

LA SIGNALISATION FERROVIAIRE ET LES POSTES D'AIGUILLAGES MODERNES

La situation du Poste Central
de Marseille-Saint-Charles



Claude JULLIEN
Novembre 2000

Claude JULLIEN - FNAUT-PACA

LA SIGNALISATION FERROVIAIRE

ET LES POSTES D'AIGUILLAGES MODERNES

Ce chapitre décrit succinctement les systèmes les plus élaborés de la signalisation actuelle SNCF, afin d'éclairer les lecteurs peu au fait des problèmes ferroviaires.

1 - L' ESPACEMENT DES TRAINS

1 - a - LE BAL : Block Automatique Lumineux

Le BAL gère l'espacement des trains. La voie est découpée en cantons successifs, et un seul train peut pénétrer à la fois dans chacun d'eux. Chaque canton est sous le contrôle d'un circuit électrique - utilisant comme support physique les deux files de rails - appelé " **circuit de voie** ".

La présence d'un train dans un canton provoque la mise en court-circuit des deux files de rails, donc la chute d'un relais et la fermeture du signal de protection (un seul feu rouge).

À la suite de l'avancement du train, la libération du canton (par le dernier essieu du train) provoque l'effet inverse.

Le circuit de voie présente l'énorme avantage de détecter les wagons isolés (par exemple suite à une dérive ou une rupture d'attelage) ainsi que les rails cassés.

En raison de son énorme inertie, un train ne peut pas s'arrêter brusquement sur quelques mètres. La longueur du canton est donc définie pour respecter la distance d'arrêt du train le plus contraignant de la ligne, soit un train très rapide, soit un train de Fret très lourd. Il est donc nécessaire d'avoir aussi un signal d'**avertissement** (un seul feu jaune), qui est en réalité le signal le plus important de la signalisation ferroviaire. C'est pourquoi, sur un panneau lumineux de BAL, l'avertissement est toujours le feu le plus bas, afin d'être visible malgré les obstacles supérieurs les plus bas.

En voie unique, le BAL doit aussi gérer automatiquement la protection des trains envoyés l'un contre l'autre (nez à nez), grâce à la fonction " d' **Enclenchement de Sens** ".

En ce qui concerne la fonction d'espacement des trains en pleine voie, le BAL peut présenter sur une même cible, trois indications différentes :

- l'indication de voie libre, grâce à un feu vert
- l'indication d'avertissement de fermeture du prochain signal, grâce à un feu jaune
- l'indication de protection d'un train (sémaphore fermé), grâce à un feu rouge

Lorsqu'un train parcourt un itinéraire comportant divers appareils de voie, il faut le protéger des autres trains susceptibles d'utiliser un **itinéraire sécant**. Tous les itinéraires sécants sont donc bloqués par la présentation d'un signal carré (on a repris la terminologie de la signalisation mécanique, où ce signal avait la forme carrée), qui présente 2 feux rouges verticaux, ayant pour signification "**Arrêt absolu**".

1 - b - LE BAPR : Block Automatique à Permissivité Restreinte

Le BAPR est un peu le BAL du pauvre, d'où une politique d'application à des lignes à trafic moyen.

Le BAPR se caractérise par des cantons généralement beaucoup plus longs que ceux du BAL (souvent aux alentours de 6 000 m) apportant déjà une indiscutable limitation de capacité.

Ce Block est dit " à permissivité restreinte ", car les sémaphores ne sont franchissables en marche à vue qu'au bout de 10 minutes ou sur accord du régulateur de la ligne, pour éviter dans toute la mesure du possible des marches à vue sur des distances trop importantes.

Toutes les gares sont protégées par un disque lumineux - ayant la même fonction qu'en signalisation mécanique - et donc imposant la marche à vue sur les aiguilles d'entrée en gare en cas de fermeture, alors que le mécanicien des mouvements omnibus sait très bien qu'il doit marquer l'arrêt, et qu'il n'y a jamais de manœuvres sur la ligne d'Aix (sauf gare de Gardanne).

En fait, les cantons de BAPR s'étendent de gare à gare, ce qui de Gardanne à Aix n'apportera que de très faibles progrès par rapport à la signalisation manuelle actuelle.

2 - LA COMMANDE DES ZONES D' APPAREILS DE VOIE

2 - a - À l'origine du chemin de fer

Les appareils de voie étaient commandés à pied d'oeuvre, situation tolérable quand il y avait peu d'aiguillages et peu de trafic.

