

Christophe Bonaventure

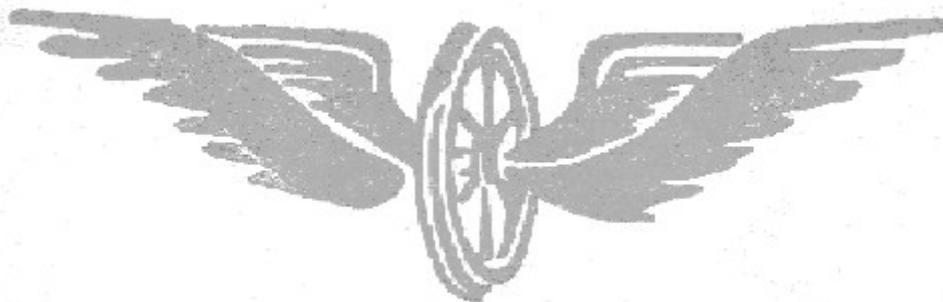


Ville de Liège
Ecole de Commerce et d'Informatique
Enseignement de Promotion Sociale
Rue Hazinelle 2 - 4000 LIEGE
Matricule 6.188.38
04/221.37.86



Rame T.G.V et Signalisation

« Aspects Techniques et Informatiques »



Travail de fin d'études présenté par
Christophe BONAVENTURE
En vue de l'obtention du diplôme de
Technicien en informatique
Option maintenance
Année académique 2007-2008

Christophe Bonaventure
REMERCIEMENTS

Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenu tout au long de la formation, et en particulier :

- Madame la directrice Marie-Jeanne Defays pour sa disponibilité et son écoute ;
- Le personnel du secrétariat, Maria, Christine, et Evelyne pour leur travail efficace et leur soutien moral ;
- Monsieur Hubert Schyns pour ses bons conseils et son pilotage de l'épreuve intégrée et les nombreuses heures passées à lire et corriger mes brouillons ;
- Monsieur Jean-Luc Heyden de la S.N.C.B qui m'a permis d'avoir beaucoup de renseignements ;
- Monsieur Guy Loffet de la S.N.C.B pour la documentation fournie et très complète ;
- Le corps professoral de ECI et en particulier Monsieur Luc Demey et Madame Anne-Lise Comhaire ;
- Monsieur Amirouch Rachid de l'A.T. Forest pour le temps qu'il m'a accordé et toutes les ressources données pour mon épreuve intégrée ;
- Monsieur François Edmond pour son aide précieuse et ses bons conseils ;

En espérant n'avoir oublié aucune des personnes qui m'ont toutes été d'une aide précieuse.

Tables matières

1	Introduction.....	5
2	Le T.G.V.....	6
2.1	Introduction.....	6
2.2	Modèles de T.G.V.....	6
2.3	Généralités.....	6
2.4	Déploiement des T.G.V.....	7
2.5	Caractéristique T.G.V Thalys.....	9
2.5.1	Contraintes techniques.....	10
2.6	Poste de conduite.....	11
3	La signalisation sur ligne classique.....	12
3.1	Position du problème.....	12
3.2	Solution standard.....	12
3.2.1	Principe du canton.....	12
3.2.2	Panneaux de vitesse sur ligne classique.....	16
3.2.3	Le système belge T.B.L 1.....	17
3.2.4	Conclusion.....	18
4	La signalisation sur ligne T.G.V.....	19
4.1	Position du problème.....	19
4.2	Principe de la solution.....	19
4.3	LE SYSTEME BELGE T.B.L 2.....	20
4.3.1	Vue générale.....	20
4.3.2	Les cantons.....	21
4.3.3	Equipement au sol.....	23
4.3.4	Equipement embarqué.....	27
4.3.5	Transmission.....	36

4.4	Le système français T.V.M.....	36
4.4.1	Vue générale.....	36
4.4.2	Les transmissions.....	37
4.4.3	Structure d'un message.....	38
4.4.4	Détails techniques.....	40
4.4.5	Caractéristiques principales (T.V.M).....	40
4.5	Transition entre la T.B.L Voie classique et au T.V.M Voie grande vitesse...	41
4.6	Le système E.R.T.M.S.....	42
4.6.1	Position du problème.....	42
4.6.2	Conclusion.....	44
5	CONCLUSION.....	44
5.1	Avenir.....	44
6	Sources.....	44
6.1	Documents généraux.....	44
6.2	Documents spécifiques S.N.C.B.....	44
6.3	Sites web consultés.....	44
6.4	Contacts personnels.....	44
7	Annexe 1 - METHODOLOGIE.....	44
	GLOSSAIRE.....	44

Christophe Bonaventure

1 Introduction

J'ai choisi ce sujet car les trains me passionnent, je désire par après en faire mon métier et c'est pour cela que j'ai choisi le milieu ferroviaire pour permettre d'agrandir mes connaissances et mes ressources...

Symbole du renouveau des chemins de fer, le T.G.V. ⁽¹⁾ est d'abord l'un des trains les plus rapides du monde en service commercial. Conçu pour transporter un grand nombre de personnes, d'une ville à une autre, le T.G.V est capable selon les différents systèmes mis au point d'atteindre des vitesses s'échelonnant entre 250 et 300, voir 350 km/h bientôt, en réduisant considérablement les temps de parcours, avec l'assurance d'un très haut niveau de confort et d'une sécurité sans faille.

Il est conçu pour transporter 403 personnes selon le type de T.G.V d'une ville à l'autre. Le T.G.V est capable d'atteindre un record à 574 km/h établi en France en 2007.

Pour assurer cette sécurité....

Malgré ces vitesses élevées, le T.G.V se doit d'assurer une sécurité sans faille aux passagers qu'il transporte.

Le problème qui se pose est que plus la vitesse est élevée, plus le temps de réaction en cas d'incident, est court... Or les incidents potentiels sont légions : rame bloquée en aval, caténaire arrachée, voie inondée.... Comment le dispatching peut il avertir à temps le conducteur ? Le conducteur aura-t-il le temps de réagir à temps ?

La présentation est structurée comme suit :

L'objet de ce travail est de montrer comment fonctionne cet aspect critique de la sécurité : **le contrôle de vitesse... à grande vitesse.**

Le **premier chapitre** de ce travail expose brièvement la structure d'une rame de TGV ainsi que le principe de la signalisation par canton.

Le **second chapitre** expose les aspects techniques et l'infrastructure relatifs aux équipements qui assurent la transmission des informations.

Le **chapitre suivant** aborde les aspects plus informatiques tels que les techniques de codage des signaux et les protocoles de dialogue entre rail et machine.

¹ TGV : Train à Grande Vitesse

2 Le T.G.V

2.1 Introduction

Le train à grande vitesse, qui circule sur des lignes électrifiées, présente l'avantage de mieux préserver l'environnement que la voiture et l'avion. Il ne provoque pratiquement aucune pollution de l'air, occupe beaucoup moins d'espace au sol et utilise proportionnellement beaucoup moins d'énergie par passager.

2.2 Modèles de T.G.V



Figure 1 Ensemble de rame TGV européen

Nous pouvons voir sur la Figure 1 que le T.G.V existe en plusieurs versions : en partant du haut deux T.G.V Français, un Anglais et le Thalys belge. Les T.G.V se ressemblent tous, en particulier ils ont tous la même forme de nez.

2.3 Généralités

Chaque rame comprend 2 motrices encadrant 8 remorques (appelées R1 à R8) d'une capacité totale de 377 places. Les salles de voyageurs en 1ères classe prennent 31,8% et les secondes classe 68,2% de la capacité totale. Toutes les remorques sont climatisées et non fumeur.

- En 1ère classe il y a 120 places, 48 places vis à vis et 72 en file.
- En 2ème classe il y a 257 places, 128 places vis-à-vis et 129 en file et 26 strapontins.

MOTRICE

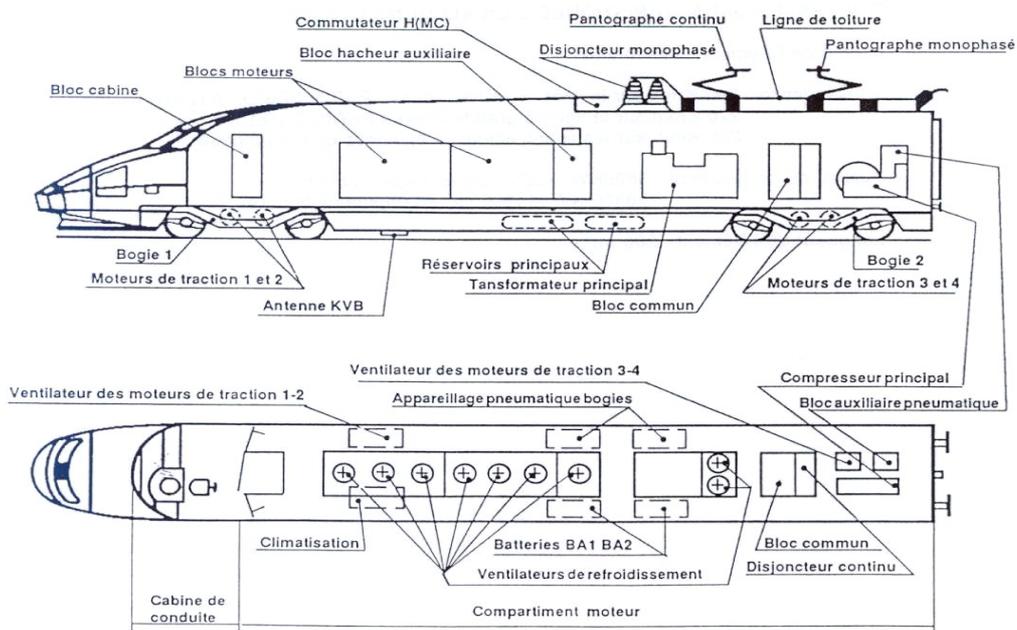


Figure 2 Schéma d'une motrice TGV (PBKA)

La motrice sur la Figure 2 montre tous les aspects extérieurs en détails de la rame, notamment l'antenne qui permet de capter les informations reçues et les transmettre dans l'ordinateur de bord. Sur le toit de la rame se trouve tout le système de batteries et de ventilations.

2.4 Déploiement des T.G.V

Le principal atout du train à grande vitesse réside dans sa capacité à utiliser les mêmes gares et les mêmes voies qu'un train ordinaire. Il circule aussi bien en site neuf, c'est-à-dire sur des lignes spécialement conçues pour la grande vitesse, que sur des tronçons de voies classiques, qu'il peut emprunter pour prolonger son parcours et acheminer ses passagers directement en plein cœur des villes.

Le premier T.G.V a été mis en service en 1981 sur la ligne Paris-Sud-est et le réseau T.G.V n'a pas cessé de s'étendre depuis ce temps.

Inspirés par le succès du T.G.V français, les ministres des transports des quatre pays concernés se sont mis d'accord en 1989 sur l'élaboration d'une liaison à grande vitesse entre les quatre métropoles Paris, Bruxelles/Brussel, Köln et Amsterdam (d'où la dénomination de T.G.V PBKA). L'idée fut concrétisée en 1993 par le Thalys.

Les 17 rames THALYS (PBKA) furent commandées auprès de GEC-Alsthom (7 rames pour la S.N.C.B, 2 pour le réseau hollandais (NS), 2 pour le réseau allemand (DB) et 6 pour le réseau français (SNCF).

