

LE TRANSPORT FERROVIAIRE ET LA SIGNALISATION

Evolution des modifications		
V1 document de base		21/04/04

BIBLIOGRAPHIE

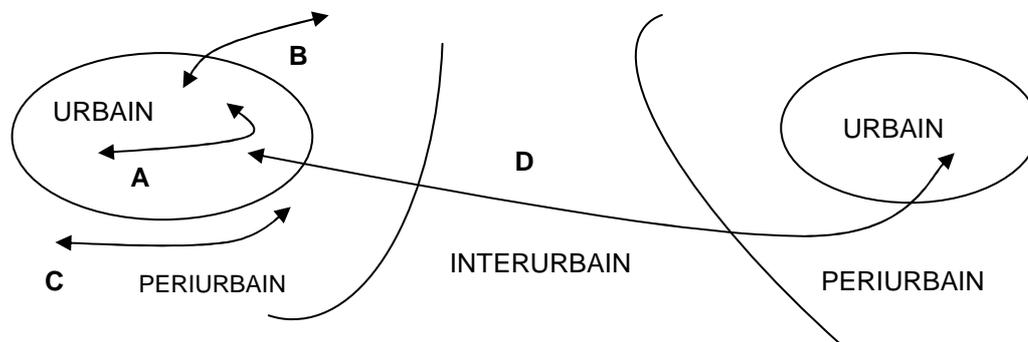
- Usine Nouvelle
- Rapports d'activités de la FIF
- Revue de presse de la FIF
- La Vie du Rail
- Revue Générale des Chemins de Fer
- Le Moniteur des travaux Publics

SOMMAIRE

1	GENERALITES	3
1.1	Les principaux modes de transport collectifs terrestres existants	3
1.1.1	Les cibles pour chacun de ces modes de transport	4
1.1.2	La signalisation associée à chacun de ces modes de transport	5
1.2	Statistiques ferroviaires en France et à l'étranger	5
1.2.1	Les Grandes Lignes	5
1.2.2	Les Transports urbains	7
1.2.3	Le Chiffre d'affaire « déclaré » des industries ferroviaires françaises	8
1.2.4	Le marché mondial de la signalisation	8
1.2.5	Les principaux concurrents mondiaux en signalisation	9
2	LA SIGNALISATION FERROVIAIRE	10
2.1	Objectifs fondamentaux	10
2.2	Moyens pour y parvenir	10
2.2.1	Espacement des trains	10
2.2.2	Détection des trains	10
2.2.3	Enclenchements	11
2.2.4	Vitesse des trains	11
2.2.5	Gestion du trafic	11
3	LES GRANDS SECTEURS DE LA SIGNALISATION.....	11
3.1	Les systèmes ATS de Supervision	12
3.1.1	Le principe des ATS	12
3.1.2	Le marché des ATS	12
3.2	Les systèmes ATC de Contrôle Commande	12
3.2.1	Le principe des ATC	12
3.2.2	Classification des différents niveaux d'exploitation des trains	12
3.2.3	Synthèse des fonctions réalisées	13
3.2.4	Multiplicité des systèmes ATC existants en Europe	15
3.2.5	Mise en place progressive du nouveau système ETCS/ERTMS	16
3.2.6	Le marché des ATC.....	17
3.3	Les systèmes IXL d'enclenchements	17
3.3.1	Les principales fonctions	17
3.3.2	Historique de la commande des signaux et des aiguillages, et ses évolutions	17
3.3.3	Le marché des enclenchements	18
3.4	Les produits de signalisation	21
3.4.1	La détection des trains	21
3.4.2	Les mécanismes de manœuvre d'aiguille	22
3.4.3	Les mécanismes de passages à niveau	22
3.4.4	Les signaux	23
3.4.5	Les relais électromécaniques de sécurité	23
3.4.6	Les différents autres équipements de sécurités	23
3.4.7	Les nouveaux systèmes demandés	24
3.4.8	Marché des produits de signalisation	24
3.4.9	Parts de marché réparties entre les différents concurrents	24
3.5	La spécificité des systèmes informatiques de sécurités	25
3.5.1	Le traitement en sécurité	25
3.5.2	La sécurité en matière informatique ferroviaire	25
4	EVOLUTION DES ACTIVITES DE SIGNALISATION	26
4.1	Évolution des technologies	26
4.2	EVOLUTION DU PAYSAGE DE LA SIGNALISATION (au plan mondial)	26
4.2.1	Principaux acteurs en présence	26
4.2.2	Positionnements respectifs des principaux signalisateurs actuels	27
4.2.3	Evolution du paysage de la signalisation et de ses acteurs	27
4.3	Résumé	28

1 GENERALITES

1.1 LES PRINCIPAUX MODES DE TRANSPORT COLLECTIFS TERRESTRES EXISTANTS



	URBAIN URBAIN	URBAIN PERIURBAIN	PERIURBAIN PERIURBAIN	INTERURBAIN
Bus classique	A	B	C	
Bus en site propre	A	B	C	
Bus guidé	A	B	C	
TVR(Transport sur voies réservées)	A	B	C	
Tramway classique	A	B	C	
Tramway d'interconnexion Type 1 (Tram-Train)	A	B	C	
Tramway d'interconnexion Type 2 (Tram-Train)	A	B	C	
VAL	A	B	C	
Métro	A	B	C	
RER (Réseau Express Régional)		B	C	D
TER(Train Express Régional)			C	D
TGV				D

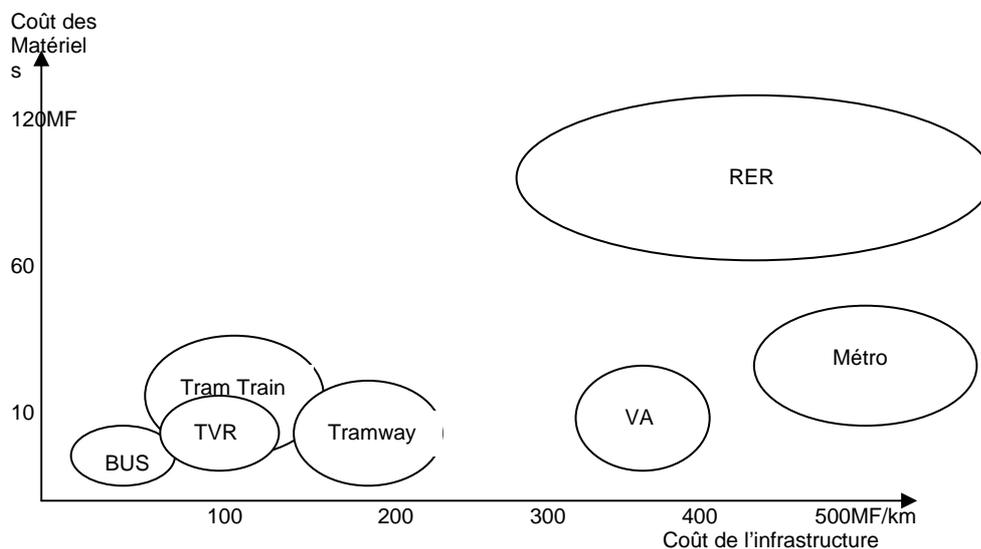
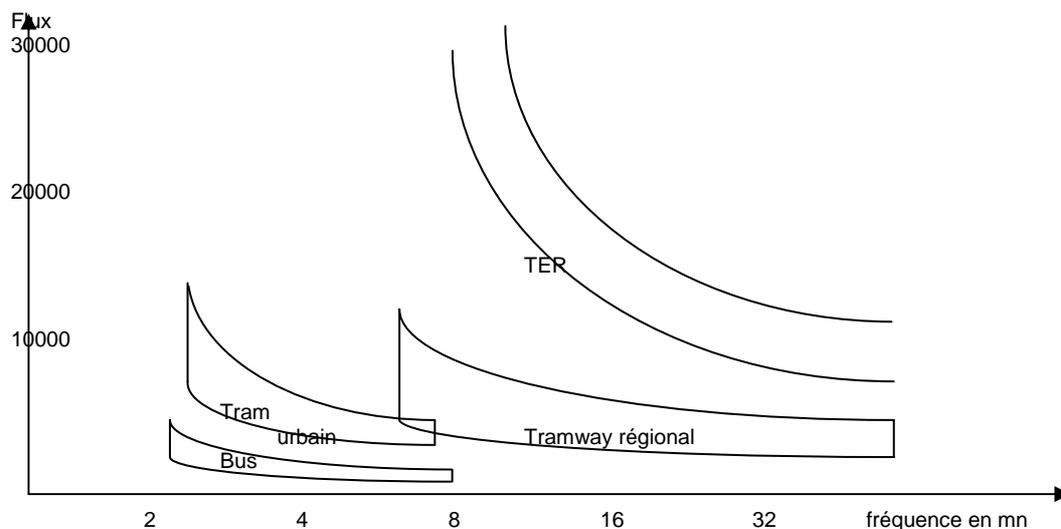
La mobilité des personnes et des biens est devenue un des axes prioritaires du développement des collectivités locales ; en particulier pour permettre les flux entre les zones habitées et les emplois diffus en périphérie.

Les voitures individuelles polluent et saturent les échanges, c'est pourquoi les villes cherchent de plus en plus des solutions faisant appel aux transports collectifs et cet objectif devient un sujet de compétition entre les villes et un moyen aux élus de se faire réélire.

Le mode de transport ferroviaire est pertinent mais il doit s'adapter au périurbain pour être attractif et peu onéreux :

- matériel roulant innovant,
- renforcement de dessertes,
- modernisation des gares,
- amélioration de l'intermodalité,
- tarification intégrée...