2 - b - Les premiers postes

Les gares étant de plus en plus compliquées, et le trafic se développant, il fallait concevoir un système de commande garantissant la sécurité vis à vis des risques de collision des trains.

Pour les petites gares :

Chaque appareil de voie comportait une serrure qui autorisait le déverrouillage et la manœuvre de l'aiguillage, à pied d'oeuvre. La clé de la serrure était libérée physiquement depuis une serrure centrale d'enclenchements mécaniques, située dans le BV de la gare.

Ce genre de gare était protégée à l'entrée par un disque rouge, imposant la "marche à vue" et l'arrêt en gare.

Pour les moyennes ou grandes gares :

Les appareils de voie étaient commandés depuis un poste central, soit par une transmission rigide, soit par une transmission funiculaire, au moyen de grands leviers pour les aiguillages, et de petits leviers pour les signaux.

Les leviers étaient verrouillés ou libérés par une table d'enclenchements mécaniques centrale située au pied des leviers (un authentique chef d'oeuvre de mécanique, et l'étude des enclenchements demandait un grand savoir faire).

Afin de repérer la situation d'occupation des voies et les itinéraires en service, et contrôler l'effet des actions du poste, les aiguilleurs disposent d'un " **Tableau de Contrôle Optique** " (TCO) mural.

Une grande gare pouvait comporter plusieurs postes pour ne pas atteindre des longueurs de transmissions rigides trop importantes (limitées par la force humaine, le gel, etc ...), d'où la notion d'**enclenchements de "postes à postes"**.

Il existe encore sur le réseau français de nombreux postes mécaniques, du "type 1945".

La situation devenait inextricable dans les grandes gares, et le travail des aiguilleurs était très compliqué. En effet, ces derniers devaient imaginer dans leur tête la succession des manœuvres, dans l'ordre de la sécurité :

- fermeture des carrés des futurs itinéraires sécants
- manoeuvres des bons aiguillages pour établir un itinéraire
- ouverture du signal d'entrée de l'itinéraire

malgré la protection apportée par la table d'enclenchement, sinon, ils ne pouvaient pas manoeuvrer un levier.

2 - c - Les premiers postes modernes

Les postes électriques :

Pour faciliter le travail des aiguilleurs, limiter leur dépense physique, et centraliser davantage les postes d'une même gare, on procéda à la motorisation des appareils de voie, commandés par un simple commutateur électrique. Les signaux devinrent lumineux, ce qui facilitait leur commande à distance.

Il serait trop long de décrire ici la genèse des différents modèles de postes électriques, qui allèrent du modèle conservant une table d'enclenchement mécanique jusqu'aux premières commandes d'itinéraires complets ou partiels.

Il faut pourtant signaler que si toutes les grandes gares parisiennes ont connu une modernisation des postes au profit de PRS, PRCI, voire PAI, la prestigieuse gare de Paris-Gare-de-Lyon est toujours sous la dépendance d'une multitude de vieux postes électriques, même s'il s'agit du type le plus élaboré, et la décision vient seulement d'être prise de moderniser cette gare avec un PAI qui sera sans doute le plus grand de France. Un chantier qui va durer plusieurs années.

2 - d - Le PRS : Postes tous Relais à transit Souple

Dans les PRS, les aiguillages et les signaux d'une zone géographique déterminée sont généralement sous la dépendance d'un poste central dont les enclenchements de sécurité sont assurés par des relais. Ce type de poste permet le " **Transit Souple** ", c'est à dire que grâce à des contrôles de zones par circuit de voie, il libère automatiquement les " **itinéraires sécants** " au fur et à mesure de l'avancement d'un train sur un itinéraire déjà tracé, d'où son nom de Poste tous Relais à transit Souple (PRS).

La commande des itinéraires s'effectue à partir d'une table centrale (ou plusieurs) comportant un seul bouton pour chaque itinéraire. Un enregistrement limité des itinéraires est possible (bouton poussé ou tiré).

Le TCO mural atteint parfois des dimensions impressionnantes.

2 - e - Le PRCI : Postes tout Relais à Commande Informatique

Il s'agit strictement du même type de poste que le PRS en ce qui concerne les enclenchements de sécurité. Il comprend donc une salle de relais.

Par contre, la table centrale est remplacée par un interface informatique (avec Console(s) de visualisation, clavier, souris) permettant plus facilement des fonctions supplémentaires plus élaborées (Enregistrement et Progression des Itinéraires - Télécommande - Suivi des Trains, etc...).