Christophe Bonaventure

Comme Eurostar, Thalys est le fruit d'une étroite collaboration entre les compagnies de chemins de fer de différents pays (en l'occurrence S.N.C.F, S.N.C.B, N.S et D.B).

Actuellement le Thalys est le T.G.V le plus fréquenté et véhicule chaque année 21 millions de personnes entre ces quatre pays.



Figure 3 Ensemble de trois TGV circulant dans les quatre coins de la Belgique

Sur cette Figure 3 nous voyons que la Belgique est une plaque tournante du réseau européen. Par rapport à sa superficie, le réseau T.G.V est très dense.

La réalisation internationale du Thalys présente un certain nombre d'avantages mais aussi des inconvénients.

Du côté des avantages :

- clientèle plus étendue.
- partage des tâches selon les points forts des participants au projet.
- pour la Belgique, le tracé T.G.V sur son territoire sera en partie financé par ses voisins et par l'Union Européenne.

Du côté des inconvénients :

- vaincre les susceptibilités politiques nationales.
- assurer la cohérence des différents systèmes (alimentation électrique, normes, signalisation).
- problèmes linguistiques.



Figure 4 Vue du réseau Français, Belgique, Angleterre, et Pays-Bas, des 3 TGV les plus fréquentés

La Figure 3 montre les trois T.G.V les plus fréquenté. Nous pouvons voir le Thalys sur ligne rouge de la Belgique et la France. Le T.G.V français (en mauve) pour quasi la moitié de la France et l’Eurostar (ligne bleue) pour la Belgique, la France et l’Angleterre.

Un calcul simple montre qu’en Belgique il y a 10.446.000 habitants et 330 km de ligne L.G.V ce qui correspond à 31,7 km par million d'habitants. D’autre part la superficie est de 30.500 kilomètres carrés ce qui donne 10,8 km de voies pour 1000 km².

Également pour la France il y a 64.102.000 habitants et 1850 km de superficie de LGV ce qui correspond à 27,3 km par million d’habitants. D’autre part la superficie du pays fait : 675.417 km² ce qui donne 2,7 km de voies pour 1000 km².

2.5 Caractéristique T.G.V Thalys

Longueur hors tout (m)	200,190
Empattement des bogies moteurs et porteurs (m)	3,000
Diamètre des roues neuves (m)	0,920
Entraxes bogies motrice (m)	14,000
Entraxes bogies remorque (m)	18,700
Largeur extérieure maximale des caisses motrices (m)	2,814
Largeur extérieure maximale des caisses remorques (m)	2,904
Puissance moteur traction (kW)	1100

Christophe Bonaventure		
Masse totale à vide en ordre de marche (t)		383
Masse totale à vide en charge normale (t)		416
Masse adhérente (t)		135
Masse moyenne d'une motrice (t)		68
Vitesse commerciale maximum		300 km/h
Nombre de moteurs de traction		8
Nombre de bogies moteurs		4
Nombre de bogie porteurs		9
Réservoirs d'eau (l)		160
Batterie d'accumulateurs	SRX 1300 à 54 éléments	
Rayon minimum de circulation (vitesse réduite) (m)		125

2.5.1 Contraintes techniques

Tout va dépendre de la puissance disponible sur le réseau.

Tension Puissance totale DC

- 25 kV DC ⁽¹⁾ 8800kW	Belgique	Uniquement sur les lignes TGV L1 et L2 (L.G.V).
- 25 kV DC 6400kW	Belgique	Lignes classiques transfrontalières pour les machines équipées de système polycourant.
- 3 kV DC 5160kW	Belgique	Ligne classique.
-15 kV 3680kW	Pays-Bas	Ligne L.G.V.
- 1,5 kV DC 3680k	Pays-Bas	Ligne classique.

Le tableau révèle que c'est en Belgique que la puissance disponible sur ligne à grande vitesse est la plus élevée.

D'autre part, on voit que l'alimentation électrique devra s'adapter instantanément lors du changement de réseau (changement de tension en 25 kV ou en 3 KV).

Les rames T.G.V sont conçues pour des voies spécialement aménagées pour la haute vitesse où elles peuvent circuler à 300km/h. Elles peuvent également être exploitées à une vitesse maximale de 200 km/h sur voie classique. Elles ne disposent pas de système pendulaire ⁽²⁾.

¹ Direct Continu

² Ce système fonctionnant grâce à un mécanisme de deux suspensions hydrauliques permet au train de se pencher " tout seul " sur une courbe en déclivité.

Christophe Bonaventure

Les rames disposent d'une puissance de traction de 8750 kW. Elles sont alimentées en courant alternatif sur ligne classique en 25kV et 50 Hz en ligne ou en courant continu en 1,5 kV dans les gares.

2.6 Poste de conduite

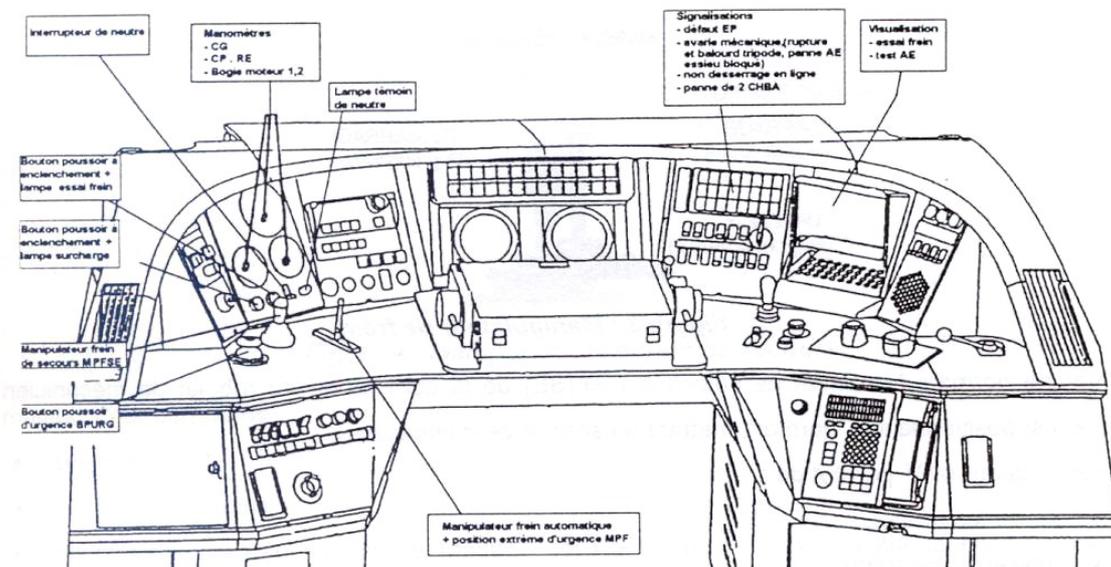


Figure 5 Pupitre d'une rame TGV

La Figure 5 représente le pupitre de commande d'une rame T.G.V. Sur la gauche nous voyons tout ce qui concerne le freinage de la rame. Au centre, nous avons le tachymètre et l'accélération. Sur la droite se trouve tout ce qui concerne le système de communication radio et les informations données à bord, lors d'un message réceptionné (p. ex une réduction de vitesse...) dont je vais parler plus tard.

3 La signalisation sur ligne classique

Avant de parler des problèmes et solutions propres au T.G.V, il n'est pas inutile de rappeler les solutions utilisées sur une ligne classique.

3.1 Position du problème

Le problème qui se pose est de pouvoir faire rouler le plus de trains possible sur le même tronçon de ligne et d'éviter tous les accidents potentiels. Plus le système est sûr, plus le nombre de trains qui se succèdent sur un tronçon est grand et plus le réseau est rentable.

Les deux grands problèmes qui se posent sont :

- l'occupation des voies.
- les limitations de vitesse.

3.2 Solution standard

3.2.1 Principe du canton

La ligne de chemin de fer est divisée en plusieurs secteurs que l'on appelle des cantons. Chaque canton, est protégé par un signal (Figure 6). Ce sont ces signaux semblables aux feux routiers qui assurent l'espacement des trains ().

Dans le système classique d'occupation des voies, la longueur de canton est définie par la distance qui sépare les signaux visibles de plus ou moins 3 km (selon les lignes). Cette longueur détermine la densité maximale de circulation de la ligne.

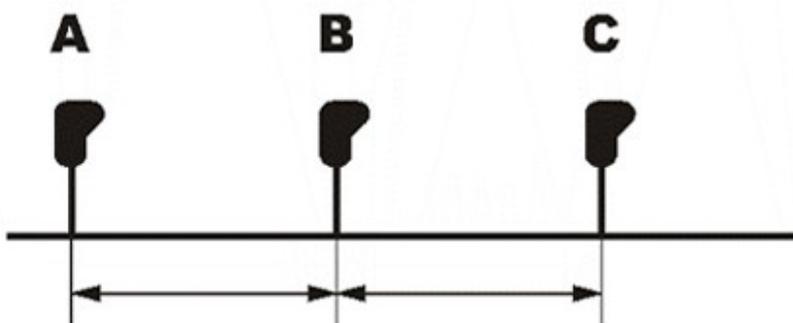


Figure 6 Distance des signaux lumineux

Dans un bloc, les deux rails d'une voie se comportent comme deux conducteurs électriques entre lesquels règne une faible différence de potentiel électrique (Figure 7). Lorsqu'un train entre dans un canton, les essieux permettent à une partie du courant d'être dérivé par les roues de l'essieu. Ceci provoque l'ouverture des contacts du relais et ce relais commande à son tour un circuit alimentant le signal à l'entrée du canton. Le signal passe au rouge, ce qui ferme le canton.

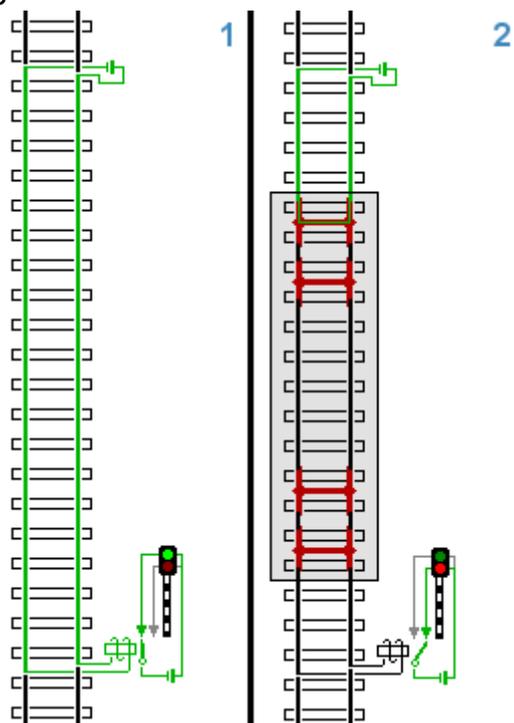


Figure 7 Circuit de voie

Un convoi ne peut pénétrer dans un canton que si le signal qui en marque l'entrée est vert.

Position A	Position B	Position C	
			<p>Distance entre les signaux (cantons) plus ou moins 2800 mètres de décalage.</p>
			<p>Le train en position A occupe un canton et doit attendre que le signal rouge passe au vert ou jaune.</p>
			<p>Le train en position B peut quitter le canton jusqu'au prochain signal annoncé vert (ce que l'on appelle section libre)</p>
			<p>Dans ce cas-ci la ligne est de 90 km/h repris sur le panneau vert, et le train en position A doit ralentir à 40 km/h vu par le signal jaune.</p>

Figure 8 Principe du canton

Au moment où le train pénètre dans le canton, le signal qu'il vient de franchir passe au rouge comme expliqué précédemment.