1.1.1 Les cibles pour chacun de ces modes de transport



Résumé sur les différents modes de transports collectifs terrestres :

source: la vie du Rail hors série 1996 et le Moniteur de 12/98	Capacité maximum par sens et par heure	intervalle minimum entre circulation	Coût infrastructure au Km en MF	Coût des matériels en MF
Bus en site propre	2400	2 mn	50	1,5
TVR (Transport sur voies Réservées)	3000	4mn	59-62	10
TRAM	2-5400	3 à 4 mn	100-217	15-30
Tram-Train	mixte	4 à 10 mn	50-60	15-30
VAL	8-16000	70 sec	290-350	15-30
Métro	10-40000	85 sec	400-600	24-51
RER	22-60000	2,3 mn	100-600	64-120

1.1.2 La signalisation associée à chacun de ces modes de transport

		SIGNALISATION	
BUS	Bus classique	Type Signalisation Routière (conduite à vue)	
	Bus en site propre		
	Bus guidé		
TVR	TVR (Transport sur Voies Réservées)		
Tramway	Tramway classique		Signalisation Ferroviaire (de l'aide à la conduite jusqu'à l'automatisme total)
	Tramway d'interconnexion Type 1 (Tram-Train)		
Ferroviaire	Tramway d'interconnexion Type 2 (Tram-Train)		
	VAL		
	Métro		
	RER		
	TER (Train Express Régional)		
	TGV		
		Grand Débit	
		Grande et Très Grande vitesse	

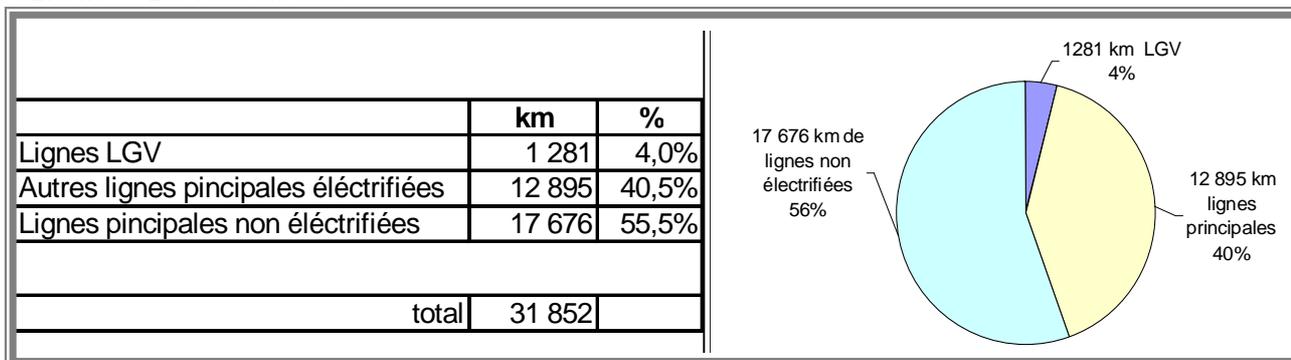
1.2 STATISTIQUES FERROVIAIRES EN FRANCE ET A L'ETRANGER

1.2.1 Les Grandes Lignes

1.2.1.1 En France

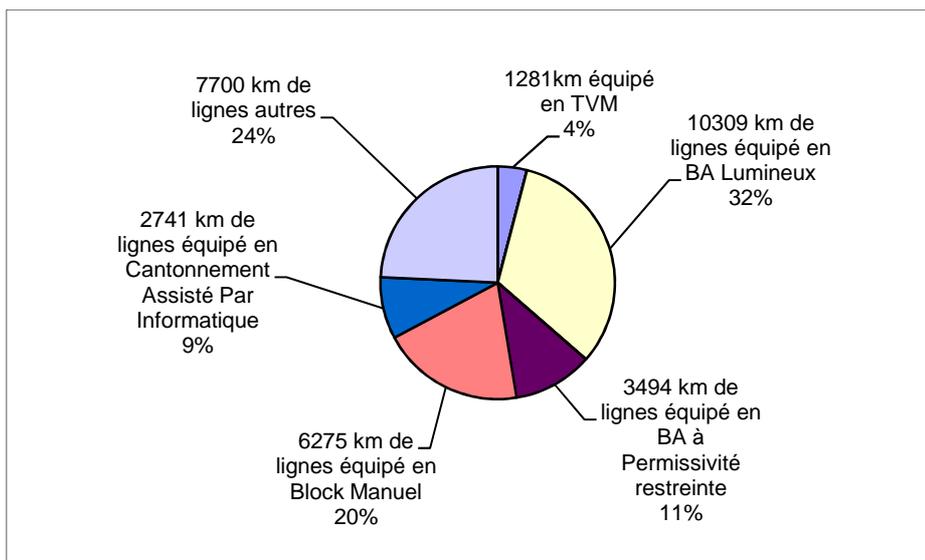
Caractéristiques des infrastructures du réseau français (RFF) :

1.2.1.1.1 Les voies ferrées :



1.2.1.1.2 Les équipements de signalisation

	km	
Lignes équipées de TVM	1 281	
Lignes équipées de Blocs Automatiques	13 791	comprenant : 10 394 km en BAL et 3 397km en BAPR
Lignes équipées de Blocs Manuels	6 125	
	unité	
Balises KVB	132 513	
Systèmes d'enclenchements	2 283	dont : 1260 électromécaniques et 15 électroniques
Passages à niveaux	19 918	dont : 11 179 automatique



1.2.1.1.3 Les matériels roulants (source SNCF)

matériel TGV	324	rames	324
		loco électrique	2219
matériel traction	5251	loco diesel	1811
		loco tracteur	1221
		turbo train	14
matériel GL	5457	voitures rapides	5000
		voitures lit-restaurant	183
		fourgons	260
		voitures	1782
matériel Région	3853	turbotrain	8
		automotrices	633
		autorail	1430
Service IdF	3634	voiture	1125
		automotrice électrique	2509
FRET	126398	wagons propres	59136
		wagons privés ou loués	67262
nombre total de véhicules			144917

1.2.1.1.4 Les bâtiments (source SNCF)

2445 gares
38 418 ponts et passerelles
53 574 petits ouvrages le long des voies
1681 tunnels pour une longueur totale de 655 km

La SNCF transporte chaque jour :

- 755 000 voyageurs sur le réseau principal et 1 394 000 voyageurs sur le réseau IdF ;
- 351 000 tonnes de FRET

1.2.1.1.5 Le mode de financement des projets

Source RGCF 98	ETAT	Autorité Organisatrice	Communes	SNCF	RFF
Parking		X	X		
Gares	X	X	X	X	
Matériel Roulant	X	X		X	
Infrastructure	X	X			X

Les élus, devenus des autorités organisatrices, demandent désormais des comptes à la SNCF sur la qualité du service et sur les coûts avec pénalités ou primes suivant leurs résultats.

1.2.1.2 Dans le monde

(source UIC)

	longuer de lignes en km		Matériel roulant en unité			Voyageurs transportés	Marchandise transportée
	normales	dont électrifiées	locomotives et locotracteurs	Automotrices	wagons	par an en millions	par an en millions
France	31 423	14 188	5 006	2 123	48 330	850	136
Europe	212 712	164 597	42 731	25 252	1 543 230	9 087	2 931
Afrique	23 291	12 852	7 241	140	87 773	2 011	312
Amérique	249 973	884	20 870	44	581 825	36	1 565
Asie	70 873	49 380	29 593	5 711	927 845	15 351	2 338
Total	556 849	227 713	100 435	31 147	3 140 673	26 485	7 146

1.2.2 Les Transports urbains

1.2.2.1 En France

Villes	RER			Métro			Tram	Remarques
	voie double en km	point d'arrêt	gare	voie double en km	point d'arrêt	gare	en km	
Paris	366	66	65	201,5	372	294	20,4	Métro sans conducteur (Matra): ligne 14-Météor et Orly-Val
Lyon				30,3				Métro sans conducteur (Matra): ligne C Magaly
Marseille				19,7			3	
Grenoble							18,7	
Lille				28,7			22	Métro sans conducteur (Matra)
Rouen							15,1	
Strasbourg							14,7	
Nantes							27,5	
St Etienne							9,3	
Toulouse				10				Métro sans conducteur (Matra)
Montpellier								
Total	366	66	65	290,2	372	294	130,7	

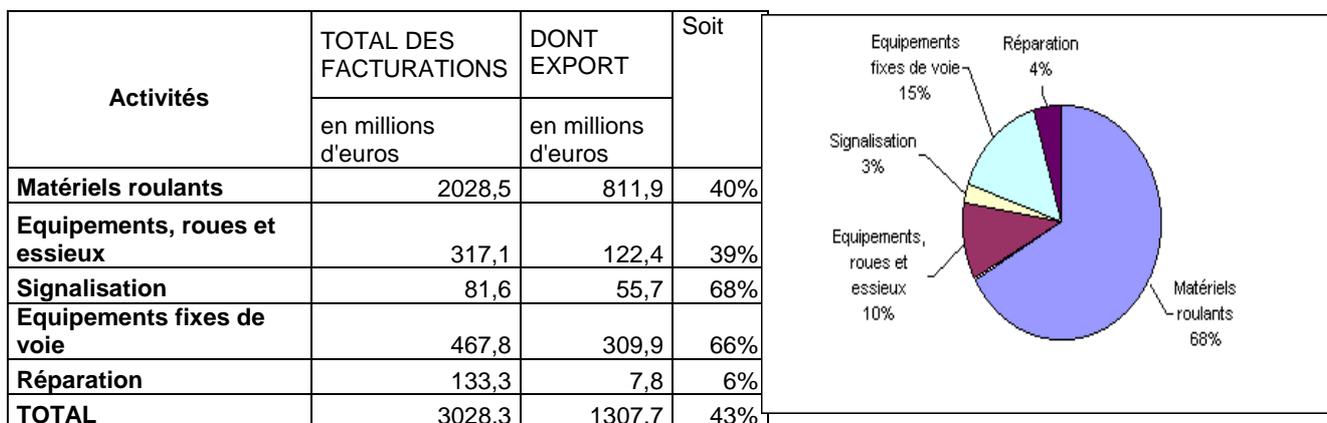
1.2.2.2 Dans le monde

A compléter

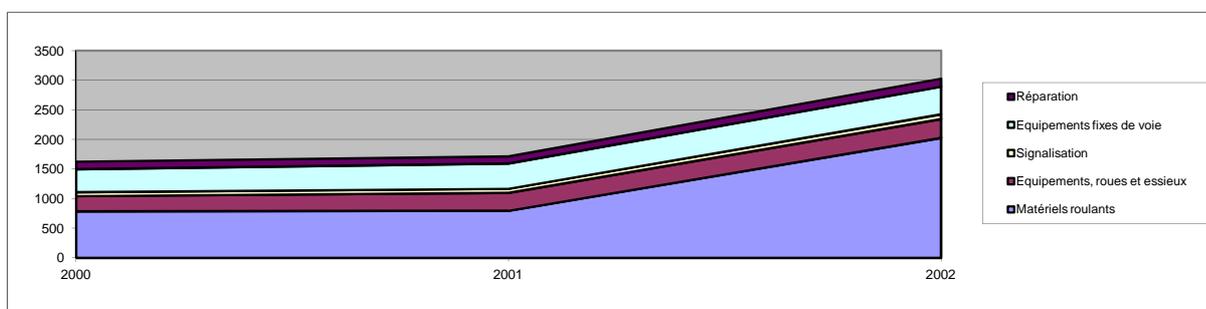
1.2.3 Le Chiffre d'affaire « déclaré » des industries ferroviaires françaises