C'est la technologie du Poste principal qui commande le plateau de la gare St-Charles.

2 - f - Postes satellites

Dans les très grandes gares, s'étendant sur une zone géographique importante (comme Marseille Saint-Charles) les zones éloignées du poste central sont placées sous le contrôle d'un poste annexe aveugle (appelé Satellite) contenant les relais d'enclenchements de la zone, commandé depuis la table centrale (par exemple : Satellite de Blancarde), mais toutes les actions sont visualisées sur le TCO du poste central.

Cette méthode permet d'éviter un câblage " fils à fils " sur plusieurs kilomètres, ce qui ne serait pas vraiment sécuritaire (chutes de tension, ratés de commande ou de contrôle) et coûterait assez cher. Seuls les commandes d'itinéraires et la visualisation du TCO sont câblées (en réalité de plus en plus par l'intermédiaire d'une commande multiplexée par fibre optique).

3 - LES POSTES ENTièrement INFORMATISÉS

3 - a - LE PAI : Poste d'Aiguillage Informatisé

Il s'agit de postes où la totalité des enclenchements est assuré par l'informatique en remplacement des relais mécaniques.

La majorité des techniciens étrangers aux chemins de fer s'imaginent qu'aujourd'hui ce type de poste est en voie de généralisation depuis longtemps, ce qui est une grave erreur, en tous les cas en France.

La SNCF a longtemps estimé que les logiciels ne présentaient pas un caractère de sécurité intrinsèque comme les relais mécaniques, et elle a fait preuve d'une très grande prudence pour basculer vers le "tout informatique".

Le PRCI de Saint-Charles comporte donc encore une salle d'enclenchements à relais.

L'aventure du PAI commença avec 2 postes prototypes, il y a plusieurs années, Châteauroux et St-Germain-des-Fossés. Le nouveau poste central de Strasbourg est actuellement le plus grand PAI de France.

Ce type de poste présente d'énormes avantages en terme de coût, de facilité d'installation, de simulation des enclenchements en usine, de diminution du gros œuvre des bâtiments, etc ...

La situation est complètement différente dans d'autres pays européens, en particulier au Danemark, où la presque totalité du réseau est sous la dépendance de postes entièrement informatisés.

La mise en œuvre d'ASTRÉE pourrait bouleverser la situation. Dès le départ, les concepteurs ont inscrit dans le cahier des charges qu'ASTRÉE pourrait, selon la situation existante locale des postes, soit assurer les enclenchements par programme informatique résidant dans l'ordinateur central de commande, soit commander les itinéraires "à travers" les postes existants, en utilisant en particulier leur appareillage de contrôle de zones.

Par exemple, il serait dommage de détruire un PRCI récent, donc non amorti, au profit d'ASTRÉE, alors qu'ASTRÉE pourrait remplacer avantageusement du jour au lendemain un vieux poste mécanique à leviers.

3 - b - Le PIPC : Poste Informatisé de technologie PC

C'est une petite révolution particulièrement heureuse qui s'avance, car la SNCF tient là une technologie peu coûteuse qui pourra s'appliquer aux petites et moyennes gares (jusqu'à 120 itinéraires). De plus, cette technologie serait particulièrement compatible avec ASTRÉE.

Le PIPC utilise une architecture informatique inspirée de l'aéronautique (pilotes automatiques d'avions), avec des processeurs travaillant en parallèle et des systèmes voteurs qui permettent de survivre à une première panne.

Ainsi le PIPC est constitué de 2 MCCS (Modules de Commande et de Contrôle de Sécurité) identiques, travaillant en parallèle. La défaillance de l'un des deux est couverte par l'autre.

Chaque MCCS comprend 2 unités centrales maître / esclave, à base de micro-ordinateurs PC du commerce fiabilisés. La comparaison permanente entre le résultat du traitement des 2 fois 2 unités centrales apporte la preuve du bon fonctionnement du poste, ou détecte une panne.

L'interface avec le terrain (signaux, aiguillages, circuits de voie, etc ...) exigeant une certaine puissance, se fait par un système à relais classique, mais pourrait évoluer vers des relais statiques à semi-conducteurs.

L'agent circulation dispose d'un clavier et de 3 écrans dont l'un doit obligatoirement présenter l'état de la ligne. Le PIPC, pourtant présenté au départ comme un petit poste, peut commander jusqu'à 120 itinéraires, ce qui n'est pas rien, pour un prix défiant toute concurrence par rapport à un PRCI.