Lorsque le train pénètre dans le canton suivant, le signal le protégeant présente à son tour un feu rouge, alors que le signal du premier canton présente désormais un feu jaune. Lorsque le train pénètre dans le troisième canton, le signal le protégeant donne l'indication feu rouge. Le signal du second canton donne l'indication feu jaune, et le signal du premier canton donne désormais l'indication voie libre. (Feu vert).

Pour ce type de signalisation, il n'y a donc pas d'intervention humaine. C'est le train qui se protège lui-même.

Christophe Bonaventure

Les signaux lumineux à cantons courts permettent un intervalle de temps de deux et demi à trois minutes entre deux trains. De plus les panneaux d'entrée d'un canton présentent toujours les signaux d'annonce du panneau suivant ce qui permet d'obtenir une information supplémentaire sur le canton suivant.

Ainsi si un train est arrêté dans un canton, le train suivant rencontrera un feu jaune annonçant au mécanicien que le feu suivant est rouge. Il devra réduire sa vitesse à 40km/h selon les lignes pour être en mesure de s'arrêter au signal fermé. (Par ex. le train roule à 80 km/h sur une ligne 90 km/h il y aura bien entendu plus de signaux lumineux et moins de distance longue.)

Un mécanicien arrêté à un feu rouge doit attendre que le signal donne l'indication feu jaune ou feu vert pour pouvoir repartir. Mais dans certaines conditions, le mécanicien peut franchir un feu rouge et pénétrer en canton occupé ⁽¹⁾.

Si le signal A présente le motif VJV ⁽²⁾, c'est que la distance entre le signal B et C est trop petite que pour permettre au convoi, soit de s'arrêter soit de respecter une réduction de vitesse qui sera imposée par le signal C. Cette distance est appelée « courte section ».

Dans ce cas, le mécanicien doit observer une marche à vue en ne dépassant pas la vitesse de 30 km/h maximum, et doit être en mesure de s'arrêter dès que possible. La marche à vue est de pouvoir s'arrêter devant tout obstacle prévisible, sur l'étendue de voies devant le conducteur. Jusqu'où son regard peut se poser.

Les distances entre les signaux sont calculées en fonction de la vitesse de la ligne, des capacités minimales de freinage des trains, de la déclivité du terrain, etc.... Ce qui fait l'objet d'une étude de ligne.

¹ Section où l'on travaille sur caténaire ou occupé par un autre train en travaux.

² Vert Jaune Vertical

Christophe Bonaventure

3.2.2 Panneaux de vitesse sur ligne classique



Figure 9 Panneau à 90 Km/h

Vitesse de référence de la ligne vitesse maximum. Dans ce cas : à 90 km/h.



Figure 10 Panneau de l'origine de la zone

Ligne désormais à parcourir à une vitesse réduite.



Figure 11 Relèvement de la vitesse à 60 km/h

Ce panneau indique la vitesse sans pour autant atteindre la vitesse de référence de la ligne.



Figure 12 Annonce d'un crocodile

Cette plaque signal représente la présence d'un crocodile à 1 mètre au centre du rail.



Figure 13 Panneau indiquant un repère de ligne

Ce panneau est un repère de ligne. Il est représenté par un numéro à chaque tronçon.

Figure 14 Différents panneaux du réseau classique

Christophe Bonaventure

3.2.3 Le système belge T.B.L 1

Le système T.B.L (¹) est un système de contrôle de vitesse et de communication par crocodile sur ligne classique. La T.B.L est un système partiellement installé sur les lignes classiques du réseau belge.

Son principe est de transmettre l'aspect du signal deux jaunes ou vert à la motrice grâce à un message analogique (tension alternative).

Un signal électrique, positif ou négatif selon que le signal est ouvert ou fermé, est transmis par l'intermédiaire d'un patin métallique installé au milieu de la voie, appelé « crocodile » à cause de sa forme, et intercepté par une brosse métallique installée sous la locomotive.



Figure 15 Aspect d'un crocodile sur ligne classique

Cette Figure 15 représente un cadre métallique pour transmettre l'information reçue du signal dans la locomotive émis par une brosse de transmission.

¹ Transmission Balise Locomotive



Signal deux jaunes
représente un
ralentissement à 40km/h.

Le crocodile transmet
une **impulsion
positive**.



Signal vert (ouvert)
représente voie libre aucun
train sur le tronçon,
jusqu'au prochain signal.

Le crocodile transmet
une **impulsion
négative**.



Signal rouge (fermé)
représente voie occupée
par un autre train. Pas
d'impulsion via le crocodile.

Le crocodile ne
transmet **aucune
impulsion**.

Il y a actuellement 1200 balises au sol et 120 équipements embarqués.

3.2.4 Conclusion

Ce système de signalisation classique est : éprouvé, fiable, robuste, facile à utiliser. Mais l'inconvénient de ce système est qu'il n'est pas adaptable pour les lignes à grande vitesse, parce qu'il ne permet plus de voir la signalisation latérale sur ligne L.G.V.

Malheureusement ce système ne convient plus pour le contrôle et la sécurité des trains à grande vitesse ainsi que nous le verrons au chapitre suivant.

4 La signalisation sur ligne T.G.V

4.1 Position du problème

A grande vitesse, les mécaniciens des trains à grande vitesse ne perçoivent plus les signaux latéraux placés le long de la voie.

En effet un calcul simple montre que si le T.G.V avance à une vitesse de 300 km/h, soit 5 km/min ou 83m par seconde. A cette vitesse, un signal ne reste dans le champ de vision de l'opérateur que pendant une fraction de seconde. Il lui est physiquement impossible de percevoir l'inscription d'un signal et, a fortiori, plusieurs signaux placés côte à côte.

Observer des panneaux qui se succèdent à un tel rythme et aussi rapidement entraîne de plus une fatigue oculaire épouvantable.

4.2 Principe de la solution.

La solution choisie par la plupart des gestionnaires de trains à grande vitesse consiste à afficher les informations, non plus sur des panneaux disposés le long de la voie mais bien sur l'écran du pupitre en cabine au moment voulu.

Le système a pour but de transmettre au train, via les rails, toutes les consignes nécessaires pour assurer la sécurité du trafic ferroviaire. De plus, il veille à une éventuelle défaillance humaine en contrôlant le respect des consignes de vitesse par le conducteur en réalisant des contrôles de vitesse.

Les indications sont transmises automatiquement et en permanence à bord du train où elles sont affichées en clair dans la cabine de pilotage. Cette transmission continue se fait en sécurité par l'intermédiaire de signaux électriques émis sur les voies et captés par les locomotives.

Ceci pose le problème de la transmission d'informations binaires entre l'infrastructure fixe et la rame en mouvement.

Les systèmes développés remplissent cette mission. Le système de transmission est unidirectionnel du sol vers le bord, les machines ne renvoient aucun signal ni aucune information sur les voies. Seule la présence du train est détectée par l'occupation des circuits de voie utilisés comme support de la transmission.

Diverses variantes de ce système ont été implémentées par les différentes compagnies :

- T.V.M en France.
- T.B.L 2 et 3 en Belgique.
- L.Z.B en Allemagne.
- Etc.

Christophe Bonaventure

L'inconvénient des lignes à grande vitesse est que le T.G.V qui passe d'une frontière à une autre doit impérativement commuter de système de pays appelé T.V.M pour la Belgique et la France, L.Z.B pour l'Allemagne...

L'avantage est de créer un système de signalisation commun afin de faciliter les interpénétrations d'engins moteurs notamment les trains à grande vitesse. C'est pour cela que l'union Européenne vient de créer un nouveau système appelé E.R.T.M.S qui sera l'harmonisation européenne. Plus de détails plus loin dans mon travail.

Toutes ces versions sont appelées à migrer vers le système européen E.R.T.M.S.

4.3 LE SYSTEME BELGE T.B.L 2

4.3.1 Vue générale

Le système T.B.L 2 ⁽¹⁾ est la solution apportée par la S.N.C.B au problème du contrôle des T.G.V.

Le rôle de la T.B.L 2 est d'assurer une signalisation de cabine et de contrôler en permanence la vitesse autorisée instantanée et notamment l'exécution correcte des missions restrictives imposées par la signalisation, telles que l'arrêt devant un signal d'arrêt fermé ou le respect d'une limitation permanente ou temporaire de vitesse.

La T.B.L 2 est essentiellement utilisé sur les lignes à grande vitesse L.G.V ⁽²⁾ Toutes les lignes parcourues à plus de 160 km/h sont équipées de la T.B.L2.

Le système est constitué d'une balise en voie installée à chaque signal et d'un équipement embarqué. L'équipement T.B.L 2 intègre le traitement des systèmes antérieurs (crocodiles du système T.B.L 1).



Figure 16 Thalys équipé de la T.B.L 2

¹ Transmission Balise Locomotive

² Ligne à Grande Vitesse

Christophe Bonaventure

Le système T.B.L est composé de :

- une division des lignes en cantons.
- de l'équipement au sol.
- de l'équipement embarqué.

4.3.2 Les cantons

La ligne est divisée en cantons de signalisation, de 1500 m en moyenne parcourus en 18 secondes.



Figure 17 Panneau de repère de balise et de canton

Chaque canton est signalé par un repère constitué par un voyant réflectorisé en polyester (Figure 17).

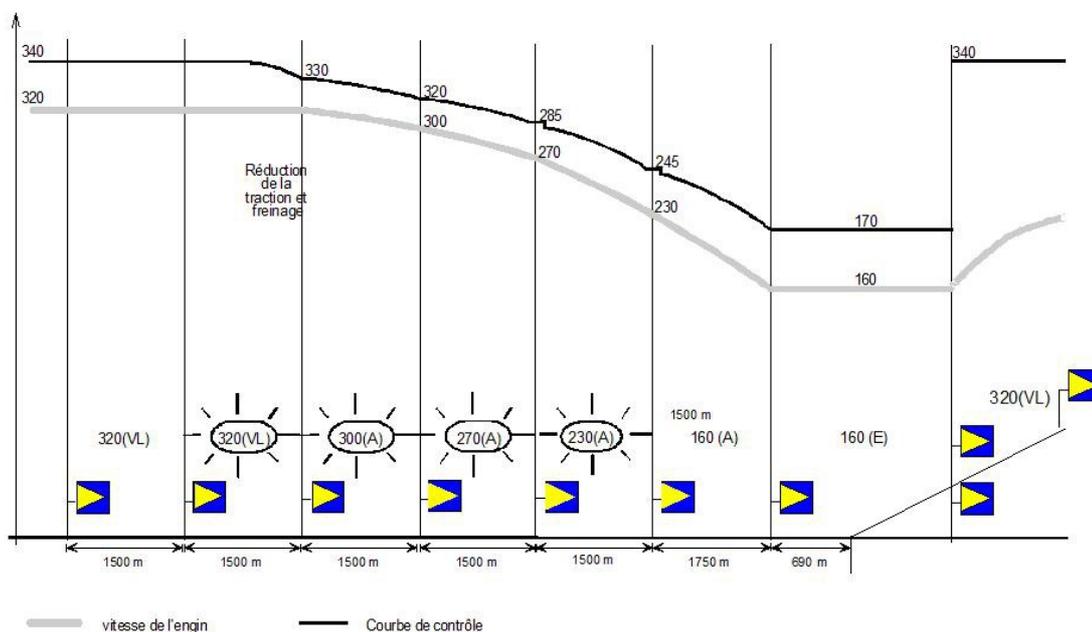


Figure 18 Séquence d'arrêt à transmettre

Par exemple l'arrêt du train doit se faire selon une courbe de contrôle de vitesse établie en plusieurs phases et recouvrant plusieurs cantons (Figure 18). Nous pouvons voir tous les repères installés tous les 1500 m. les chiffres représentent la diminution de la vitesse parcourue en courbe d'une distance de 9,850 km. Vitesse de départ à 320 km/h représentée en gris et la vitesse but de 160 km/h en fin de courbe.