Source FIF

Année 2002



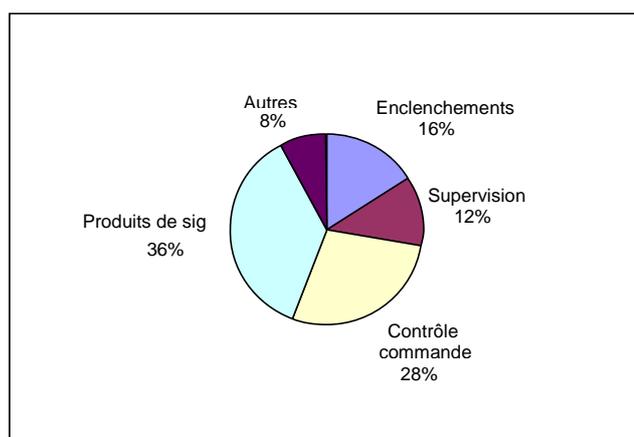
Evolution du CA par activité



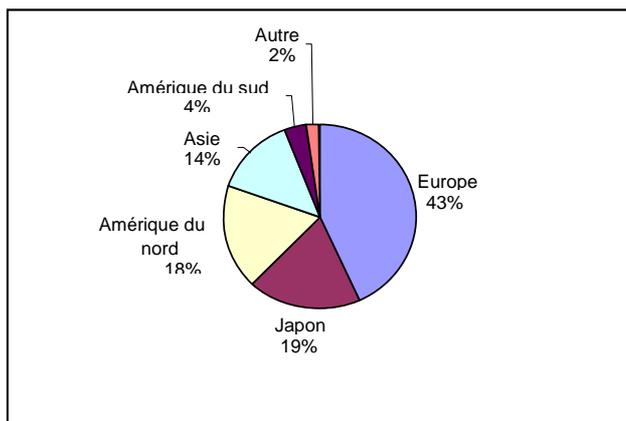
1.2.4 Le marché mondial de la signalisation

Montant du marché mondial de la signalisation = 3 900 M Euros

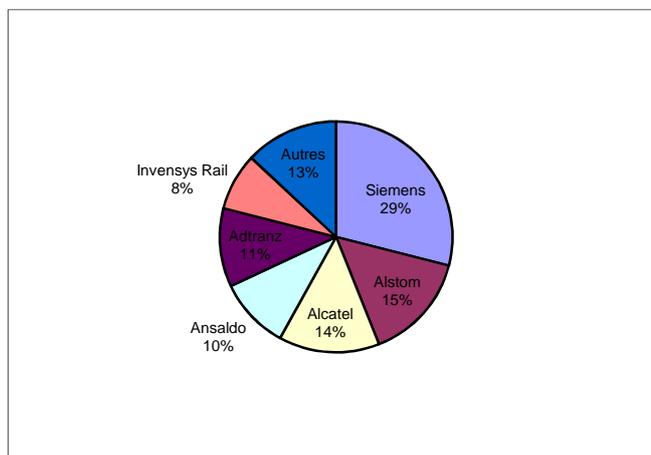
1.2.4.1 Répartition par type d'activité :



1.2.4.2 Répartition de la signalisation par pays :



1.2.4.3 Décomposition par fournisseurs de signalisation :



1.2.5 Les principaux concurrents mondiaux en signalisation

	CA en Meuros	Nb de personnes	Dernières affaires principales obtenues
ALSTOM	300	2800	
SIEMENS	650	4000	Canarsie line CBTS / USA Tseung Kwan / Hong Kong Associé à Matra
Invensys Rail	331	2640	SMRT ATSS Singapour
ANSALDO	332	2368	DART USA Passages à niveaux USA
HARMON	250	2000	Toronto USA Décteur de Boites chaude Mexico
ALCATEL	272	1760	KCRC West line Hong Kong BDZ ERTMS Bulgarie IXL Finland
ADTranz	240	3000	Métro de Barcelone
GE Harris	150	450	Activité signalisation mise en vente en juillet 2000

2 LA SIGNALISATION FERROVIAIRE

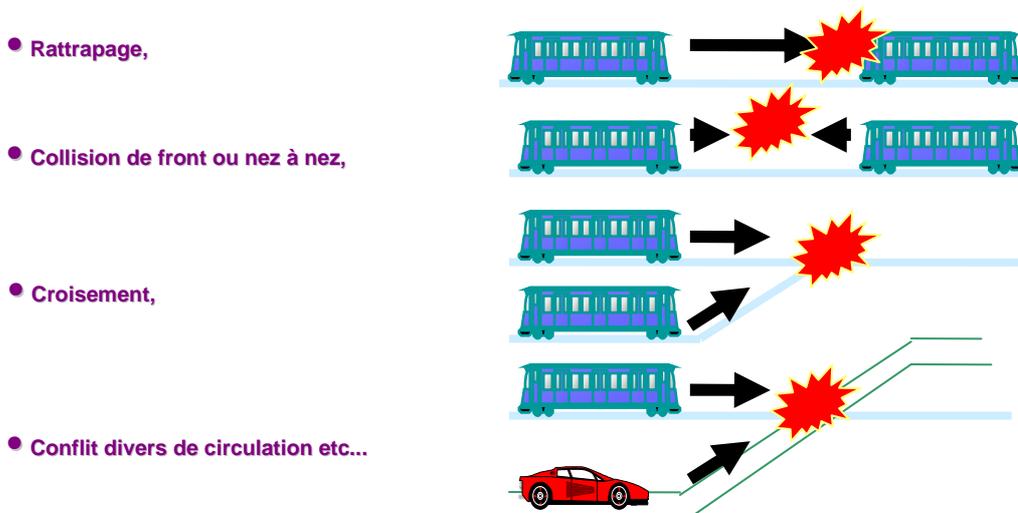
2.1 OBJECTIFS FONDAMENTAUX

- Assurer la sécurité des personnes et des biens
- Réduire les coûts d'exploitation
- Améliorer le service (ponctualité, information,...)

Pour ce faire il convient de gérer l'espacement des trains, leur circulation (itinéraire, sens, vitesse) et le franchissement d'obstacles (croisement, passage à niveau...).

Les équipements de signalisation doivent dans tous les cas permettre d'éviter :

- les déraillements (due par exemple à une vitesse excessive et non conforme aux consignes)
- les situations suivantes :



La réduction des coûts passe par une parfaite maîtrise des circulations et une optimisation du trafic : horaires, débits, intervalles...

L'amélioration du service correspond à une bonne adéquation du trafic au besoin, au respect des horaires et à une bonne information délivrée aux voyageurs.

2.2 MOYENS POUR Y PARVENIR

2.2.1 Espacement des trains

2.2.1.1 Espacement par le temps

Laisser suffisamment de temps entre 2 trains (mais optimisation du trafic non assurée)

2.2.1.2 Espacement par la distance

- Cantonnement téléphonique
- Bâton pilote
- Block Manuel : l'agent en gare agit sur un signal par l'intermédiaire d'un bouton poussoir (BP),
- Block Automatique(BA) : la voie est divisée en cantons et la présence des trains est détectée, elle agit automatiquement sur le feu (rouge) en amont du canton et sur le feu (orange) du canton précédent.
 - Block Automatique Lumineux (BAL) ; exemple : 1 train toutes les 3 mn à 160 km/h
 - Block Automatique à Permissivité Restreinte (BAPR)

2.2.2 Détection des trains

- Pédale de passage (orienté ou non)
- Circuits de voie (détection permanente)
- Compteur d'essieux

2.2.3 Enclenchements

Création et réservation d'itinéraires puis libération de l'itinéraire au fur et à mesure de l'avancement du train.

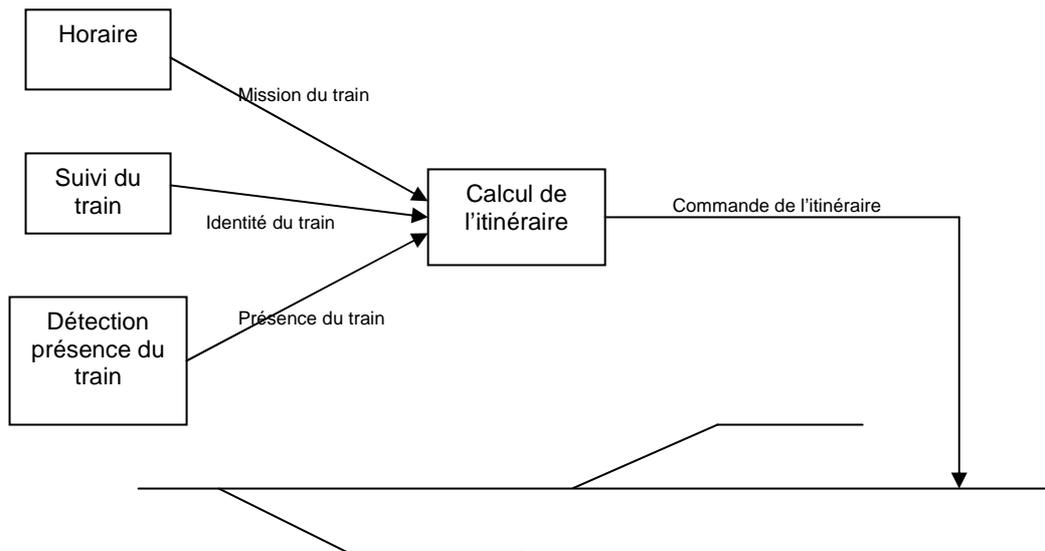
2.2.4 Vitesse des trains

Dépend :

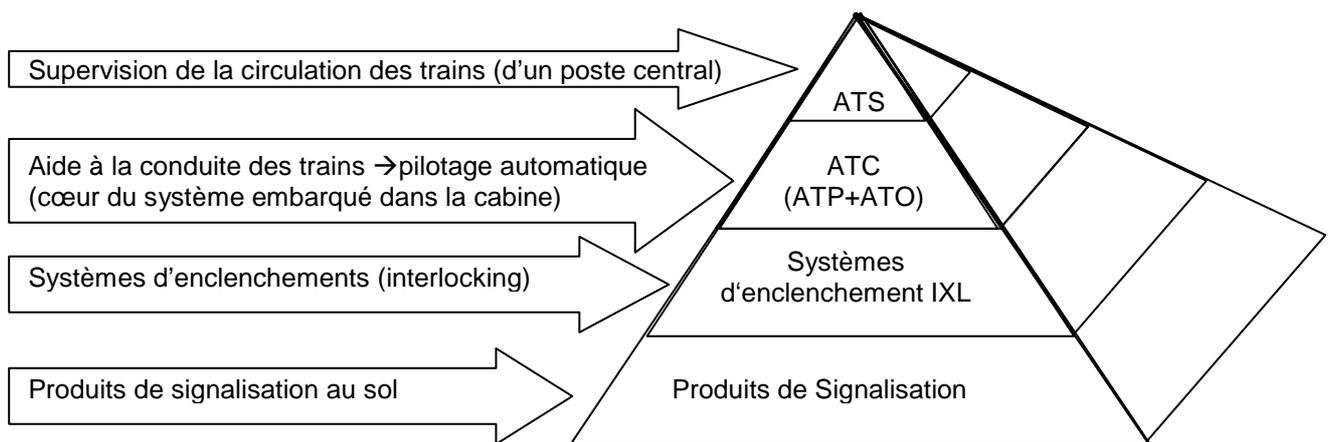
- De la géométrie de la voie
- Du type de train, de sa longueur, de son poids
- Des différents événements et obstacles...