Autre caractéristique intéressante : un PIPC peut prendre en charge la commande déportée d'un ensemble d'autres petits PIPC, créant ainsi une pseudo Commande Centralisée particulièrement économique.

4 - AMÉLIORATIONS COMPLÉMENTAIRES DE LA SÉCURITÉ

4 - a - LE KVB : Contrôle de Voie par Balise

Le KVB est apparu au début des années 80 et a pour but de garantir le respect des signaux fermés (sémaphores ou carrés). Il est en voie de généralisation sur toutes les lignes importantes, en commençant généralement par les bifurcations.

Le KVB utilise des balises en voie, représentatives de l'état de la signalisation, interrogées par des lecteurs portés par les locomotives.

Dans les zones de circulations très denses, le KVB a considérablement amélioré la sécurité, mais il a aussi introduit des effets pervers de limitation du débit. En effet, quand un train a franchi une balise avec une restriction de vitesse (par exemple, un avertissement), il ne peut reprendre sa pleine vitesse qu'au franchissement de la prochaine balise, alors que souvent le conducteur aperçoit déjà le prochain panneau de signalisation qui est repassé au vert. Il devra impérativement se "traîner" à 30 km/h jusqu'au prochain signal avant de trouver une balise de libération.

Le KVB est donc assez mal adapté aux zones de trafic banlieue (par exemple : résultats plutôt pénalisants, voire catastrophique sur le débit dans l'avant-gare banlieue de Paris Saint-Lazare, voire également à St-Charles). C'est pourquoi il est né un KVB "numérique" qui autorise la libération anticipée.

4 - b - La Banalisation des Voies

Le sens de circulation des trains est généralement immuable.

En France, les trains roulent à gauche, sauf en Alsace-Lorraine où les lignes furent construites par les Prussiens.

Les installations de signalisation ne sont donc conçues que pour fonctionner dans un seul sens, sur une voie donnée.

Dans quelques cas particuliers, il s'est avéré utile de prévoir une modification du BAL pour permettre la circulation des trains en toute sécurité dans n'importe quel sens. La ligne Houille - Sartrouville, connaissant un important trafic banlieue fut ainsi équipée avant la seconde guerre mondiale.

L'exemple le plus célèbre reste la rampe sud de Blaisy-Bas depuis Dijon, où sur 28 km, les trains peuvent utiliser n'importe quelle voie, depuis l'électrification de Laroche-Migennes à Dijon, en 1950.

La SNCF regroupait les trains de voyageurs d'un même sens, qui utilisaient ensuite la voie de gauche normale, tandis qu'une autre batterie de trains de Fret montait la rampe par la voie de droite.

Après passage de la batterie montante, la ligne était livrée à une batterie descendante, et ainsi de suite. Il s'en est suivi une augmentation importante de la capacité de ce tronçon, associé à une utilisation intelligente de l'exploitation en "batteries".

Depuis la mise en service du TGV - PSE, l'exploitation en batterie est moins utilisée.

4 - c - LES IPCS : Installations Permanentes de Contre - Sens

En cas d'incident sur une seule voie (train en panne, chute d'un véhicule routier sur une voie, incident caténaire, etc ...), il faut se résoudre à faire passer les trains à contre-sens sur l'autre voie, sous le régime de " VUT " (Voie Unique Temporaire). La procédure est très lourde, manuelle en nécessitant des échanges de dépêches entre les agents des gares et les mécaniciens, etc ...

Le débit de la ligne chute de manière catastrophique et il faut parfois des heures pour résorber ce type d'incident.

La banalisation intégrale des deux voies reste rare, car elle coûte chère (sauf avec ASTRÉE où elle est gratuite) et demande l'installation d'un appareillage relativement complexe.

La SNCF a étudié une version simplifiée qui permet d'utiliser - SANS PRÉAVIS - l'autre voie à contre-sens, sous certaines restrictions. Les cantons à contre-sens sont généralement assez longs, voire même unique entre l'entrée et la sortie de l'IPCS. Il s'ensuit un débit inférieur à celui de la voie directe, mais sans commune mesure avec les restrictions des VUT, et les IPCS restent économiques.

Les IPCS sont très utiles pour les zones contiguës à des grands chantiers de renouvellement de voie. Souvent, on programme leur mise en place en fonction de ces grands travaux. Après l'exécution des travaux, les IPCS restent en place pour le plus grand bénéfice de l'exploitation.