Chaque canton est relié à une cabine de bloc et chaque groupe de 8 cabines est relié à une station mère.



Figure 19 Ligne à grande vitesse Liège – Bruxelles

4.3.3 Equipement au sol

Les panneaux bleus sur fond jaune appelé « repères » signalent la présence d'une balise d'information.



Figure 20 Balise de connexion entre le rail et le TGV

Cette Figure 20 représente une balise de transition ce qui permet de permuter le changement de système TBL 1 au TBL 2, directement de l'antenne qui est reliée sous les bogies du T.G.V.

Le système au sol se compose d'une balise et d'une boucle de câble.

4.3.3.1 La balise

La balise est constituée d'un cadre métallique très robuste, dont la longueur est de 1 à 2 m adaptée aux vitesses maximales des trains, de 160 à 300 km/h et plus selon les lignes.

Christophe Bonaventure

Pour garantir une fiabilité très élevée, les composants électroniques de la balise sont uniquement passifs : transformateurs, condensateurs, résistances

Le cadre forme un circuit résonnant à la fréquence porteuse de la transmission (100 kHz), permettant d'y injecter un niveau élevé de courant (plusieurs ampères), assurant une immunité élevée aux parasites électromagnétiques.

Les balises sont naturellement et intrinsèquement directionnelles, sans nécessiter leur dédoublement, grâce à leur installation décentrée de 150 mm par rapport à l'axe de la voie.

Celle-ci permet au système TBL2 à bord de rejeter les balises des signaux pris à revers, par une mesure du décalage de phase de la réception à l'antenne à bord.

La balise est reliée au codeur via un simple câble à 4 conducteurs, d'une longueur admissible jusqu'à 1-2 km.

4.3.3.2 La boucle

Les boucles de câble permettent de compléter les balises par des moyens de transmission semi-continue ⁽¹⁾ ou continue ⁽²⁾, dans les cas où l'on estime que l'utilisation d'une ou plusieurs balises intermédiaires est insuffisant.

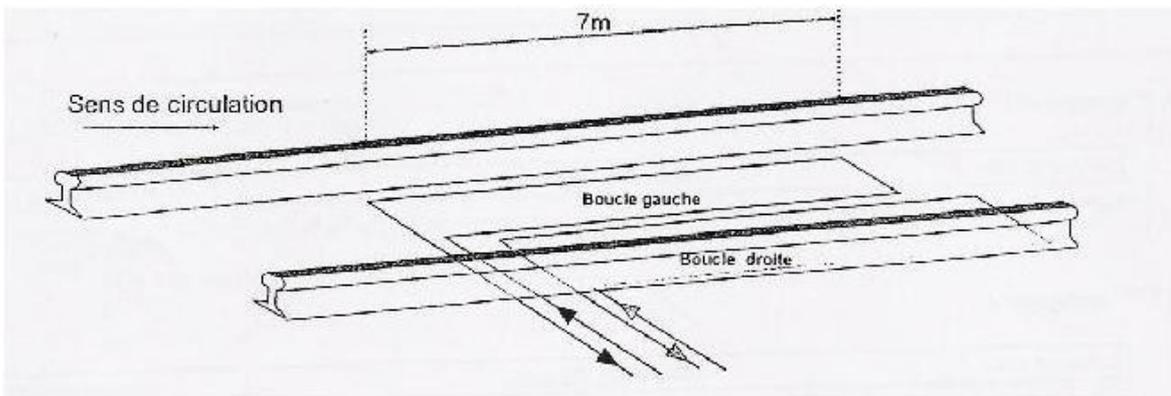


Figure 21 Implantation des boucles au sol

La boucle de câble est posée dans la voie comprenant un câble actif au milieu de la voie et un câble de retour contre l'un des rails. Selon le cas, sa longueur peut varier :

- de quelques dizaines de mètres ("bouclette" à proximité du signal).
- à plusieurs centaines de mètres (jusqu'à 1-2 km, permettant de couvrir le canton complet si nécessaire).

La transmission sol-train des boucles se fait aux mêmes fréquences que les balises, ce qui permet d'utiliser la même antenne embarquée.

¹ Courant qui est redressé et qui est haché par une fréquence bien définie. (Par ex. une fréquence 100 Hertz sera divisée en semi-continu de 50 Hertz).

² La transmission du [courant continu](#), est un [courant électrique](#) unidirectionnel. Il se déplace à chaque instant dans le même sens.

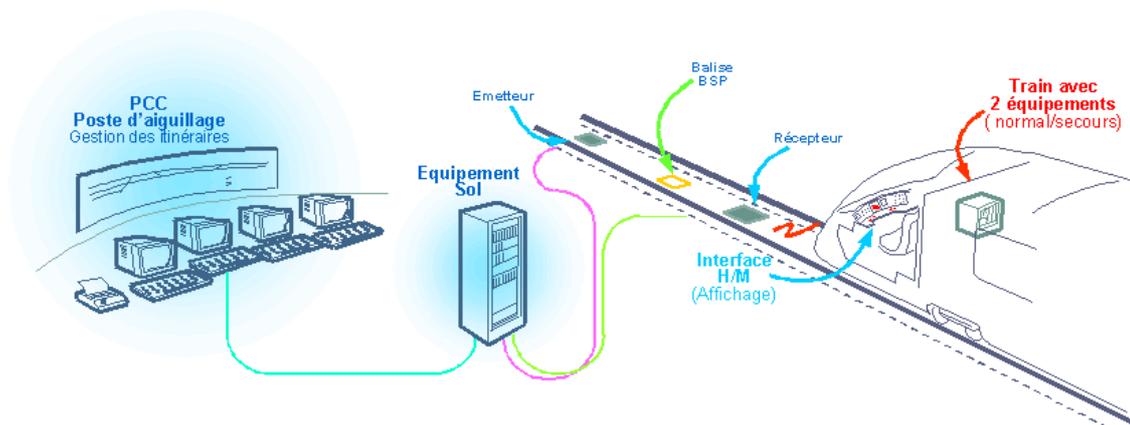


Figure 22 Système de transmission par balise

A gauche de l'image se trouve le bloc informatique (Figure 22) d'où les informations sont envoyées à l'équipement au sol et ensuite transmises à la balise. Sur notre droite se positionne le T.G.V prêt à recevoir la première information par le récepteur. Le message est ensuite réceptionné à bord. Dès le passage sur l'émetteur le T.G.V renvoie un accusé de réception au bloc centre.

4.3.3.3 Codeur

Le codeur génère les messages sol-train des balises et boucles associées à chaque signal, à partir de l'état du système de signalisation auquel il est raccordé.

Il est placé dans une cabine le long de la voie.

Le codeur réalise les fonctions suivantes :

- acquisition des aspects de la signalisation, et vérifications de cohérence.
- élaboration des messages sol-train, incluant des bits utiles et des bits de redondance et de synchronisation.
- amplification et transmission aux balises et boucles.

Le codeur est conçu pour piloter jusqu'à trois balises, ou deux balises et une boucle.

Il se présente sous la forme d'un rack de largeur 19" (hauteur 3U) comprenant :

- l'interface d'entrée du système de signalisation, sous la forme ; d'entrées "logiques", en fil-à-fil à partir d'une signalisation à relais ou par raccordement aux circuits des lampes ;
- ou d'une double liaison informatique série, à partir d'une signalisation informatisée PLP (¹). Dans le cas d'un système TBL au sol basé sur une signalisation informatisée PLP, il s'appelle "TBL3". Au niveau des traitements à bord, il n'y a pas de différence entre "TBL2" et "TBL3".

¹ Poste de Ligne Programmé

4.3.4 Equipement embarqué

L'équipement embarqué comprend :

- des capteurs extérieurs.
- des ordinateurs de bord.

Actuellement le réseau L.G.V comprend 200 balises et 300 équipements embarqués.

4.3.4.1 Les capteurs

La transmission des données entre le sol et la machine se fait entre la balise active décrite au point précédent et un ensemble embarqué d'antennes de captage à couplage inductif.

Le système tient compte du sens de marche, les capteurs sont montés entre les rails avec un léger décalage par rapport à l'axe.

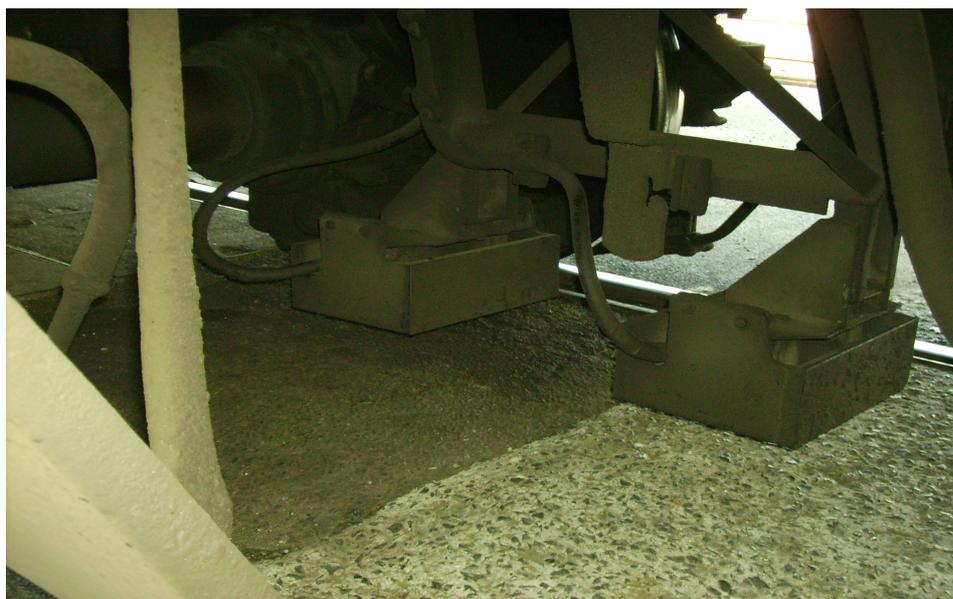


Figure 23 Ceci représente les capteurs sous le bas de caisse d'un Thalys

On peut voir sur cette Figure 23 des capteurs pour recevoir et transmettre les informations par balises intégrées au sol, ces capteurs se communiquent par onde d'une distance de quelques centimètres à peine de la balise au capteur.

4.3.4.2 Le calculateur

Le calculateur de bord a pour fonction de réaliser les contrôles en fonction des informations recueillies par la lecture des balises.

La fonctionnalité du calculateur de sécurité à bord, a pour fonction d'introduire les paramètres du train, et d'effectuer les traitements nécessaires à l'affichage en cabine du taux de vitesse, au contrôle de la vitesse, ainsi qu'aux autres automatismes de conduites (Traction, Pantographe, ...)