2.2.5 Gestion du trafic

Elle répond à des **principes généraux** et elle est assurée suivant le schéma suivant :



3 LES GRANDS SECTEURS DE LA SIGNALISATION



3.1 LES SYSTEMES ATS DE SUPERVISION

3.1.1 Le principe des ATS

Le système Automatic Train Supervision permet de visualiser d'un centre de contrôle, l'ensemble des mouvements des trains afin d'assurer le suivi et la gestion du trafic ainsi que d'autres fonctions comme la simulation, la planification des mouvements, les tables horaires, les graphes espace-temps, la télésurveillance et le contrôle de la chaîne de traction...



3.1.2 Le marché des ATS

Actuellement en France :

- sur les grandes lignes, le marché total de 25 MEuros (sur 5 ans) se répartit entre 80 % Alstom avec les modules et 20 % SEMA avec MISTRAL
- sur les lignes à grand trafic, le marché total de 15 MEuros (sur 5 ans) se répartit entre 42 % SEMA, 31 % CSEE, 6 % ALSTOM et 21 % de divers ; le PCC de la ligne 4 a été attribué à SEMA et celui des lignes 9&12 ont été attribuées à STERIA ; les 12 lignes restantes sont à équiper pour un total de 50MEuros avant 10 ans.

3.2 LES SYSTEMES ATC DE CONTROLE COMMANDE

3.2.1 Le principe des ATC

Le système Automatic Train Control, c'est-à-dire le **contrôle commande** (automatique) de la marche des trains correspond à une "révolution" technologique profonde permettant d'unifier et de normaliser l'ensemble des réseaux européens.



3.2.2 Classification des différents niveaux d'exploitation des trains

L'**Automatic Train Protection (ATP)** qui assure le **contrôle** et la protection automatique des convois (action sur la conduite si et seulement si, les contraintes imposées ne sont pas respectées : en particulier, sur la vitesse par rapport aux obstacles).

3.2.2.1 Les systèmes de base

- Levier mécanique
- Le crocodile : le frotteur collecte le signal (qui dépend de l'état du signal) et transmet un bip en cabine. Si le conducteur n'acquiesce pas le signal sur un BP, l'ATP embarqué déclenche le Freinage d'Urgence (FU)
- L'homme mort : en cabine le conducteur doit actionner régulièrement un dispositif mécanique sinon le frein d'urgence (FU) est déclenché.

3.2.2.2 Le contrôle de vitesse par palier

La voie est découpée en cantons avec des consignes de vitesses ; l'ATP-bord reçoit le signal correspondant à la zone sur laquelle le train se trouve. La vitesse maximum autorisée s'affiche en cabine et le système contrôle la vitesse réelle ; si elle est supérieure l'ATP déclenche le FU.

3.2.2.3 Le contrôle de vitesse à point but

- Le contrôle de vitesse à point but à transmission ponctuelle type KVB ou TBL.
- Le contrôle de vitesse à point but à transmission semi continue de type TBL. ou KVB avec réouverture
- Le contrôle de vitesse à point but à transmission continue de type SACEM

L'**Automatic Train Control (ATC)** qui assure la **commande** automatique de la marche des trains : la vitesse maximum autorisée est indiquée en cabine ; le mécanicien peut conduire en respectant ces contraintes ou confier la régulation de la vitesse au système de contrôle commande (conduite automatique). C'est ce système qui est préconisé pour la grande vitesse, la signalisation devant être de sécurité.

L'**Automatic Train Operation (ATO)** qui permet le pilotage automatique des trains

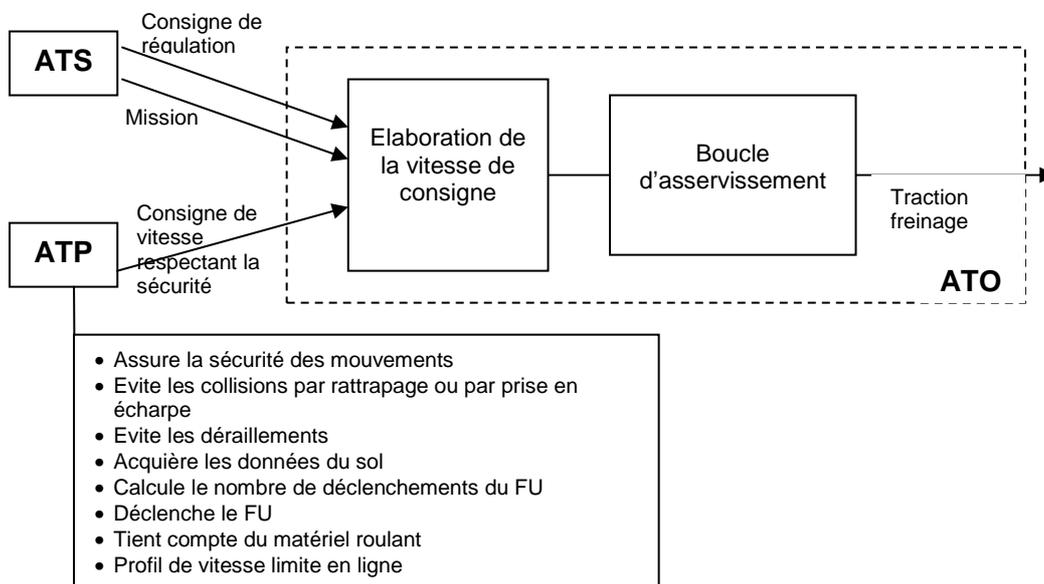
3.2.3 Synthèse des fonctions réalisées

		ATP		ATC	
		Contrôle Commande			
		automatique de la marche des trains		automatique de la marche des trains avec localisation des convois	
		Sans sécurité absolue	Avec sécurité absolue	Conventionnelle par dispositif au sol	Réalisée par le véhicule
Niveau d'application ETCS / ERTMS		1.0	1	2	3
Signalisation	continu en cabine			X	X
	sur tronçon surveillé		X		
	latérale	X	(X)		
Transmission de données	continue			X	X
	quasi continue	(X)	(X)		
	ponctuelle	X	X	X	X
Localisation et intégrité	embarqué				X
	au sol	X	X	X	
Cantonement	mobile				X
	fixe	X	X	X	
Description		Aide à la conduite <ul style="list-style-type: none"> • Complète les signaux en voie • Apporte une information au mécanicien • Contrôle son action • Intervient si le mécanicien ne respecte pas les consignes 		Contrôle et commande automatique <ul style="list-style-type: none"> • Vitesse maxi indiquée en cabine • Le mécanicien peut soit rester sous la vitesse requise soit se mettre en fonctionnement automatique (régulation) • L'information et la commande doivent être fiables : la sécurité absolue est nécessaire 	
Classement des principaux systèmes existant en France		RPS	KVB SACEM	TVM	
	Validé En cours d'installation				ASTREE ERTMS

Classification des différents niveaux

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Pilotage automatique			X
gestion des modes dégradés			X
Communications audio-vidéo continus			X
gestion des diagnostics et de la maintenance		X	X
Contrôle des auxiliaires		X	X
Régulation du trafic		X	X
télesurveillance		X	X
information voyageur	X	X	X
gestion des lignes	X	X	X
assistance à la maintenance	X	X	X
aide au conducteur	X	X	X
protection du personnel et des passagers	X	X	X
protection du mouvement des trains	X	X	X

Principe du pilotage automatique



3.2.4 Multiplicité des systèmes ATC existants en Europe

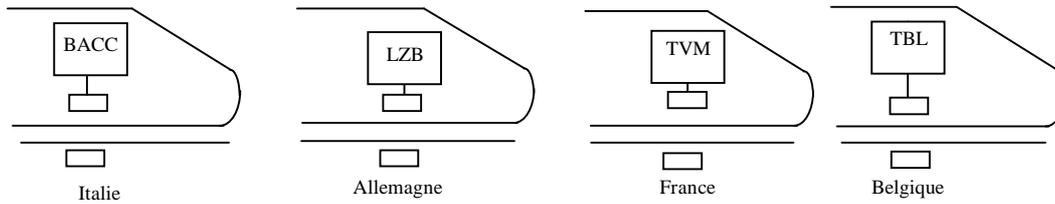
Pays	Allemagne	Angleterre	Autriche	Belgique	Danemark	Espagne	France	Italie	Luxembourg	Pays-Bas	Suisse	Réseaux Principaux fournisseurs	
Réseau	DB DR	BR	OCBB	SNCB NMBS	DSB	RENFE	SNCF RFF	FS	CFL	NS	SBB CFF FFS		
Technologie													
Indusi	LC LGV		LC LGV										
AWS		LC											
CdV				LC				LC		LC		Tous	
TBL				LC								ACEC Alstom	
ZUB	121										LC		
	123				LC								
ASFA						LC						Westinghouse Dimetronic	
KVB							LC					ABB Ansaldo GEC	
BACC	50 Hz							LC				Ansaldo	
	178 Hz							LGV					
ATB										LC			
Signum											LC		
LZB	LGV		LGV			LGV						SEL Siemens	
TVM	300						LGV					CSEE	
	430						LGV					Transport	
Eurobalise	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	Ansaldo
Euroradio	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	LGV	SEL

LC = Ligne conventionnelle
 LGV = Ligne grande vitesse

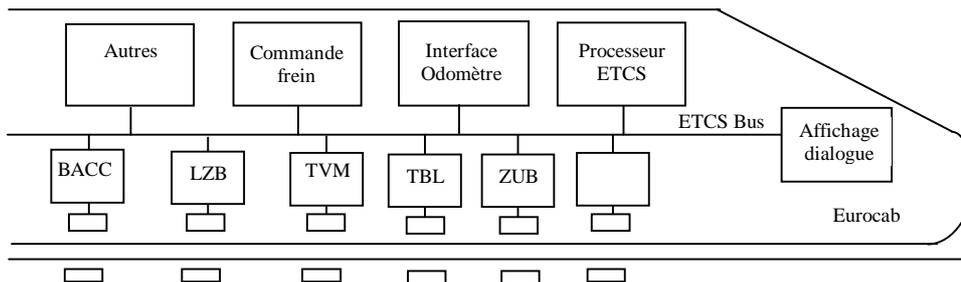
Cette diversité de systèmes est un obstacle au trafic ferroviaire international. Depuis 1990, la CEE s'est engagée dans une harmonisation des systèmes par l'étude d'un système unifié de contrôle commande (ETCS) pour permettre la gestion de l'exploitation ferroviaire sur un plan européen (ERTMS). La démarche technique se fait tout d'abord par le classement des systèmes existants par niveau d'exploitation, puis par le développement de nouveaux éléments communs utilisables sur l'ensemble des infrastructures et qui seront progressivement mis en place sur tout le réseau européen. Ces systèmes feront l'objet tout au long de leur développement de certifications.