5 - SUR LES LIGNES À GRANDE VITESSE : LA TVM - Transmission Voie Machine

Ce système de signalisation est née pour les besoins du TGV (TVM 270 pour le TGV-PSE et TVM 300 pour le TGV-Atlantique).

La version la plus élaborée est la TVM 430 du TGV - Nord et du Tunnel sous la Manche, étendue depuis à toutes les nouvelles LGV.

La TVM conserve le principe du circuit de voie mais elle est couplée à un système de Contrôle permanent de la vitesse des trains. Il n'y a plus de signaux latéraux le long de la voie (difficiles à observer à 300 km/h) et les indications des signaux en cabines transitent sous forme d'impulsions codées dans les deux files de rails.

Dans le cas du Tunnel sous la Manche, pour augmenter le débit, on utilise une courbe de contrôle de vitesse chevauchant plusieurs cantons très courts (environ 300 m). Le coût devient prohibitif, mais pour ce tunnel, il fallait préserver la capacité maximale.

6 - LES AVANTAGES ET LES INCONVÉNIENTS DE LA SIGNALISATION MODERNE CLASSIQUE

Avantages :

- très haut niveau de sécurité
- débit élevé
- détection des véhicules en dérive
- détection des rails cassés
- faible niveau d'équipement sur les engins moteurs (sauf TVM pour les TGV où le matériel embarqué est déjà complexe)

Inconvénients :

- coûts élevés l'écartant des lignes à petits trafics
- cantonnement rigide
- procédures de consignation pour travaux assez lourdes avec des résultats pas entièrement satisfaisants, surtout dans les zones de gares
- technologie des circuits de voie parfois encore sensible aux courants perturbateurs générés par les engins de traction modernes utilisant des commutateurs électroniques de puissance à fronts raides (redresseurs contrôlés, hâcheurs, onduleurs).
- et surtout, l'inconvénient majeur, **coûts proportionnels à la longueur des lignes ou à la complexité des gares, et non pas au trafic**, limitant la signalisation moderne aux seules lignes importantes

7 - SITUATION FINALE DU POSTE CENTRAL DE MARSEILLE SAINT-CHARLES

En réalité, la situation du poste central de Marseille St-Charles a considérablement évolué depuis sa mise en service en l'an 2000, peu avant l'arrivée de la LGV-Med en juin 2001.

Le poste de St-Charles n'est donc plus du tout seulement un PRCI.

Avec la modernisation de la ligne Marseille - Aix, la quasi totalité des voies sous la dépendance de St-Charles est cantonnée par du BAL, sauf la LGV-Med sous contrôle de la TVM.

7 - a - Situation initiale du poste de Marseille St-Charles

Le nouveau PRCI de St-Charles a remplacé en l'an 2000 le vieux PRS qui avait été mis en service vers 1957, pour l'arrivée de l'électrification. Le bâtiment (vide) du vieux PRS est toujours en place. L'ancien TCO, véritable pièce de musée, est conservé dans un couloir du nouveau PRCI.

Une étude avait été menée sur la possibilité d'adapter l'ancien PRS à l'arrivée du TGV. La situation était catastrophique :

- le PRS n'aurait pas pu accueillir la salle et l'appareillage de la Commande Centralisée de la LGV
- le câblage était en très mauvais état, et lorsque des techniciens voulaient intervenir, l'isolant des fils de la salle à relais leur restait dans les mains !
- les relais étaient très vieux, et les 3 dernières années, une voiture spéciale de cantonnement munie d'un appareillage spécial, stationnait à Marseille à longueur d'année, voiture dans laquelle des techniciens passaient leur temps à régler les relais par roulement !!!
- il ne fallait surtout toucher ... à rien, sous peine de panne généralisée définitive !
- les coûts de maintenance du poste devenaient prohibitifs

7 - b - Le nouveau PRCI de Marseille St-Charles

La construction d'un nouveau poste s'imposait donc, et c'était aussi l'occasion de bénéficier des dernières technologies de l'époque.

Le nouveau bâtiment a donc été inauguré en 2000.

Le PRCI commande l'ensemble de l'avant-gare de St-Charles, après un remaniement très important du plan de voies. Le TCO fait 18 m de long dans sa version finale, comprenant la commande de la LGV, pour 1300 itinéraires au total dont 450 sur la LGV.

Les différentes tables de commande comprennent des écrans plats, clavier, souris, etc ...

Le contrôle se fait sur le TCO ou sur les écrans locaux.