4.3.4.3 Les ordinateurs de bord

Les ordinateurs de bord ont pour fonction de réaliser les contrôles en fonction des informations recueillies par la lecture des balises.

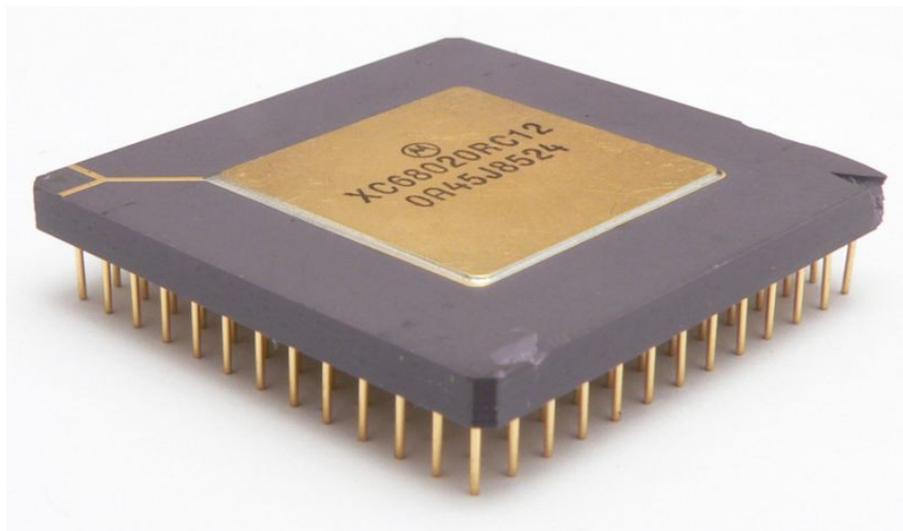
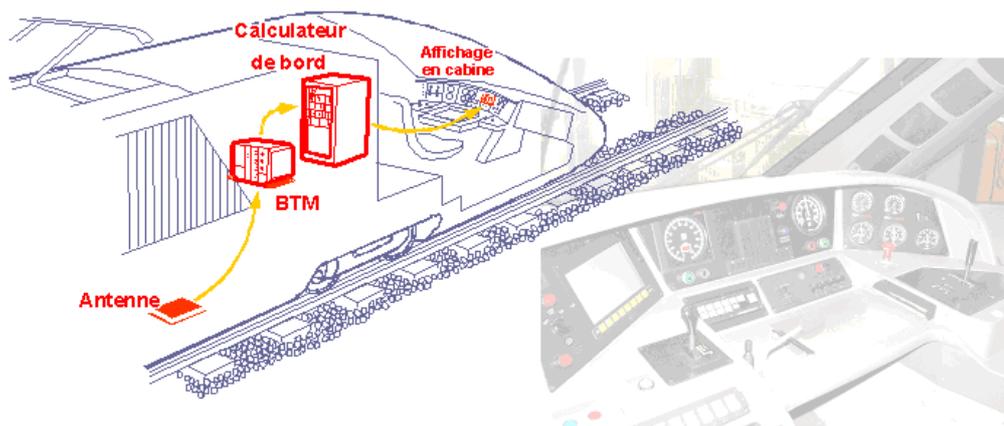


Figure 24 Micro processeur Motorola du système T.G.V

Le processeur Motorola 68020 est le premier processeur réellement 32 bits de la série 68000, avec un bus de données et d'adressage de 32 bits. Les fréquences de cadencement ont été augmentées à 16 puis 20 et 25 MHz, en raison de l'utilisation d'une technologie d'implantation à empreinte réduite.

Tous les ordinateurs ne tombent pas en panne en même temps, les nouveaux processeurs dernier cri, peuvent avoir des bugs encore inconnus. C'est un modèle simple mais aucun besoin d'un modèle complexe car la tâche est limitée, mais reste fiable.

Il n'y a pas de système d'exploitation, y est intégré un ordinateur mono-tâche : 1 tâche = 1 ordinateur.



Christophe Bonaventure

- caractéristique de freinage du train (poids freiné, type de train, isolement, autres paramètres spécifiques.)
- sélection de la langue, paramètres d'identification.

- Surveillance

- vitesse de ligne autorisée.
- limitation de vitesse (permanente et temporaire.)
- limitations particulières aux trains de fret et autres.
- point d'arrêt.
- profil dynamique de la courbe de freinage.
- sens de marche.
- vigilance du conducteur.
- fonctions auxiliaires (pantographe, commutation radio).

- Réaction

- avertissements acoustiques et optiques.
- freinage d'urgence en cas de violation de la loi de surveillance du mouvement ou si le conducteur n'acquiesce.

Christophe Bonaventure
- Affichage en cabine

- vitesse maximale (courbe de freinage).
- vitesse-but.
- distance-but.
- vitesse du train.

4.3.4.4 Vue du conducteur

La vitesse limite en « voie libre » est indiquée en chiffres noirs sur fond [vert](#), tandis que les limites inférieures sont indiquées en chiffres blancs sur fond noir et l'indication d'arrêt est indiquée par « 000 » sur fond [rouge](#). Sous cet [écran](#), se trouve le [tachymètre](#), qui indique la vitesse limite variant continuellement ainsi que la vitesse réelle. (La vitesse est mesurée par un tachymètre redondant avec une précision de 2 %.)

La variation autorisée entre la vitesse limite et la vitesse réelle dépend de la vitesse et est plus réduite à vitesse plus élevée. A titre indicatif, lorsque l'affichage de la vitesse limite indique 300 km/h, le système de bord déclenchera le freinage d'urgence à partir de 315 km/h.



Figure 27 le tachymètre du poste de pilotage Thalys

Au centre de la planche de bord d'une [cabine](#) de TGV, juste sous le [pare-brise](#), (Figure 27) il y a une double rangée d'afficheurs carrés ainsi que deux cadrans. Le cadran de droite représente le tachymètre.

Christophe Bonaventure

La double rangée d'afficheurs affiche les vitesses limites du canton en cours et des cantons suivants, sous la forme de nombres (en km/h) sur un fond de couleur codé.



Le conducteur est autorisé à rouler à la vitesse de 300 km/h.



Cette indication précise au mécanicien qu'il ne devra pas dépasser la vitesse de 220 km/h à l'entrée du canton suivant.



Cette indication ordonne au conducteur de ne pas dépasser la vitesse de 220 km/h à l'intérieur d'un canton.



Ralentissement à 160 Km/h.



Exécution 160 Km/h.



Ralentissement à 80 km/h.



Exécution 80 km/h.



Cette indication ordonne au conducteur de s'arrêter à l'entrée du prochain canton.

Les taux de vitesse affichés clignotent lorsque la vitesse à respecter dans le canton aval est plus restrictive, de manière à permettre au mécanicien d'anticiper l'action de freinage et d'entrer dans ce canton avec les freins déjà serrés.

Ainsi, l'information 270 clignotant indique d'une part au mécanicien qu'il doit entrer dans le canton suivant à une vitesse égale ou inférieure à 270 km/h.

Sur le tachymètre apparaissent, en fonction des circonstances, la vitesse-but, la vitesse autorisée instantanée, et la distance-but, la vitesse réelle et un témoin d'affichage douteux.



Vitesse plafond : vitesse maximale autorisée est 160 km/h. Les afficheurs allumés sont celui de la vitesse-but (nombre 160) et le bargraphe de la vitesse instantanée autorisée autour de l'indicateur de vitesse.



Réduction à 90 km/h à 2,7 km. On voit l'allumage du bargraphe de distance-but.



Indique que la vitesse instantanée autorisée va commencer à diminuer sur une courbe de freinage). L'origine de la zone à 90 km/h se trouve maintenant à 900 mètres.



La vitesse autorisée instantanée diminue; elle est ici de 112 km/h, et il reste 300 mètres pour atteindre les 90 km/h.



On se trouve maintenant dans la zone à 90 km/h. Fin de la zone à vitesse réduite de 90 km/h. On peut reprendre la vitesse à 160 km/h.

Christophe Bonaventure

Un générateur de sons fournit une indication sonore associée au type d'événement :

- « bip » accompagnant généralement tout changement d'information de la signalisation de cabine ;
- « tut » accompagnant « l'invitation à freiner » à l'approche des courbes de freinage ;
- « tut-tut-tut » cadencé permanent fournissant une alerte sonore ;
- « gong » simulant la sonorité du gong électromécanique de la T.B.L1, ce son est utilisé pour signaler le franchissement d'un signal vert détecté par une balise. Ou par le crocodile.

4.3.5 Transmission

- 100 kHz +/- 10 kHz (modulation FSK).
- 25 kbits/s.
- 119 bits utiles par télégramme pour la T.B.L2/3.
- 5 données décimales utiles sur 40 bits par télégramme pour la T.B.L1.

4.4 Le système français T.V.M.

4.4.1 Vue générale

Le système T.V.M ⁽¹⁾ est la solution apportée par la S.N.C.F au problème du contrôle des T.G.V. C'est le système de signalisation qui équipe les lignes à grande vitesse française mises en service depuis 1993.

Plus de 4 millions de kilomètres sont parcourus chaque mois en France avec la T.V.M 430, garantissant moins d'un retard de plus de 5 mn, tous les 2 millions de km.

La T.V.M est le seul système qui permet un espacement opérationnel entre les trains inférieur à 3 mn pour des vitesses supérieures à 300 km/h ; l'espacement technique minimal est inférieur à 2 mn 30 s à 300 km/h.

Trois versions se sont succédées : T.V.M 300, T.V.M 400 et T.V.M 430. Ce chapitre ne parle que de la T.V.M 430 qui est le système le plus récent.

Le premier système installé était le T.V.M 300 installée précédemment sur les lignes Paris-Sud-est et Atlantique. La T.V.M 430 constitue une amélioration de la T.V.M 300.

Le système T.V.M 430 est un système continu d'aide à la conduite qui contrôle en permanence l'évolution du train dans les normes requises de sécurité ; il permet un espacement opérationnel de 3 mn seulement entre chaque T.G.V à 320 km/h.

¹ Transmission Voie Machine

Christophe Bonaventure

Les différents systèmes T.V.M ont été implantés, moyennant quelques adaptations, sur de nouvelles lignes à travers le monde (Corée, Angleterre, Belgique) ils ont prouvé leur fiabilité et leur excellente disponibilité.

Il s'agit d'un système de transmission numérique qui a les avantages suivants :

- Haute capacité de transmission de données.
- Blocs d'antennes compacts, facilitant l'installation sous les bogies.

Le système T.V.M, comme le système belge, est composé de :

- une division des lignes en cantons.
- de l'équipement au sol.
- de l'équipement embarqué.

Les systèmes différents par le type de transmission.

4.4.2 Les transmissions

Je détaille cette partie car plus d'infos que pour le système belge.

La T.V.M 430 est un système qui utilise plusieurs modulations de basse fréquence d'une même fréquence porteuse (CdV) ⁽¹⁾, possédant ainsi une très grande richesse d'informations.

Il permet :

- De transmettre, outre la signalisation proprement dite, les données de profil et de distance-but indispensables à l'élaboration d'une courbe de contrôle « continu » de vitesse de forme parabolique ;
- De réserver l'avenir quant aux développements possibles du système T.G.V, en particulier permettre des vitesses plus élevées, le moment venu ;
- De supporter plusieurs « applications », tout en restant unique (L.G.V Nord, Tunnel sous la Manche...).