3.2.5 Mise en place progressive du nouveau système ETCS/ERTMS

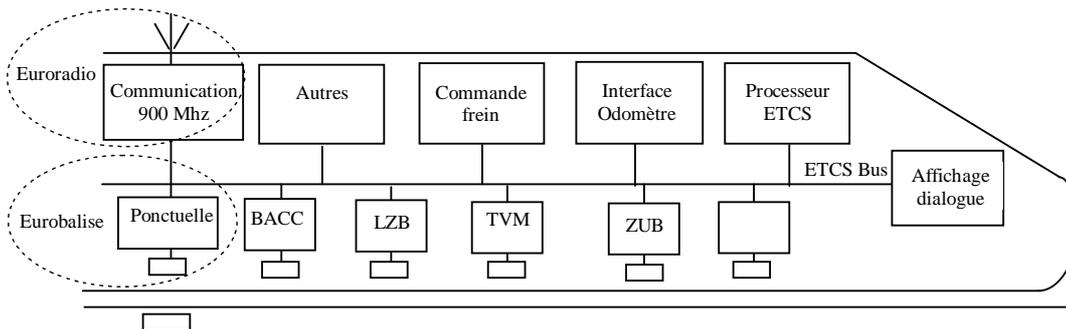
☐ **Situation actuelle** : chaque pays a son propre équipement de signalisation embarquée



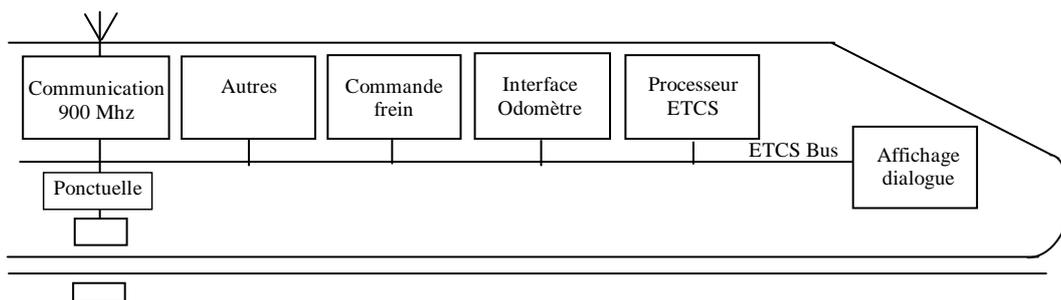
☐ **1ère étape Eurocab** : Pouvoir fonctionner avec les systèmes fixes existants dans chacun des pays avec des fonctions et un bus normalisé



☐ **2ème étape Euroradio-Eurobalise** : Développement de nouveaux systèmes de transmission de données rajoutés



☐ **3ème étape** : Une fois que la nouvelle infrastructure sera mise en place, le système embarqué universel sera le seul à être utilisé



☞ **Une révolution technologique est en train de s'opérer, ce secteur de la signalisation embarquée deviendra, à terme, la seule véritable signalisation.**

La RATP souhaite également s'engager dans cette direction : il peut donc y avoir certaines opportunités à se repositionner sur ce créneau.

3.2.6 Le marché des ATC

Actuellement en France :

- sur les grandes lignes, le marché total de 300 MEuros (sur 5 ans) se répartit entre 70 % Alstom avec le KVB (marché de remplacement, la base installée étant de 130 000 balises au sol) et 30 % CSEE avec la TVM 430 (essentiellement pour les nouvelles lignes TGV) ; l'ensemble des trains régionaux ont été rééquipés de systèmes mis à jour, il reste encore les équipements au sols à rénover.
- Sur les lignes à grand trafic, le marché total de 150 MEuros (sur 5 ans) se répartit entre 75 % MATRA avec le SACEM, 23 % ALSTOM avec le KCVP et 2 % CSEE ; les 13 lignes sont à rénover pour un total de 150 MEuros avant 15 ans.

3.3 LES SYSTEMES IXL D'ENCLENCHEMENTS

3.3.1 Les principales fonctions

Ce sont des systèmes mécaniques, électromécaniques ou électroniques qui permettent de réserver les itinéraires à des trains. La création et la libération des itinéraires et le contrôle du mouvement des trains doit se faire en sécurité.

3.3.2 Historique de la commande des signaux et des aiguillages, et ses évolutions

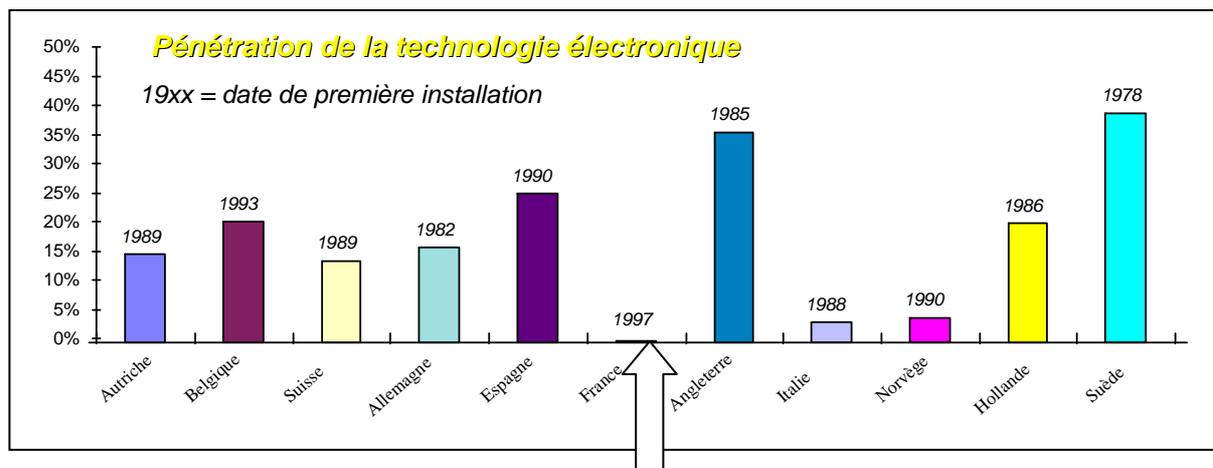
A l'origine, ce sont des **postes mécaniques** qui sont utilisés et qui permettent la commande des signaux et des aiguillages par **levier**. Puis, viennent les **postes à levier d'itinéraires** (réservant un itinéraire grâce à une signalisation commandée par relais jusqu'à la sortie du train).

Ensuite, en 1962, arrivent les **Postes Tout Relais** (PRS - PRG) avec la commande groupée des aiguilles et signaux d'un itinéraire par bouton-poussoir et leur libération au fur et à mesure du passage du train.

Enfin, à partir de 1983, apparaissent les **Postes tout Relais a Commande Informatique** (PRCI) qui sont des systèmes plus modernes et plus performants. Ce sont aussi les plus répandus et ils sont spécialisés par type de gare. L'étage "relais de sécurité", qui assure les enclenchements, reste encore important (coût élevé – parce que technologie électromécanique ancienne que ce soit à l'achat, au montage des armoires ou à l'entretien).

C'est pourquoi, une recherche a été engagée pour que les fonctions d'enclenchement soient assurées par les calculateurs de sécurité et que l'étage informatique aille encore plus loin dans la commande.

Cependant, compte tenu des résultats satisfaisants en termes de sécurité, la France a pris un retard considérable par rapport aux autres pays en matière de poste entièrement informatisé. (voir le document de pénétration ci après)



Il y a donc un retard considérable à rattraper en France ; Ceci démontre le potentiel très important à combler avant de s'attaquer aux marchés étrangers (également en évolution)

Alstom a expérimenté sur la gare de Roanne le **système PAI** (Poste d'Aiguillage Informatisé) dérivé du système existant SSI (chez GEC en Grande Bretagne) qui permet la commande de plus de 100 itinéraires. Ce système est devenu opérationnel fin 1998, mais sa mise en conformité aux principes

SNCF a posé de nombreuses difficultés! De plus, l'accord entre la SNCF et Alstom prévoyait l'amortissement des études du PAI par les 10 prochaines commandes (passées au même montant que les anciens PRCI), or les coûts des nouveaux PAI étaient supérieurs au PRCI, ce qui a indisposé la SNCF...

Quoi qu'il en soit, le PAI reste un système d'avenir (Siemens et AD Tranz ont le leur et l'ont déjà proposé à la SNCF). Le Système d'Enclenchement Intégré (SEI) est en cours de développement par CSEE Transport et la SNCF à partir de la transmission voie-machine TVM 430.

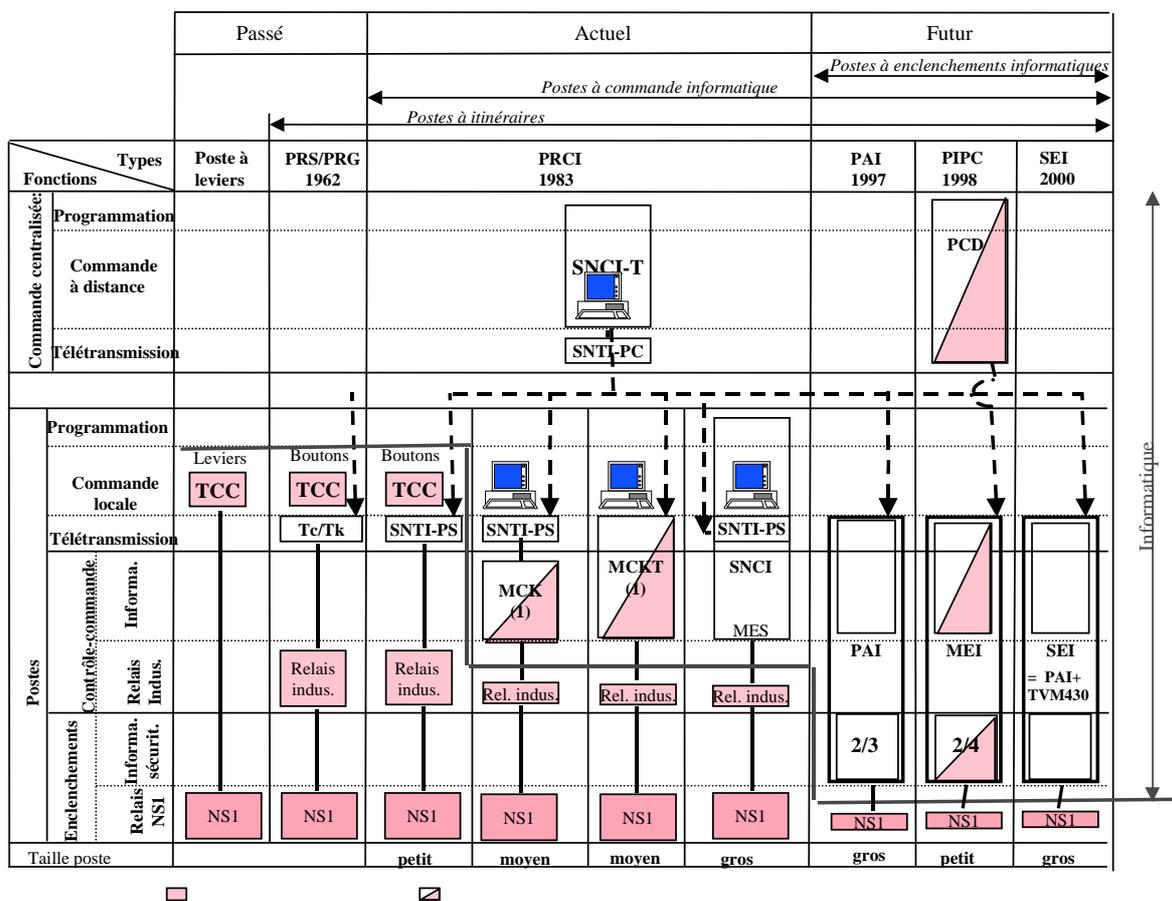
Le PAI NG (nouvelle génération) intégrant des technologies nouvelles (microprocesseur plus récent) finira par être généralisé...

