lille, 1974

DHALLUIN J.F.

"Commande-contrôle de processus en sécurité. Application à la commande d'un ensemble de portes-véhicule d'une rame de métro type VAL", thèse de Docteur-Ingénieur USTL, Lille, déc. 1983

BARANOWSKI F.

"Etude et conception de contrôleurs de sécurité en logique dynamisée, Evaluation probabiliste de l'insécurité résiduelle", thèse de doctorat USTL, Lille, déc. 1987

ROYAUX B.

"Un métro sans conducteur : le VAL", revue ALSTHOM n° 10 -1988

NGUYEN Y.

"Etude et réalisation de dispositifs de localisation ponctuelle de véhicules de transports guidés par balises électroniques passives", thèse de doctorat, Université de Lille, 1991

BAUDET J., VINDEVOGHEL J., SEMET C.

"Capteur cinémométrique à effet Doppler destiné aux applications ferroviaires" Internat. Symp. on Technological Innovation in Guided Transport, ITTG, Lille, 28-30 sept. 1993, pp 297-308

FELIX B.

"LE VAL - Histoire d'un nouveau moyen de transport", éditions RONALD HIRLE MAXIMA, Laurent du Mesnil éditeur, 1993 - diffusion Presses Universitaires de France

SEMET C., MEGANCK P., GABILLARD R., LARDENNOIS R., MINESI D.

"Feasibility and security for a new automatic train localization system by electronic beacon" VTC96-Atlanta, 1996, pp. 1604-1608

BIED - CHARRETON D.

"Sécurité intrinsèque et sécurité probabiliste dans les transports terrestres", synthèse INRETS n° 31 - nov. 1998

BAUDET J.

"Synthèse de travaux sur la cinémométrie Doppler, la caractérisation de canaux de transmissions hertziens et l'étude de la sensibilité de composants électroniques actifs soumis à des perturbations électromagnétiques", Thèse HDR, Lille, 1998

TOUSCH R., SEMET C.

"METEOR : Une localisation de métro automatique par balises et calculateur de sécurité", Colloque C2I'98, pp.647-656, Editions HERMES, 1998

Annexe 1

Le contrôle par cantons fixes

Le contrôle des trains par cantons fixes consiste à assurer la position statique ou dynamique du train dans un segment de ligne de longueur fixe appelée "canton"²⁴.

Il s'agit de réaliser un équipement de sécurité simple et peu coûteux, qui puisse garantir, quel que soit son mode de défaillance, que le train présent n'ira pas percuter (ou ne sera pas percuté) par un autre train.

Dans le cas du métro VAL de Lille par exemple, les cantons sont réalisés matériellement par des câblages placés dans une goulotte (le tapis de transmission) tout au long de la voie. Les segments formant un canton, d'une longueur de quelques centaines de mètres, sont associés entre eux pour être sous le contrôle d'un pilote automatique (PA) fixe et former un tronçon de détection équipé de capteurs spécifiques. Une section d'exploitation est un ensemble de tronçons dont certains correspondent à la gestion des stations.