Ces transmissions reposent sur le principe de la circulation dans le rail d'un courant de signalisation, porteur de l'information, émis par un émetteur commun au circuit de voies et aux transmissions continues.

Ils existent deux types de transmissions continues :

- Le mode 1/p, correspond à une modulation carrée du courant de signalisation, et définit **une** information parmi **p** information possible (aujourd'hui obsolète).

¹ Circuit De Voie

Christophe Bonaventure

- Le mode n/p, correspond à une modulation de type sinusoïdale composée de 27 TBF ⁽²⁾, et définit **n** informations parmi **p** informations possibles. C'est informations définissent un mot au sens informatique de 27 bits.

Dans le mode n/p, l'information ponctuelle est transmise sous la forme de messages série à 4800 bauds sur deux fréquences porteuses à 125 KHz, émis dans deux boucles de câble installées à la voie. Les deux demi-messages émis sur les deux boucles associées forment un message unique et cohérent (si le code associé au message utile est reconnu correct par le système bord).

Ce type de transmission a une capacité d'au moins 8 éléments de 80 bits. Le nombre d'éléments transmis dépend de l'application d'une part et peut être variable au sein d'une même application d'autre part.

4.4.3 Structure d'un message

Le message de 27 bits, est formé de 6 bits de codage et de 21 bits utiles, peut être décomposé en 5 mots selon le format ci-dessous :

26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

3 bits	8 bits	6 bits	4 bits	6bits
0	1	2	3	4

² Très Basse Fréquence

Christophe Bonaventure

Les 5 mots ont les significations suivantes :

- 0= 3 bits d'adresse réseau soit $2^3 = 8$ possibilités dont 2 utilisées actuellement. Ceci permet d'identifier la ligne sur laquelle la T.V.M 430 est activé.
- 1= 8 bits de taux de vitesse ($2^8 = 256$ possibilités dont 158 utilisées). Ce mot définit une des 256 combinaisons possibles d'un triplet constitué de VC, VA, VE avec :

Vc : Vitesse de Consigne de fin du canton (affiché en cabine).

Va : Indication de la vitesse de consigne du canton suivant.

Ve : Vitesse plafond autorisée en entrée du canton.

- 2= 6 bits de distance but ($2^6 = 64$ possibilités dont 28 utilisées). Ce mot définit la distance but par pas de 25, 50, 100, 200 ou 400 m.
- 3= 4 bits de taux de déclivité ($2^4 = 16$ possibilités). Ce mot définit une déclivité en ‰ (- en rampe et + en pente) avec un pas de 2 à 10‰.
- 4= 6 bits de codage réservés à la détection des erreurs.

Christophe Bonaventure
Exemple:

FREQUENCE Hz	Vitesse Affichée (Km/h)	Type	Vitesse de contrôle (Km/h)
9,2	300	VL ⁽¹⁾	320
21,3	300	VL	320
23,5	300	VL VC	320
11,4	300	VL	320
13,6	300	VL CL ⁽²⁾	320
16,9	270	A ⁽³⁾	320

4.4.4 Détails techniques

4.4.5 Caractéristiques principales (T.V.M)

Transmission des données aux trains via les circuits de voie :

- Différentes fréquences porteuses (1,7 2,0 2,3 2,6) kHz ;
- Codes de vitesse à modulation FSK ⁽⁴⁾ ;
- 27 bits (T.V.M430) ;

Transmission des données aux trains par boucles inductives :

- T.V.M430 : signal à modulation PSK, 125 kHz, 170 bits ;
- Caractéristiques du train introduites à bord sur les locomotives des rames tractées empruntant le réseau Eurotunnel. Pas sur les rames T.G.V où des valeurs fixes sont utilisées ;

4.5 Transition entre la T.B.L Voie classique et au T.V.M Voie grande vitesse.

Description de la transition.

¹ Vitesse Limite de circulation.

² Indication prémonitoire clignotante.

³ Vitesse d'Annonce.

⁴ Modulation de Fréquence pour Déplacement (Frequency-Shift Keying).

Christophe Bonaventure

Etape 1 : Le train atteint la balise OUT_TBL. Il reçoit le message OUT_TBL et est désactivée.

Etape 2 : Le train atteint la ligne à grande vitesse. La T.V.M 430 reçoit un signal des circuits de voie codés.

Etape 3 : Le train atteint la boucle d'information ponctuelle et la T.V.M 430 reçoit le message E.C.S (1) qui active la cabine signal.

Etape 4 : Le train atteint la balise K.A.R (2). La TBL reçoit le message K.A.R et active alors le contrôle d'armement de la T.V.M 430 en envoyant une impulsion 200 ms. Le train est alors dans le mode cabine signal classique.

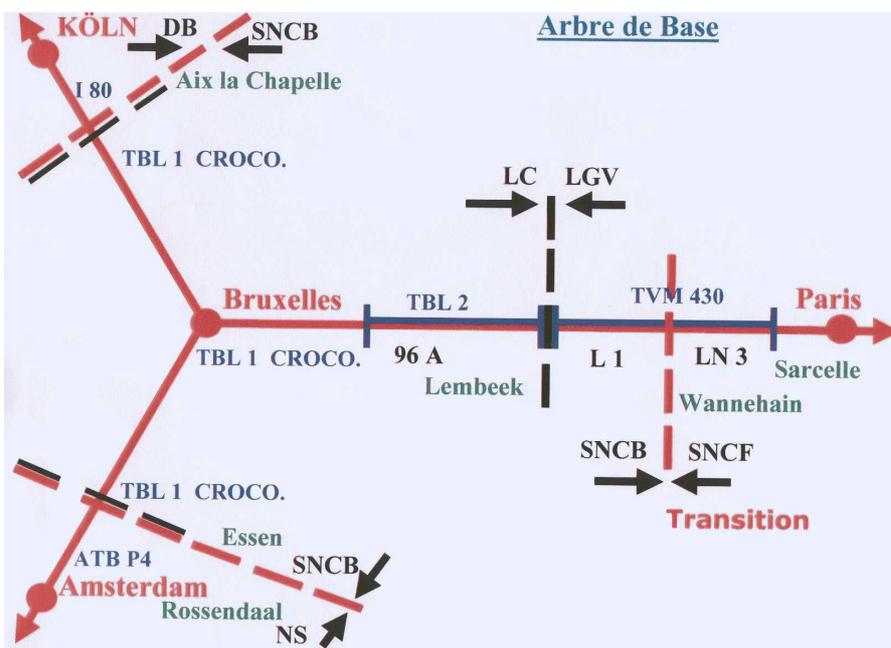


Figure 28 Cette image représente les zones de transitions sur ligne T.G.V et classique

Les lignes rouges sont les lignes classiques (Figure 28) équipées de TBL 1 (par crocodile) uniquement sur LC (3). Les lignes noires indiquent le segment de ligne à grande vitesse parcourue par la T.B.L 2 sur la L2 et également sur la L1 ou la T.B.L 2 est de mise en passant par la transition de la T.V.M 430 sur le réseau S.N.C.F.

Quand un train arrive sur une L.G.V en venant d'une ligne classique, ou au contraire la quitte, il passe au dessus d'une boucle au sol qui déclenche le [basculement](#) de l'[affichage](#) de bord vers le système de signalisation approprié. Par exemple, un train quittant une L.G.V pour une ligne classique belge voit son système d'affichage T.V.M désactivé tandis que le système traditionnel de contrôle de vitesse par balise T.B.L1 est activé.

1 Armement CAB-SIGNAL Simple Signalisation Voie 1.

2 Signal d'Activation du Contrôle d'Armement.

3 Ligne Classique

Christophe Bonaventure

4.6 Le système E.R.T.M.S.

Ceci est un nouveau système découlant d'une intégration à l'échelle européenne.

Le projet européen E.R.T.M.S (1) est conçu pour résoudre le problème d'interopérabilité des systèmes de signalisation des trains entre les différents chemins de fer en Europe.

L'inconvénient de ce nouveau système n'apporte pas à court terme d'avantage aux entreprises ferroviaires par rapport aux systèmes nationaux.

L'avantage du E.R.T.M.S permet de faciliter l'interopérabilité à partir du moment où il serait utilisé à large échelle en Europe.

4.6.1 Position du problème

Ces systèmes ne sont pas encore opérationnels aux vitesses considérées dans l'étude (200 km et plus). De tels systèmes seront certainement en exploitation lors du lancement de l'appel d'offres pour la réalisation de la ligne à grande vitesse entre Montréal et New York. Il y aura alors certainement lieu de les prendre en considération.

¹ European Railway Traffic Management System

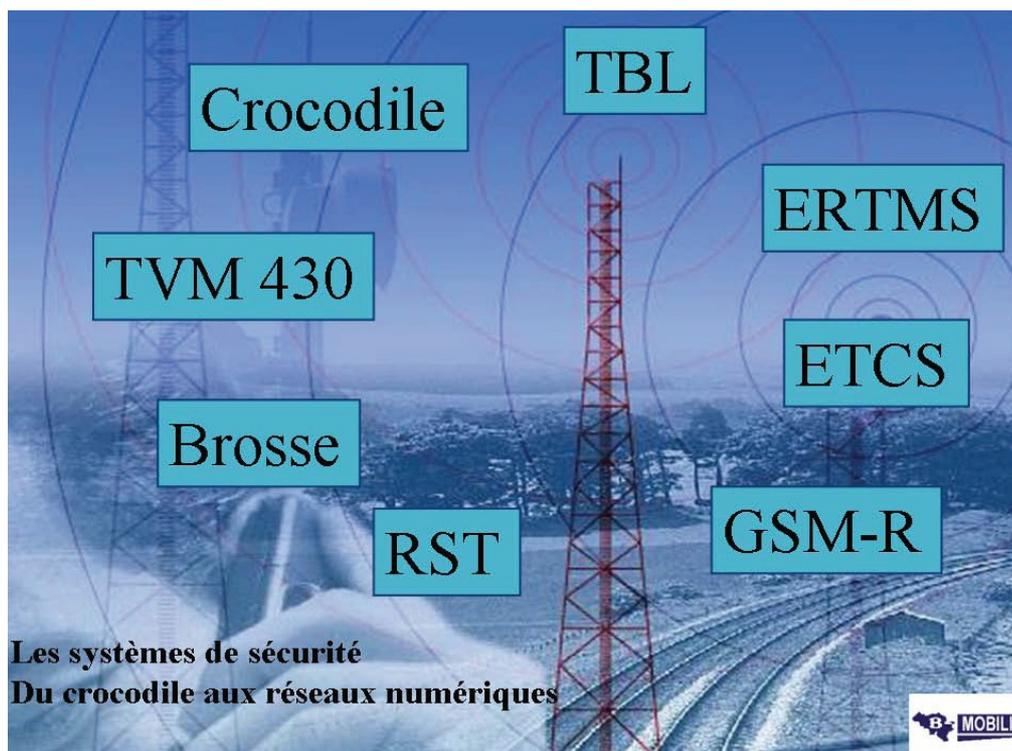


Figure 29 Tout les systèmes européens

Sur cette Figure 29 E.R.T.M.S ce système en cours de développement doit permettre, lorsqu'il équipera les lignes de différents réseaux européens, la circulation des trains sans contraintes liées à la signalisation E.R.T.M.S repose notamment sur une signalisation des cabines uniformisées.