En ce qui concerne **les enclenchements de petites capacités** la gestion de l'espacement et de l'affrontement des circulations sur voie unique, commandée depuis un PCC, a été développée sous le nom de SYMEL par la SNCF et Alten Industries. Compte tenu des résultats satisfaisants, obtenus en termes de coût et de performance, par l'expérimentation à Limoges, la SNCF a souhaité extrapoler ce concept à la commande des aiguillages afin d'avoir des systèmes modernes, de sécurité et compétitifs en prix, en vue de réhabiliter progressivement l'ensemble des lignes secondaires.

C'est la raison pour laquelle Cogifer, souhaitant se positionner sur ce secteur particulièrement prometteur, s'est rapproché d'Alten Industries (le seul homologué sur SYMEL) pour répondre à la consultation de Moirans-St Marcellin pour les postes de petites capacités type PIPC.

Signification des principaux symboles utilisés dans le tableau ci-après :

SNTI	Système Normalisé de Télétransmission Informatique	TCC	Tableau de Commande et de Contrôle
SNCI	Système Normalisé de Commande Informatique	MCK	Module de Commande et de Contrôle
PC	Poste Central	MCKT	Module de Commande et de Contrôle de Transmission
PS	Poste Secondaire	TC	Télétransmission Commande
MEI	Module à Enclenchement Informatique	TK	Télétransmission Contrôle
PCD	Poste de Commande à Distance	MES	Module d'Entrée Sortie
		TVM	Télétransmission Voie-Machine



3.3.3 Le marché des enclenchements

3.3.3.1 Le besoin des systèmes d'enclenchements suivant les secteurs

Marché de l'urbain : très petits postes (Tramways) et moyens (environ 26 postes à la RATP)

Marché des grandes lignes : il existe 2000 postes électromécaniques de tous types à rénover à la SNCF (certains ont plus de 30 ans) :

- ☞ 450 sont à régénérer sur 25 ans
- ☞ 350 sont à régénérer sur 10 ans
- ☞ 135 sont à régénérer en priorité sur 10 ans

3.3.3.2 Evaluation des prix objectifs de base :

Il possible de se référer au marché d'étude du PI-PC dont l'expérimentation s'est faite sur la ligne Moirans –St Marcellin.

Le financement de cette étude correspondait au budget de la mise en place d'un PRCI « moyen » soit entre 3 et 5 MEuros (c'était en effet un « argument de vente interne » pour « convaincre » les personnes de la SNCF aux nouvelles technologies qui remettaient en cause de nombreuses habitudes et certitudes...).

Calcul :

- ☞ Prix de fourniture d'un poste PI-PC (UC, rack, cartes).....0,5 ME
- ☞ Paramétrages tests et validations.....0,08 ME
- ☞ Prix de la campagne.....0,23 ME
- ☞ Total prix unitaire d'un PI-PC.....0,81 ME

- ☞ Total pour 4 postes => 0,81 ME x 4 postes.....3,2 ME
- ☞ Prix du développement à partir de Symel+ les outils0,8 ME
- ☞ Etude de signalisation0,3 ME
- ☞ **Total opération Moirans – Marcellin.....4,3 ME**
(ce montant est bien compris entre 3 et 5 Meuros)

3.3.3.3 Le marché potentiel du PAI NG à la SNCF :

L'Appel d'Offre sur la gamme de PAI de Nouvelle Génération est programmé depuis plusieurs années et a pour budget déclaré et provisionné, un montant de 5 Meuros.

A noter que le dossier de consultation a été mieux défini, il est en effet plus précis en ce qui concerne les principes généraux.

Les prix objectifs sont établis à partir de la listes des opérations de renouvellement et réalisées il y a quelques temps (une remise à jour s'impose) ; on peut cependant avec une bonne approximation considérer que pour :

Les PAI de grande capacité de type S4 le prix objectif des opérations se situe entre 4 et 20 Meuros (suivant la complexité de la gare et de la ligne concernée)

		Nb d'itinéraires	Estimation en Meuros	Date de livraison	Réalisation
PAI-S4	Metz-Sablon	>100	4,6	2001	
PAI-S4	Melun	>100	6	2001	
PAI-S4	Villeneuve St Georges	>100	4,6	2003	
PAI-S4	Lyon Guillotière	>100	7,5	2003	
PAI-S4	Gare de Lyon	>100	20	2004	
PAI-S4	Strasbourg	>100	10		
PAI-S4	Marseille	>100	15		
PAI-S4		7 unités	9,7	moyen	

Les PAI de moyenne capacité de type S3 le prix objectif des opérations se situe entre **3 et 6 Meuros** (suivant la complexité de la gare et de la ligne concernée)

PAI-S3	Chalons	368	3,7	2000	Alstom
PAI-S3	Roanne	54		2000	Alstom
PAI-S3	Nancy	>100	3	2002	
PAI-S3	Dijon	>100	4	2002	
PAI-S3	Plaisir Grignon	80	5	2003	
PAI-S3	Ostricourt	60		2003	
PAI-S3	Narbonne-Perpignan			2003	
PAI-S3	Longeau	45	6	2003	
PAI-S3	Chartres-Courtalain			2003	
PAI-S3	Hazebrouck	80		2005	
PAI-S3	Paris est			2006	
PAI-S3	Bordeaux nord			2006	
PAI-S3	Reims	>100			
PAI-S3	Montereau	>100			
PAI-S3		14 unités	4,3 moyen		

Les PAI de petite capacité de type S2 le prix objectif des opérations doit être de l'ordre de **4 Meuros** (suivant la complexité de la gare et de la ligne concernée)

PAI-S2	Moirans-St Marcellin (Proto)		4,3	1999	Alcatel
PAI-S2	Thann-Kruth	28	4	2000	Alcatel
PAI-S2	Lunéville	48		2000	Alstom
PAI-S2	Hagueneau	60	4	2000	
PAI-S2	St Lo -Coutance		4	2004	
PAI-S2	Don-Sainghin		4	2004	
PAI-S2	Pau		4	2005	
PAI-S2	Douai		4	2006	
PAI-S2	Tours-Chinon		4		
PAI-S2	Tours-Chateaudun		4		
PAI-S2	Toulon-Hyères		4		
PAI-S2	St Cyprien-Colomier		4		
PAI-S2	Nimes	30	4		
PAI-S2	Lourdes	25	4		
PAI-S2	Joue-Loches		4		
PAI-S2	Chantilly	20	4		
PAI-S2	Belfort	25	4		
PAI-S2	Athenay	25	4		
PAI-S2		18 unités	4,0 moyen		

Les PAI de très petite capacité de type S1 le prix objectif des opérations doit se situer entre **2,5 et 3 Meuros** (suivant la complexité de la gare et de la ligne concernée)

PAI-S1	Muret		2,5	2002	
PAI-S1	Castelnaudary		2,5	2002	
PAI-S1	Ussel		2,5		
PAI-S1	St Denis		2,5		
PAI-S1	Gagny	20	2,5		
PAI-S1	Brie sur Marnes	15	2,5		
PAI-S1	Boussens		2,5		
PAI-S1	Blaisy	15	2,5		
PAI-S1		8 unités	2,5 moyen		

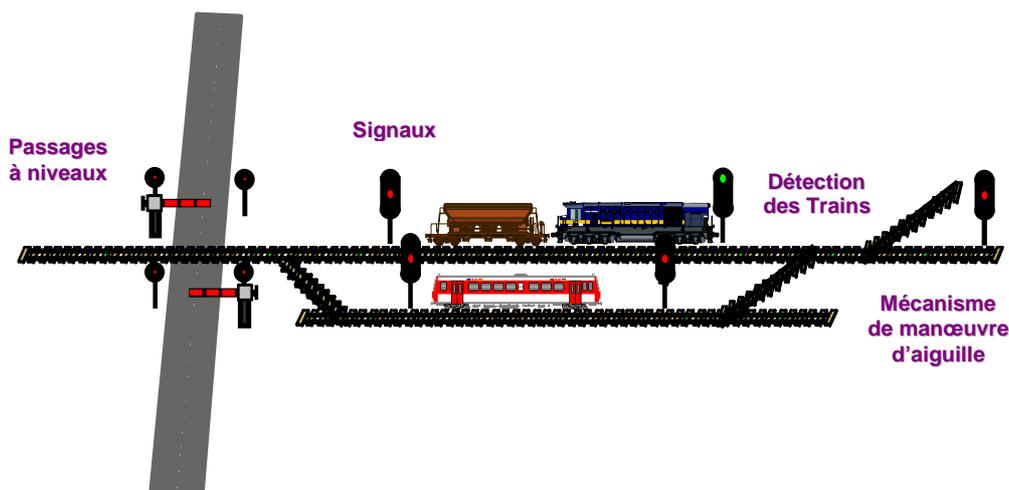
3.3.3.4 Les concurrents :

- ALSTOM possède un catalogue complet de solutions d'enclenchement de type SMARTLOCK, à savoir :
 - Le PAI dérivé du SSI de GEC ; ce SSI a été avec beaucoup de difficulté adapté aux exigences des principes généraux de la SNCF sur le contrat de Chalons. Il s'adresse principalement aux gares de grande capacité >100 itinéraires
 - L'ASCV produit issu du signalisateur Italien SASIB (racheté en 1998 par Alstom), il correspond aux gares de moyenne capacité. Il possède de très nombreuses références en Italie et à l'étranger. Il n'est pas homologué en France.
 - Le VPI / CPIB sont des produits largement diffusés aux Etats Unis.
 - Le FELB, gamme de produits de communication de sécurité Danois, peut dans certains cas faire de l'enclenchement...mais il n'est pas homologué en France !
- CSEE-ANSALDO possède des enclenchements :