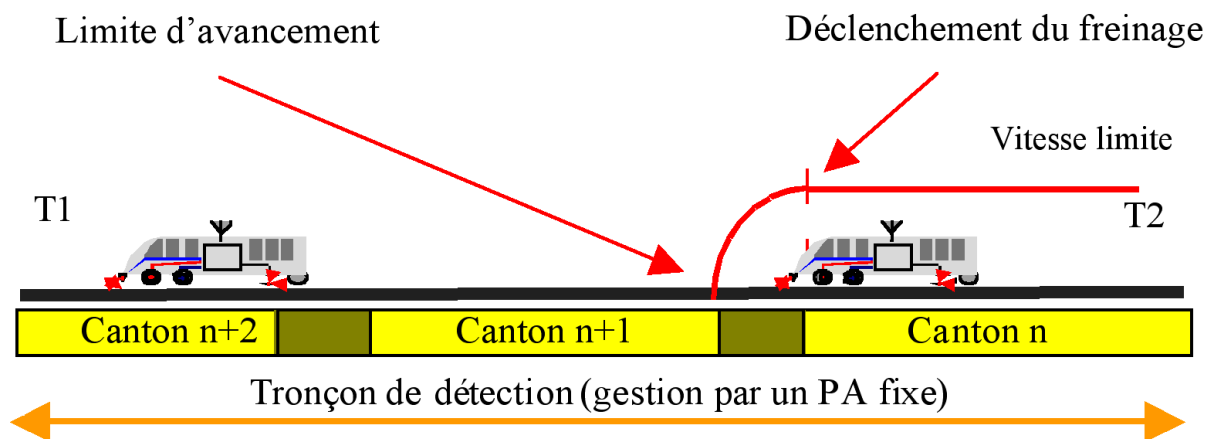


Figure 12 : La localisation par cantons fixes

Les auteurs remercient J.P. LESTAMPS et P. DELOOF pour leur contribution à l'élaboration de ce document.

Questions :

Combien de VAL dans le monde ?

Toulouse, Orly, Rennes, Chicago (U.S.A.), Aéroport Roissy - Charles de Gaulle, Taipei (Taïwan), Turin (Italie) ... Lille

Lecture complémentaire : "Métro de Rennes"
de Chapleau P. et Niester J.M. - Éditions Ouest France 2002

²⁴ C'est en 1867 qu'apparaît la notion de « Block System » : le canton.

Conclusion

C'est réellement tout un programme de recherche appliquée qui s'est mis en place dans le Laboratoire de Radiopropagation et Electronique de l'USTL.

La collaboration efficace entre les industriels (MATRA Transport) et les grands organismes (ex. SNCF - RATP) a permis de confronter des idées et des points de vue différents.

Le bénéfice de ces recherches, ayant pour la plupart abouti sur un transfert industriel, revient à la région Nord - Pas de Calais qui a soutenu la recherche et qui continue encore par l'intermédiaire du GRRT²³ installé dans les locaux de l'INRETS de Villeneuve d'Ascq. La motivation des chercheurs, ingénieurs et techniciens a été omniprésente. De nombreuses thèses et mémoires d'ingénieurs ont été soutenus.

C'est en pensant à tous les étudiants et au personnel permanent du laboratoire que nous terminons cette chronique d'un petit train qui est passé du rêve à la réalité.

Il poursuit sa route et l'Université de Lille est fière d'avoir contribué par l'intermédiaire d'un de ses laboratoires à l'installation d'autres lignes de métro à automatisme intégral telles que Toulouse, Aéroport Orly, Rennes, Aéroport Roissy - Charle de Gaulle, Taïpei (Taïwan), Aéroport Chicago-O'Hare (U.S.A.), Turin (Italie)...

²³ GRRT : Groupement Régional pour la Recherche dans les Transports - créé le 23 février 1983.



Administration de l'ASA - USTL

Bureau : Président : H. DUBOIS
Vice-Présidente : J. SALEZ
Secrétaire : R. RISBOURG
Secrétaire adjointe : J. PARREAU
Trésorier : P. DELORME
Trésorière adjointe : M. ALLEMEERSH

Membres :
R. JOSSIEN, D. LEFEBVRE, M. LEFEBVRE, Y. LEROY,
L. SELOSSE, G. SPIK
Invités permanents : J. DUEZ, J. KREMBEL, A. LEBRUN,
M. PARREAU, A. RISBOURG



Siège de l'Association - Adresse postale :
ASA-USTL - Bâtiment P7
Université des Sciences et Technologies de Lille
59655 VILLENEUVE D'ASCQ Cedex
Tel. 03.20.33.77.02
www.univ-lille1.fr/asa
E-mail : asa@univ-lille1.fr

Directeur de publication : **H. DUBOIS**
Directeur de la rédaction : **Y. LEROY**
Rédaction : **J. SALEZ**
Réalisation : **N. CLAEYS**
C. REMOND
Imprimerie de l'USTL - ISSN : 1168 - 6898