Christophe Bonaventure
Ce système comprend trois niveaux :

ERTMS Niveau 1



- Superposé au système de signalisation existant
- Signalisation transmise via Eurobalises
- Intégrité du train et position via circuits de voie existants

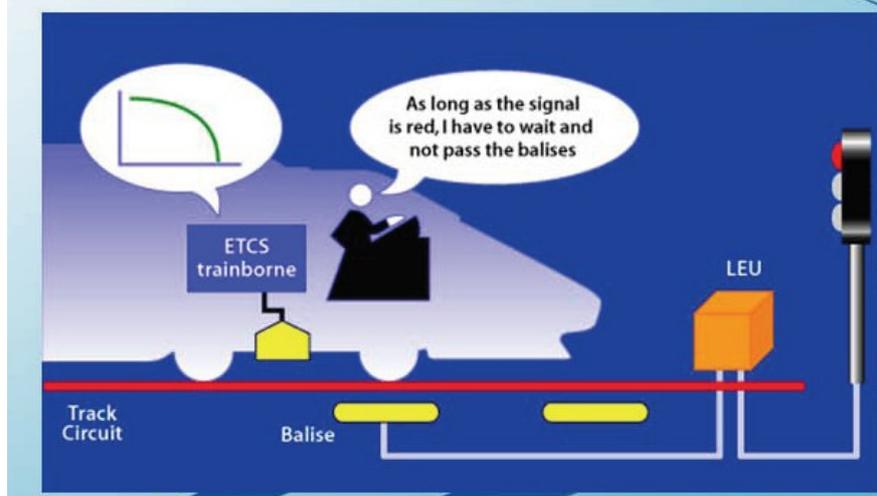
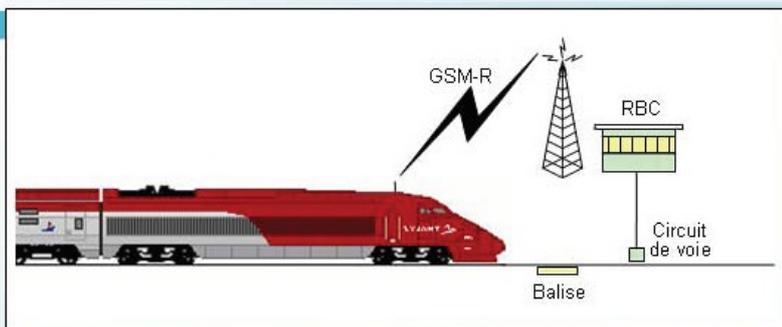


Figure 30 Nouveau système de trains par balise

Si le signal est rouge longtemps, dans ce cas, il faut attendre et interdiction de passer la balise jaune.

ERTMS Niveau 2



- Signalisation transmise par le RBC (Radio Block Centre) via GSM-R
- Eurobalises pour transmission de messages fixes
- Contrôle de l'intégrité du train via RBC

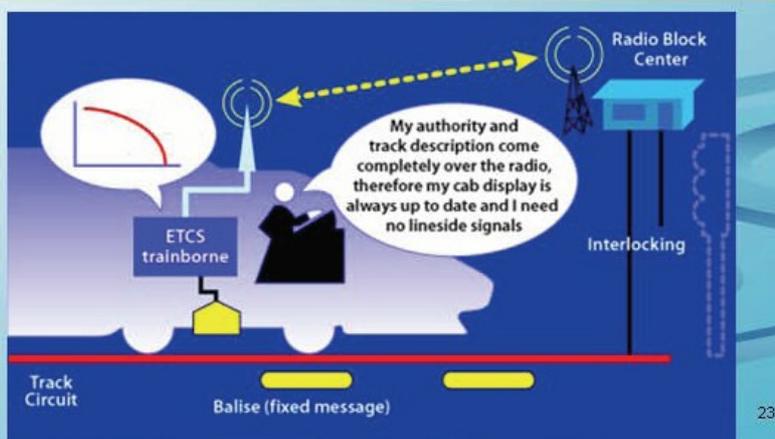


Figure 31 Signalisation par Radio Block Center (1)

Toutes les instructions officielles venant directement par radio, plus besoin de tableau de bord, ni de panneaux de signalisation.

¹ **R**adio **B**lock **C**enter est le centre de traitement au sol où sont effectués les calculs relatifs à la signalisation. Le train communique sa vitesse et sa position.

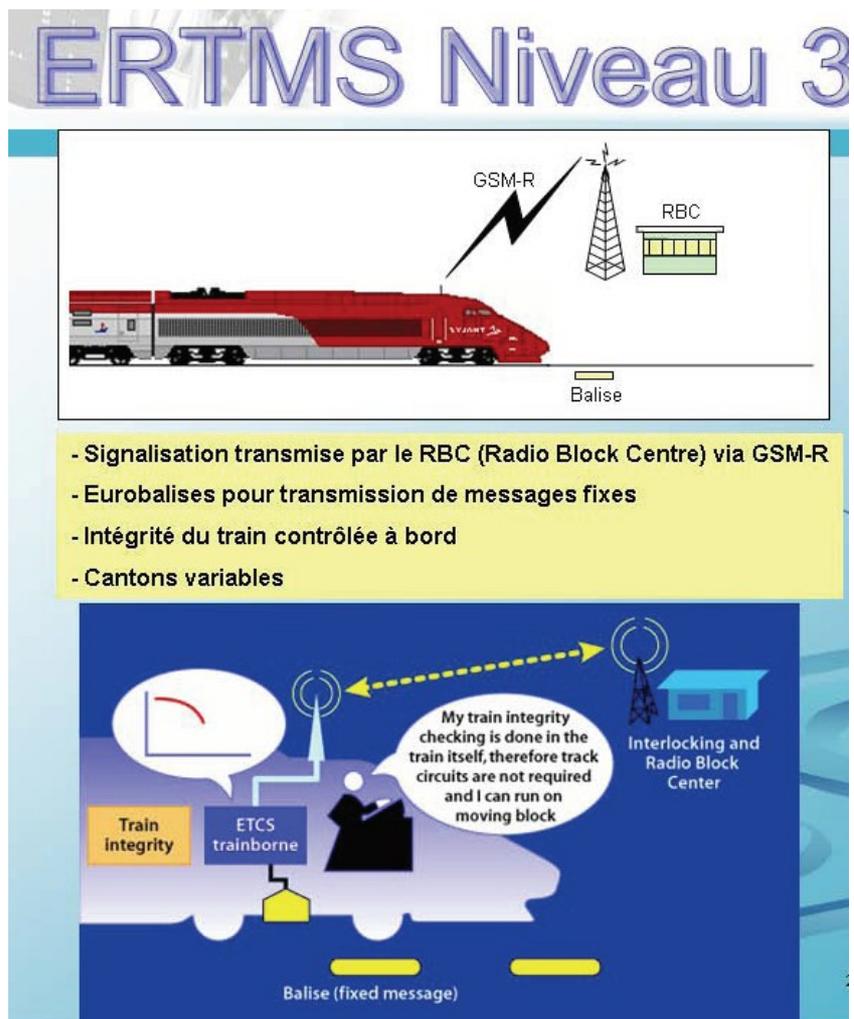


Figure 32 système d'Eurobalise (1) pour transmission de message fixes

Les trains ont leur propre système de contrôle. Il n'y a pas besoin de programme de destination. Tout est géré par informatique.

4.6.2 Conclusion

Dans le cadre d'une mobilité européenne, fin 2013, tous les corridors ferroviaires belges importants seront équipés du système E.R.T.M.S. Après 2013, le déploiement du E.R.T.M.S sur le réseau se poursuivra à raison de 300 km par an. Les pays qui participent actuellement au projet sont la France, l'Italie, l'Allemagne, Espagne, Pays Bas, Royaume Uni... d'autres vont bientôt arriver !

¹ Eurobalise : informations à une vitesse élevée, n'a lieu qu'aux endroits où sont installées les balises.

Christophe Bonaventure

5 CONCLUSION

Ce travail m'a permis:

- D'acquérir des connaissances supplémentaires.
- De confirmer et d'améliorer mon savoir au sujet des T.G.V.
- D'apprendre comment je peux utiliser les ressources mises à ma disposition (bibliographie, nomenclatures, documentations spécifiques...)

L'apparition du T.G.V est la résultante de voyager autrement (plus rapidement, avec plus de sécurité et de confort).

Les déplacements de villes en villes sont de ce fait améliorés, soit en gain de temps (avec sécurité), soit en gain du nombre de voyageurs avec un certain confort.

Le T.G.V apporte une autre opportunité pour les voyages de distance raisonnable, en concurrence avec l'avion. (Trois éléments sont à considérer) vitesse, confort, et le nombre de passagers, la balance est plutôt favorable au T.G.V avec le nouveau record de vitesse établi en France en 2007.

Pour assurer la viabilité du système.

Les différentes théories sont nombreuses, certaines sont réalistes, d'autres utopiques.

Exemple : avec l'apparition du record en France en 2007, il n'est toujours pas possible en août 2008 de réaliser des voyages commerciaux dans les conditions actuelles. La sécurité n'est pas assurée.

Avec le développement des nouvelles vitesses il est impératif d'avoir un système de transmission performant qui n'utilisera plus la signalisation lumineuse et visuelle (signaux non visibles) par le conducteur. D'où l'utilisation des systèmes T.B.L, TVM 430 sont d'application pour résoudre ce problème de vue. Le dispatching reçoit les informations de différentes bornes, analyse les situations et prend les dispositions qui s'imposent.

Dans l'avenir,

Les déplacements entre les grandes villes Européennes serait améliorés, si au lieu d'un système de contrôle propre à chaque état, on instaurerait comme prévu le système E.R.T.M.S qui a pour but d'uniformiser les réactions tant des conducteurs que des dispatcheurs.

6 Sources

6.1 Documents généraux

Canarail

Consultants ferroviaires

www.canarail.com

DAVROUX Thierry

La signalisation ferroviaire (Partie 5)

La signalisation en cabine et sur les lignes à grande vitesse

www.transurb.net/bal/signaux4.htm

DE NEEF David

Signalisation des LGV

www.belrail.be/F/tgv/signalisation.html

Ivory M.C.