- De grande capacité de type SEI, issue d'une technologie et en relation avec la TVM 430 des TGV ; la dernière référence est le TGV Méditerranée (pour un montant de marché entre 40 et 45 Meuros)...
- De petite capacité avec le système SYFERAD dont l'expérimentation a été faite en Corse.
- Dérivés de la gamme de produits proposée par ANSALDO mais qui ne sont pas aux normes de la SNCF
- MATRA-SIEMENS
 - La référence du SACEM et de Météor (pour un contrat de 200 Meuros) n'est plus à démontrer !...
 - Siemens dispose des systèmes d'enclenchement SIMIS-W mais qui ne sont pas aux normes SNCF.
- ALCATEL
 - La reprise du PI-PC par ALCATEL leur a permis de prendre le savoir faire d'Alten Industrie, les agréments de la SNCF, les références et le contrat cadre de la SNCF pour les petits et moyens postes.
 - La gamme de produits d'enclenchement fournie par ALCATEL en Allemagne peut être proposée à la SNCF.
- ABB, BOMBARDIER, ADTRANZ, HARMON...ont également des systèmes d'enclenchement à proposer

3.4 LES PRODUITS DE SIGNALISATION

Ils comprennent :



3.4.1 La détection des trains

Elle est assurée par :

- Les **pédales** ou détecteur de passage de trains (électromécaniques ou électroniques)



- Les compteurs d'essieux (électromécaniques ou électroniques)
- Les **circuits de voie** (ils permettent outre la localisation des trains, la transmission d'information, la détection du rail cassé...) il existe les modèles suivants :
 - Avec joints isolants mécaniques (pour multi usage) :
 - Impulsions de tension élevée (bien adapté aux zones d'aiguillages)
 - Codé en courant continu (block de ligne)

- Relais à défecteur à Courant Alternatif (ligne CC ou non électrifiée)
- Circuits de voie sans joints (circuit bouchon électrique)
 - Circuit de voie à audiofréquence pour blocks longs (voies principales)
 - Circuit de voie pour blocks courts (particulièrement bien adapté aux métros)
 - Circuit de voie pour blocks courts (particulièrement bien adapté aux PN)
- Connexions Inductives (pour lignes électrifiées avec CdV)

Ces équipements sont chers à l'achat et à l'entretien. La technologie à injection de fréquence est maîtrisée mais a ses limites (performance, perturbation...). D'autres systèmes sont à prévoir...



3.4.2 Les mécanismes de manœuvre d'aiguille



- Non talonnable pour lignes principales
 - Verrou et contrôleur séparés
 - Mécanisme électrique de manœuvre avec Verrou-Carter-Coussinet
 - Mécanisme hydraulique de manœuvre (verrou en option)
 - Mécanisme électrique de manœuvre intégré en traverse
 - Mécanisme électrique de manœuvre
- Talonnable pour tous types de lignes y compris Métros
 - Verrou externe et contrôleur intégré au verrou ou à l'aiguille
 - Mécanisme électrique de manœuvre avec Verrou Universel
 - Mécanisme hydraulique de manœuvre
 - Mécanisme électrique de manœuvre intégré en traverse
 - Mécanisme électrique de manœuvre talonnable ou non
- Talonnable et renversable pour dépôts, gares de triage...
 - Mécanisme électrique de manœuvre

3.4.3 Les mécanismes de passages à niveau

Ce sont les barrières, les moteurs et les coffrets de commande.



3.4.4 Les signaux

Ce sont les feux de signalisation, les mécanismes de commande et de contrôle des feux, les boîtes à feux et les lentilles dichroïdique et maintenant les lampes à led.



3.4.5 Les relais électromécaniques de sécurité



- Relais de sécurité intrinsèque "Normaux-Secours"
- Relais de sécurité à courant continu enfichable
- Relais de sécurité intrinsèque

3.4.6 Les différents autres équipements de sécurités

- Système détecteur de boîte chaude (pour détecter les réchauffements anormaux aux passages des trains).



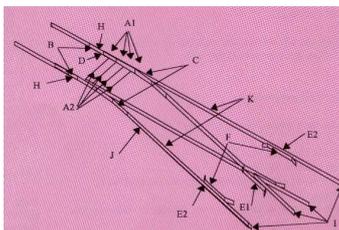
- Temporisateur de relais de sécurité



- Blocs de voie
- Freins de voie - Equipements de Triage
- Transmissions en sécurité

3.4.7 Les nouveaux systèmes demandés

- la surveillance de certaines fonctions (effort à la manoeuvre, présence tension...) semble être une nouvelle composante liée à la **maintenance prédictive**, elle s'inscrit dans une démarche plus générale de systèmes informatiques d'aide à la maintenance gérés au PCC.



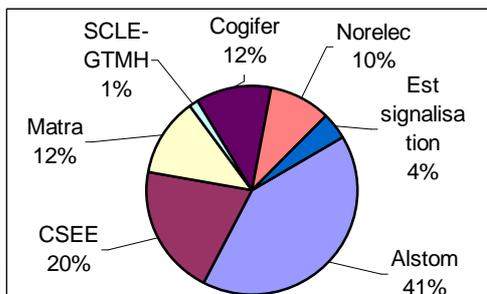
- La gestion de l'énergie et des auxiliaires
- L'information des passagers
- Les produits de communication en sécurité
- Les produits de localisation

3.4.8 Marché des produits de signalisation

Matériel installé en unités	fournisseur	SNCF	RATP	Export	total	Prévisions / an	
Détection des trains							
	CdV HIVTC	Alstom	36 000	1 700	63 000	100 700	1 000
	cdv vane	Alstom	3 000			3 000	60
	cdv jade	Alstom			1 600	1 600	100
	cdv CVCM	Alstom		3 000	100	3 100	50
	cdv SJLTC	Alstom	3 000		100	3 100	150
	cdv UM71	CSEE	25 000			25 000	200
	détecteur	SILEC/Cogifer	6 500			6 500	2 000
	compteurs	Alstom	500			500	500
Moteur d'aiguilles							
	MJ	Alstom	16 000	250	1 800	18 050	250
	MATR	Alstom	4 000	150	6 100	10 250	100
	HW/P80	Alstom			10 000	10 000	50
	MJ	Cogifer Vossloh	200				
	VCC	Cogifer Vossloh	22 000				350
	T72/10 018	CSEE		260		260	15
Passage à niveau							
	PN	Alstom	10 000			10 000	
	PN	Cogifer/CSEE	2 000			2 000	
Signaux							
		Alstom	40 000			40 000	
		CSEE	30 000			30 000	
Relais							
		Alstom	800 000	200 000		1 000 000	1 000
		CSEE				1 000	1 500
		Silec/Sagem				0	

3.4.9 Parts de marché réparties entre les différents concurrents (produits, études, installations)

	ME
Alstom	60
CSEE	30
Matra	18
SCLE-GTMH	2
Cogifer	17
Norelec	14
Est signalisation	6



3.5 LA SPECIFICITE DES SYSTEMES INFORMATIQUES DE SECURITES

3.5.1 Le traitement en sécurité

Les traitements de sécurité ont, tout d'abord, été réalisés à partir du système de relayage électromécanique. Ils ont été ensuite progressivement remplacés (pour la partie qui n'est pas de sécurité) par des automates, puis par des calculateurs spécifiques. Pour assurer la sécurité, on a ensuite utilisé une technologie basée sur le monoprocesseur codé qui est devenu une norme tant à la SNCF qu'à la RATP.

Pour les postes d'aiguillages de petite capacité de type PI-PC, le nouveau concept développé pour SYMEL (à partir de PC industriels redondés) a permis d'offrir des performances et des garanties semblables aux systèmes conventionnels, mais à des coûts beaucoup plus bas ; l'expérimentation sur Moirans-St Marcelin a donc été une nouvelle voie prise par la SNCF. Sur ces bases, la RATP a pris cette même orientation. De plus, les nouveaux appels d'offres étrangers font déjà référence à ces technologies, c'est pourquoi, elles sont, sans aucun doute, destinées à un grand avenir tant en France qu'à l'étranger.

En ce qui concerne les équipements embarqués, l'expérimentation pour la commande des portes à partir du calculateur de sécurité Technicatome (CESAR) a donné de très bons résultats à la RATP qui souhaite désormais étendre le concept de ce calculateur à la conduite en pilotage automatique.

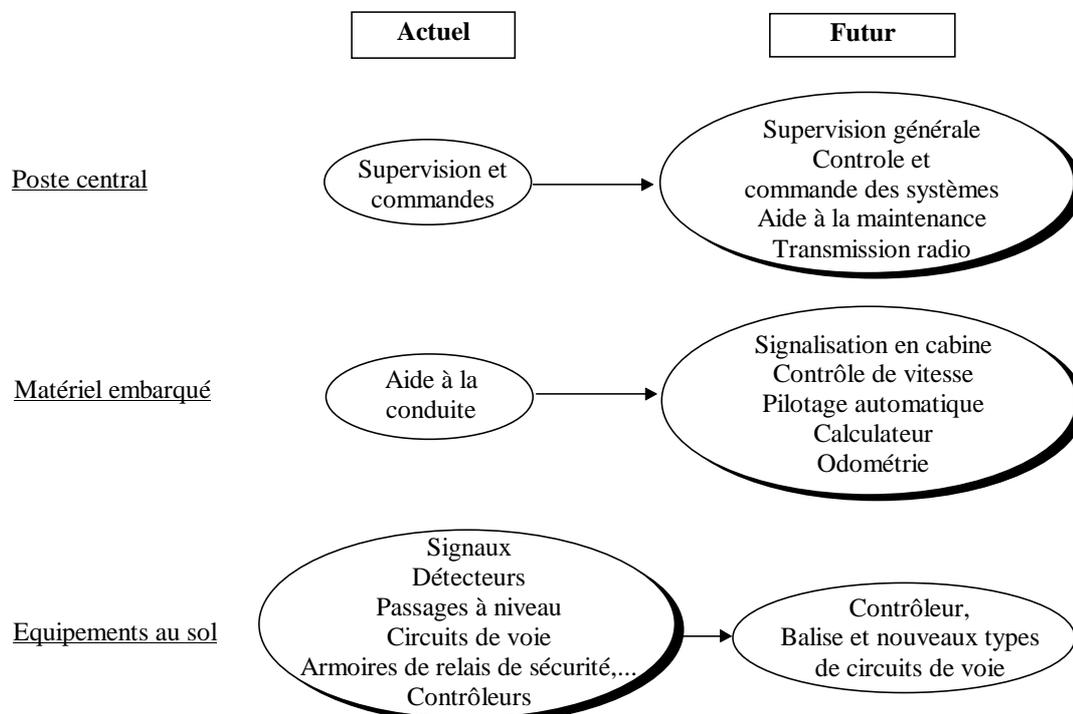
3.5.2 La sécurité en matière informatique ferroviaire