World railway signals

http://www.geocities.com/mcivory2000/info_page.html

AnsaldoSTS

Grande vitesse

www.csee-transport.fr

GRANDE Steve

Trainweb

www.trainweb.org

STERLINGOT Philippe

Infrastructure TGV

www.sterlingot.com/TGV/infrastructure.html

JOSEPH Laurent

Wallonie en image de Trains

www.wallorail.be

DE NEEF David

Introduction rame TGV

www.belrail.be/F/tgv/thalys.html

K.Maxx

Photos de la CFL (Chemin de fer Luxembourgeois)

www.rail.lu

LARGE Eric

Amis du rail

<http://amisdurail.louhans.free.fr>

GTF

Trains touristiques

www.rail.be

Gabriel

Christophe Bonaventure
 Système pendulaire
http://fourga.free.fr/tgv/pend_princ.htm

SPF économie

Géographie physique
http://statbel.fgov.be/figures/d110_fr.asp#1

Journal du chemin de fer (20^{ème} année, novembre – décembre 2006)
 Rédiger par : Dirk Melkebeek

Magazine Train miniature (n°16 mars – avril 2001) rédiger par : Dirk Melkebeek

Magazine En ligne (n°84 avril 2008) rédiger par : Jean-Luc Vanderhaegen

Magazine Rail Passion (n°128 juin 2008) Editer par : Oliver Bertrand

6.2 Documents spécifiques S.N.C.B

Documents privés (propriété SNCB-SNCF-NS-DB reproduction interdite)

- Livret de dépannage TGV - PBKA chapitre 1 GENERALITES. Rubrique LD1/1/01 : DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES.
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 8 INFORMATIQUE ET ELECTRONIQUE DE COMMANDE. Rubrique LD1/8/02 : Unités de traitements.
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 8 INFORMATIQUE ET ELECTRONIQUE DE COMMANDE. Rubrique LD1/8/03 : Baie de commande électronique des unités de traitement motrice.
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 8 INFORMATIQUE ET ELECTRONIQUE DE COMMANDE. Rubrique LD1/8/04 : Baie de commande électronique des unités de traitement remorque.
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 8 INFORMATIQUE ET ELECTRONIQUE DE COMMANDE. Rubrique LD1/8/07 : Manuel utilisateur réseau train.
- TGV PBKA LD1 – LZB 80 – INDUSI 80 Rubrique 07.06/01/C
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 7 EQUIPEMENTS DE SECURITE. Rubrique LD1/7/05 : KVB
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 7 EQUIPEMENTS DE SECURITE. Rubrique LD1/7/01 : ATESS
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 7 EQUIPEMENTS DE SECURITE. Rubrique LD1/7/02 : TVM 430
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 7 EQUIPEMENTS DE SECURITE. Rubrique LD1/7/03 : BRS 390 - RPS

Christophe Bonaventure

- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 7 EQUIPEMENTS DE SECURITE. Rubrique LD1/7/04 : ATBL
- Livret de dépannage TGV – PBKA chapitre 7 EQUIPEMENTS DE SECURITE. Rubrique LD1/7/07 : VACMA
- Brochure de présentation : Le centre de maintenance pour trains à grande vitesse – Bruxelles. Référence : M.2B – AT TGV Forest
- Brochure de fonctionnalités de la TVM 430. Référence : 07.12/18/A1 TGV PBKA LD1
- Manuel d'utilisation à l'usage des conducteurs. Radio sol-train international. Référence : T10.42 AVIS 27 T / 1996.

6.3 Sites web consultés

www.sncb.be

www.mise-transport.com

www.belrail.be/F/tgv/images/bel_tgv.gif

www.french-wave.com/voyage/images/0504/carte-tgv-ligne.jpg

www.b-cargo.be

<http://yvaugois.free.fr/tgv/thalys-pbka/thalys%20pbka204306.jpg>

www.railspot.net

www.ibelgique.com

www.b-rail.be

www.b-rail.be/gsmr/F/popup_glossarium.htm#ERTMS

http://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_de_voie

6.4 Contacts personnels

Ingénieurs S.N.C.B

- Monsieur Edmond François Chef de Divisions d'INFRABEL Liège
- Monsieur Bernard Javaux Ingénieur du système embarqué.
- Monsieur Henrotin Dominique Ingénieur signalisation TGV.
- Monsieur Verhaeghe Marc Ingénieur Civil matériel roulant TGV.
- Monsieur Tourbach Ingénieur Informatique TGV
- Monsieur Lopez Carlos Collaborateur de Monsieur Tourbach
- Monsieur Guy Loffet 1^{er} Chef de Secteur Technique, formation des Conducteurs – Réglementation.
- Monsieur Smets Ingénieur de la CTC de liège.
- Monsieur Amirouch Rachid Ingénieur Industriel à l'atelier TGV de Forest
- Madame Bauwens Corine Ingénieur Consultante Bruxelles

Conducteurs de trains

- Monsieur Lallemand Ghislain Conducteur diesel et Président du musée de Kinkempois.
- Monsieur Detry Albert Annotateur Kinkempois et Conducteur diesel.
- Monsieur Dhamn Daniel Conducteur de train.
- Monsieur Thiemeyear René Conducteur THALYS + ICE (allemand)
- Monsieur Barbieux Hubert Conducteur de train.
- Monsieur Houry Conducteur de train.
- Monsieur Moers Thierry Conducteur de train.

Instructeurs S.N.C.B

- Monsieur Beaupain Marc Instructeur de Liège et Instructeur THALYS.
- Monsieur Lampertz Rudolf et Monsieur Moray Daniel 2 Instructeurs THALYS.

INFRABEL Secteur Assistant Informatique

- Monsieur Jean-luc Heyden Assistant Informatique Liège.
- Monsieur Lempereur Julien Assistant Informatique Liège.
- Monsieur Degeest Daniel Assistant Informatique Liège.

Christophe Bonaventure

- Monsieur Lelleux Christian Chef de bureau du Service Général Liège.

Chefs gardes et accompagnateurs

- Monsieur Auguste Chef de gare du secteur de Liège.
- Monsieur Soltiys Cédric Chef Adjoint de la tour de contrôle de Charleroi.
- Monsieur Paul Defays Accompagnateur Européen.

Direction des trains

- Madame Bultot Brigitte Direction des trains Bruxelles
- Monsieur Couchard Directeur du District SE.

Atelier TGV (Forest)

- Monsieur Demeyer Dani Responsable des visites de l'atelier TGV à Forest.
- Monsieur Plasman Frédéric Production TGV à l'atelier TGV.
- Monsieur Emanuel Viste Clarquiste à l'atelier TGV.

Cockerill-sambre

- Monsieur Freson Sous Directeur Cockerill-Sambre.

La société Française ALSTOM est une marque déposée¹

¹ Tous les logos qui apparaissent dans ce travail appartiennent à leur propriétaire respectif

Christophe Bonaventure

7 Annexe 1 - METHODOLOGIE

Position du problème

Sujet très technique, documentation peu vulgarisée, difficile d'accès, confidentielle...

Rassembler la documentation...

Tout d'abord j'ai pris mes ressources sur internet sur quelques sites très intéressants. Ensuite, j'ai pris l'initiative d'avoir eu beaucoup d'entretiens téléphoniques et d'agrandir mes relations au chemin de fer grâce à mon épreuve intégrée. Mon tout premier R.D.V s'est effectué avec Monsieur le chef de gare de Liège-Guillemins qui m'a montré le fonctionnement d'une gare par informatique. (Par ex. Comment toutes les annonces sont elles annoncées en gare et les trains circulant entre eux dans une gare uniquement ou dans un faisceau).

Le second R.D.V était avec Monsieur l'ingénieur de division de INFRABEL pour m'expliquer le fonctionnement du système embarqué et m'a dirigé vers le siège central de Bruxelles avec monsieur Guy Loffet 1^{er} chef secteur technique des Conducteurs. Pour des documents plus approfondis. Concernant la T.B.L 2.

J'ai pu également rassembler le plus de documentation sur le T.G.V en ayant eu accès au plus grand atelier de traction T.G.V de Belgique et d'avoir eu un R.D.V avec Mr Amirouch Rachid Ingénieur Industriel qui m'a épaulé et donné de la documentation très technique sur le système et le fonctionnement des machines T.G.V. Notamment sur les systèmes de transmission des données relatives aux T.G.V.

Toutes mes investigations, sauf quelques exceptions comme des lettres reçues cité ci-dessous. (Voir Figure 33 et Figure 34) ont toutes été effectuées par de nombreux contacts téléphoniques.

Mes recherches m'ont été très bénéfiques, et très complexes à obtenir. Cela m'a demandé énormément de temps et de patience. Ainsi j'ai pu acquérir de nombreuses connaissances et qui m'ont été très enrichissantes.

J'ai effectué un stage au sein du groupe INFRABEL Liège dans le cadre de mes études comme technicien en informatique. Ensuite, je leur ai expliqué ce que je faisais comme mémoire de fin d'étude. Et c'est à ce moment là que mon maître de stage a prit l'initiative de demander à son chef une demande d'accès au poste de conduite THALYS repris ci-dessous :

18/02 2008 11:15 FAX @001

**AUTORISATION DE PRENDRE PLACE DANS LA CABINE DE CONDUITE
POUR RAISONS DE SERVICE
PERMIS TR - X03**

Valable le	Du 18/02/08 au 28/03/08	N°	1287
Monsieur	Christophe BONAVENTURE		
Fonction	Stagiaire		
Entreprise	SNCB- CTC Liège		
Parcours	Réseau + TGV		
N° du train			

L'ingénieur en chef - chef de service ff,

ir. H. RADDoux

Copie : B-T&P 8, s. 57

1. Le détenteur est tenu de présenter cette autorisation au conducteur et d'inscrire au rapport journalier son nom, grade, unité administrative et le trajet à parcourir.
2. Le détenteur doit prendre place dans la cabine de conduite occupée par le conducteur, sauf avis contraire du conducteur.
3. L'accès à la cabine de conduite est défendu:
 - si la conduite est assurée par un conducteur en formation de base sous les directives du moniteur;
 - si deux personnes en plus du conducteur sont déjà présentes dans la cabine de conduite.

Seul un agent de maîtrise instruction de la Direction Trains a autorité pour déroger à cette règle.
4. En cours de route, le détenteur ne peut en aucun cas perturber le travail ou l'attention du conducteur.

Toute commission de l'interdiction pour les raisons ci-dessus énoncées entraîne la suspension de l'autorisation.

5. Le détenteur est tenu de veiller à sa propre sécurité. En aucun cas, il n'est déchargé de sa responsabilité personnelle.
6. Cette autorisation est valable comme titre de transport.
7. Sur simple demande du conducteur ou lors d'un contrôle éventuel, le porteur justifie son identité.
8. Ce document est à remettre au conducteur en fin de parcours.

Signature du détenteur,

Instruction pour le conducteur : le présent document est à joindre au M 510.

Figure 33 Autorisation Permis X03

Ceci est l'autorisation de prendre place dans le poste de conduite THALYS et également tous les trains de Belgique dans le cadre de mon épreuve intégrée.

A ma connaissance seuls deux étudiants belges ont obtenu cette autorisation.



Figure 34 Demande de R.D.V pour des renseignements sur la signalisation ferroviaire

Ceci est une demande pour approfondir mes connaissances au sujet de mon travail qui était la signalisation du chemin de fer, et qui a été modifié par le sujet suivant: Rame TGV et signalisation "aspect technique et informatique".

7.1 GLOSSAIRE



	: Société N ational des C hemins de fer B elge
	: Ancien sigle du chemin de fer Belge.
T.V.M :	Transmission V oie M achine
T.B.L :	Transmission B alise L ocomotive
U.M :	U nité M ultiple
T.G.V :	Train à G rande V itesse
T.G.V-A :	Train à G rande V itesse A tlantique
T.G.V-PSE :	Train à G rande V itesse P aris S ud- e st
T.V.M 430-R :	Transmission V oie M achine application R éseau
P.L.P :	P oste de L igne P rogrammé
K.V.B :	Contrôle de vitesse par balise
A.T.B :	Système de signalisation néerlandais
A.T.B-N.G :	Version plus récente de l'ATB
MEMOR :	Système de répétition des signaux belge
T.B.L :	Transmission B alise L ocomotive
InduSi :	Système de signalisation allemand
L.Z.B :	Système allemand pour lignes à grande vitesse
A.W.S :	Système de signalisation britannique
T.P.W.S :	Système d'alerte qui complète l'AWS
C.F.3.V :	C hemins de F er des 3 V allées.
C.D.V :	C ircuit D e V oie
A.T :	A ccident du T rain
B.T :	B asse T ension
L.G.V :	Ligne à G rande V itesse
V.A :	V eille A utomatique
T.G.V :	Train à G rande V itesse
E.T.C.S :	E uropean R ailway T rafic M anagement S ystem