	Redondance matérielle			Redondance temporelle	Monoprocesseur codé
Architecture matérielle	2 unités de traitement distinctes	4 unités de traitement distinctes	Les 3µP en //	1µP + dispositif de vote à orientation de panne	1µP
Architecture logicielle	Les traitements se font en parallèle avec synchronisation d'exécution déphasée	Les traitements se font en parallèle avec synchronisation d'exécution déphasée	Les 3µP font le même calcul	Duplex : le µP traite successivement la même information sur 2 logiciels différents	Les µP traitent l'information et signature sur des opérateurs différents
Principe de fonctionnement	Autotest sur matériel et contrôle entre l'unité maître et esclave 2/2	Autotest sur matériel et contrôle entre l'unité maître et esclave 2/4	Vote majoritaire de 2 parmi 3 ; au moins 2 informations identiques 2/3	Les 2 informations résultantes doivent être identiques : • contrôle assuré par dispositif matériel de vote indépendant au µP, • surveillance cyclique des composants.	L'information résultante et la signature doivent être cohérentes. Temps de calcul trop long.
Taux de défaillance aux pannes non sûres (notion de sécurité) <i>En cas de panne, il se met dans un état sûr = le train s'arrête.</i>	< 10 ⁻⁹ /h	< 10 ⁻¹² /h	< 10 ⁻⁹ /h	< 10 ⁻⁹ /h mesuré par injection de fautes	< 10 ⁻¹² /h
MTBF	15.000 h	< 10 ⁻⁶ /h		40.000 h	
Tolérance aux pannes (notion de disponibilité) <i>Fonctionne même s'il y a une panne</i>	non	oui	excellent	non	non
Fournisseurs	Alten	Alten	Technicatome	Alstom - Technicatome	Alstom - Matra - CSEE Transports
Application type	SYMEL PAI - Gec (enclenchement)	PI-PC	prévu au PCC de SURMAG (commande centralisée en poste) PAI - Gec (en poste)	KVB SURMAG (embarqué et à la voie)	SACEM ASTREE MAGGALY

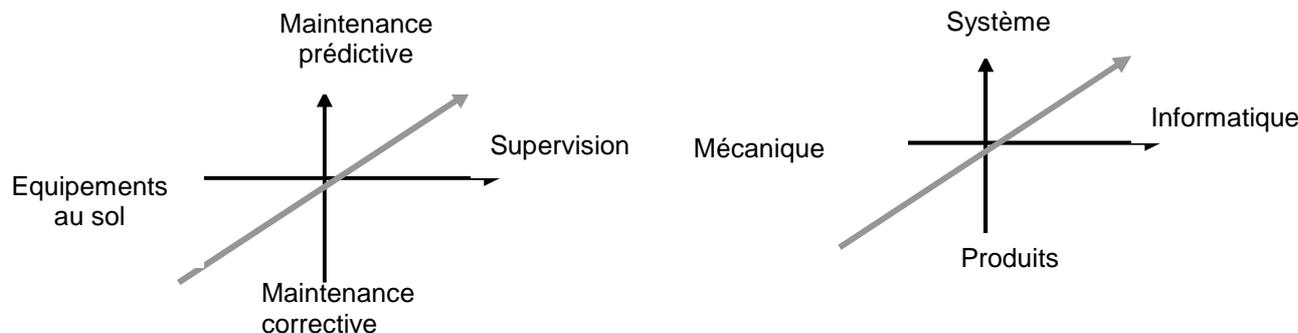
La tendance est donc d'abandonner progressivement les systèmes électromécaniques lourds et coûteux au profit de systèmes électroniques plus standards, structurés de manière plus astucieuse pour offrir des performances équivalentes à des coûts bien inférieurs !

4 EVOLUTION DES ACTIVITES DE SIGNALISATION

4.1 ÉVOLUTION DES TECHNOLOGIES



☞ **L'évolution des technologies va dans le sens d'une réduction inexorable des équipements au sol au profit des systèmes embarqués qui seront de plus en plus intelligents et de supervision générale qui seront réalisés au poste central.**



4.2 EVOLUTION DU PAYSAGE DE LA SIGNALISATION (AU PLAN MONDIAL)

4.2.1 Principaux acteurs en présence

<u>AD Tranz</u>	<u>ABB</u>	Eb Fatme (Italie), Scarfini (Italie), KVAB (Suède), EBI (Norvège), Asea (Suède), <u>BBC</u> (Suisse), Brel (GB), CCC (Espagne), Scandia (DK), Henschel (Allemagne), Waggon Union (Allemagne), Sorefame (Portugal)
	<u>AEG</u>	MAN (Allemagne), <u>AEG</u> (Allemagne), <u>Westinghouse</u> (US), Von Roll (Suisse)
<u>Siemens</u>		Krauss Maffei (Allemagne), Mak (Allemagne), Krupp (Allemagne), SGP (Autriche), Dueweg (Allemagne), Babcock (GB), <u>Matra</u> (F)
<u>Alcatel</u>		

Alstom

Gec (GB), Metro Camell (GB), ACEC Transport (Belgique), Alstom (F), De Dietrich (F), Ateinsa (Espagne), MTM (Espagne), LHB (Allemagne), Jeumont Schneider (F), Sasib (Italie), GRS (US), SEL,

Cegelec

Bombardier - Eurorail

Rotax (Autriche), BN (Belgique), SELE (Belgique), Prorail (GB), RFS (GB), ANF (F), Talbot (Allemagne), Elin (Autriche), SLM (Suisse), Schindler (Suisse), Brush traction, CMI (Belgique), Transtech (Finlande)

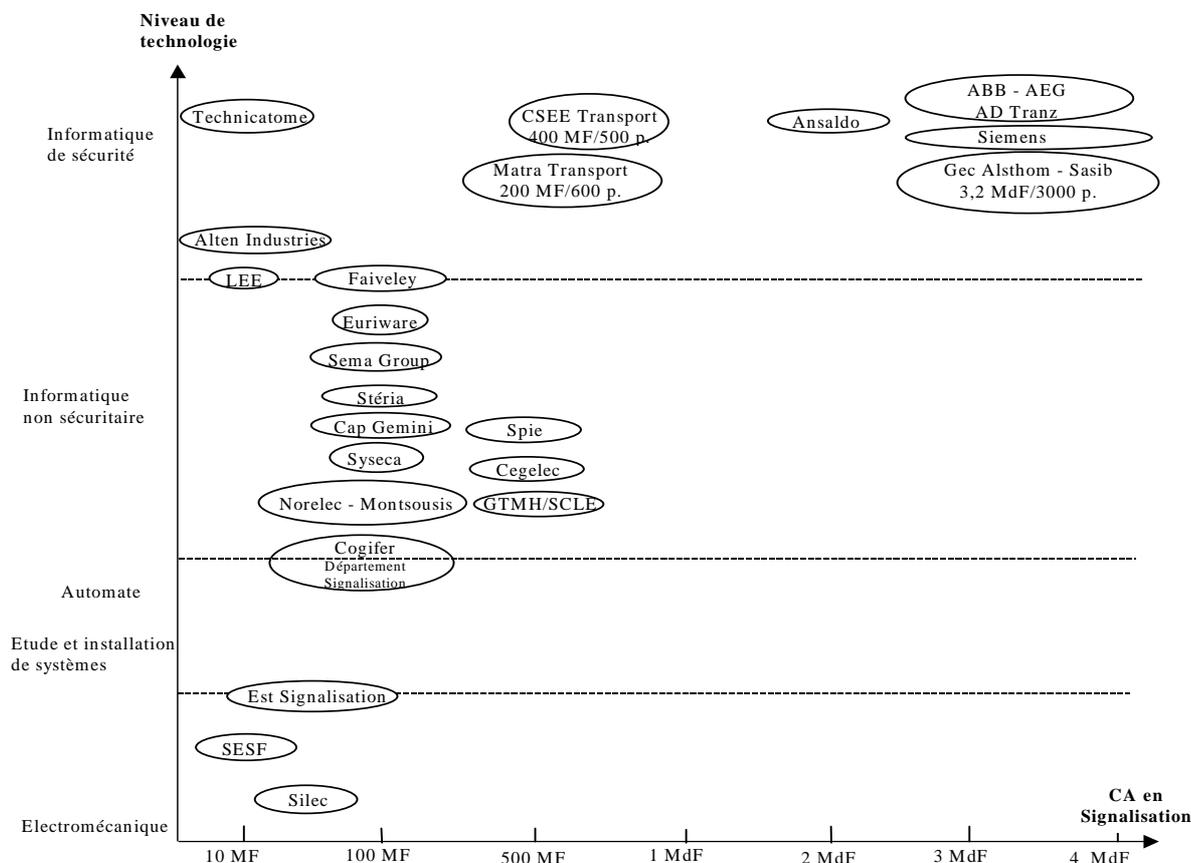
Ansaldo Transporti

SRT (SE), Ganz (Pays-Bas), Firema, Union Switch et Signal (US), DSL (Canada), **CSEE Transport** (F)

CMW (Brésil)

Dimetronic (Espagne)

4.2.2 Positionnements respectifs des principaux signalisateurs actuels



4.2.3 Evolution du paysage de la signalisation et de ses acteurs

4.2.3.1 Par les alliances ou regroupements entre partenaires :

Plusieurs études sont engagées dans ce sens.

4.2.3.2 Par les réorganisations des clients donneurs d'ordre :

- Privatisation des différents opérateurs européens.
- Recentrage progressif de la SNCF vers son métier de base d'opérateur (avant une inévitable privatisation) avec un mode de gestion par centres de profits qui la conduira à avoir des objectifs de rentabilité identiques à ceux des industriels. A noter qu'il faudra passer par une période transitoire d'adaptation lourde et difficile : les services de l'ingénierie ne lanceront des frais d'études que si le maître d'ouvrage les sollicite et ce dernier n'engagera des études que s'il a obtenu de RFF des budgets correspondants (après avoir démontré financièrement le bien-fondé de l'opération).
- Arrivée de nouveaux opérateurs type CGEA – CFTA, Virgin... avec leurs nouvelles exigences et nouvelles règles d'exploitation...

4.2.3.3 Par une normalisation des systèmes ferroviaires (UIC, normes européennes...) :

- Arrivée de nouveaux organismes de contrôle et de certification pour attribuer, de manière objective et onéreuse, des homologations par rapport à ces normes.
- A terme, tous les industriels pourront répondre à tous les besoins dans la mesure où ils respectent ces normes et qu'ils se font certifier : plus besoin d'être du " sérail ".

4.2.3.4 Par la création de nouveaux moyens de communication

- La récente prise de conscience par les pouvoirs publics de l'opportunité d'utiliser les infrastructures existantes aux périphéries des agglomérations pour les exploiter localement, a pour conséquence la modification :
 - du matériel roulant (voitures plus attrayantes et mieux adaptées),
 - des gares (plus nombreuses et adaptées),
 - de la signalisation qui devra être mixte (à la fois adaptée aux besoins habituels du trafic fret et voyageurs, et aux nouveaux besoins des grandes fréquences (type métro)).
- Un nouveau type de clientèle doit apparaître, composé (suivant un pourcentage variable) de la SNCF, de RFF, de collectivités locales, de conseils généraux, des régions et autres sociétés privées... L'organisation semble complexe, mais le marché qui se dessine, paraît être particulièrement prometteur...

4.3 RESUME

- ☞ ***L'ensemble de ces éléments contribue à une profonde mutation du paysage de la signalisation : tout est mouvement, rien n'est encore stabilisé et tout peut encore arriver.***