L'interface informatique entre les tables de commande et la salle à relais prend le nom de " **Mistral** ", le premier du genre en France.

Grande première : le système Mistral comporte un simulateur, particulièrement utile pour la formation des aiguilleurs, mais également pour prévoir et simuler des modifications ultérieures, la nuit, en l'absence de circulation des trains.

Le caractère prototype du système Mistral amènera à le modifier profondément dans la nuit du 11 au 12 décembre 2010 (mais modifications essentiellement logicielles, ce qui montre bien les avantages de l'informatique).

Cette dernière version a été adoptée pour tous les nouveaux postes en France (PRCI puis PAI).

Autre particularité : le satellite de Blancarde, qui commande une zone devant connaître de grands bouleversements (3° voie Marseille - Aubagne) reste sous la dépendance du satellite PRS initial, et le poste central de St-Charles comporte donc toujours une table PRS à boutons poussoirs, démontée depuis le vieux PRS, puis transférée au PRCI, et dont l'action va jusqu'à St-Marcel.

Le poste de St-Charles commande alors la zone des voies principales de St-Louis-les-Aygalades (direction Paris), le raccordement des Chartreux (évitement direct de St-charles), jusqu'à St-Marcel (ligne Marseille - Nice).

7 - c - Le nouveau PRS de l'Estaque

La gare de l'Estaque, siège de nombreuses bifurcations importantes (4 directions à double voie) était sous la dépendance d'un vieux poste mécanique de 60 grands leviers, plus des petits leviers. J'ai eu la chance de le visiter quelques semaines avant sa mise hors service.

Ce poste a été remplacé par un PRS en 1995, soit bien avant la construction du PRCI de St-Charles. Il est situé dans le BV de la gare de l'Estaque, avec une table de commande locale classique à boutons poussoirs.

En décembre 2011, le poste PRS de l'Estaque a été pris en charge par le poste central de St-Charles, avec interface Mistral, le transformant de fait en satellite PRCI, la salle de relais résidant toujours à l'Estaque.

La table de commande locale peut toujours être réactivée en cas de nécessité, mais selon une formule moderne comprenant écrans plats, clavier, souris, etc ...

7 - d - L'arrivée du TGV en juin 2001

L'arrivée du TGV et la prise en charge de la Ligne Nouvelle jusqu'à Allan (Drôme), au sud de Montélimar, avait été prévue de construction, y compris pour le TCO. Tout avait donc pu être testé à vide, puis avec des circulations d'essais, avant la mise en service commerciale de la LGV.

La Ligne Nouvelle est cantonnée selon la TVM 430.

7 - e - Modernisation de la ligne Marseille - Aix

Depuis la dernière visite du CESER, une table supplémentaire a été implantée dans le poste central afin de commander l'ensemble de la ligne Marseille - Aix.

La dépendance des gares sous PIPC, et l'implantation du BAL, rend particulièrement facile le dialogue avec le système Mistral, créant de fait, et de manière relativement économique, une Commande Centralisée.

7 - f - Modernisation du satellite de Blancarde

Le vieux satellite PRS de Blancarde a été récemment remplacé par un nouveau satellite de technologie PAI (donc sans salle à relais). Le nouveau bâtiment sans fenêtres, peint en jaune particulièrement criard, attirent tous les tagueurs du quartier.

La table de commande est située dans le poste central.

8 - SITUATION FUTURE DU POSTE CENTRAL DE MARSEILLE SAINT-CHARLES

8 - a - Troisième voie Marseille - Aubagne

La troisième voie sera mise en service fin 2014.

Le poste central commandera l'ensemble de la ligne jusqu'à Aubagne (compris).

8 - b - D'autres évolutions à venir

Le point faible du poste restera la salle à relais, qui a maintenant plus de 10 ans.

Il s'agira de la remplacer, après amortissement, par un ordinateur central, qui dialoguera avec le système Mistral.

Plus tard, le poste devrait passer sous la dépendance d'une Commande Centralisée Régionale (CCR), laquelle commanderait la totalité de la Région, et dont la localisation géographique est encore inconnue (peut-être à St-Charles), correspondant aux exigences de gestion centralisée du réseau ferré national.

Cette évolution d'avenir est déjà très avancée en région Rhône-Alpes.

Claude JULLIEN
Marseille - Septembre 2000
réactualisé en 2013

9 - SITUATION FUTURE DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE EUROPÉENNE

Chaque pays d'Europe a conçu une signalisation ferroviaire qui lui est propre.

Il existe en Europe 4 systèmes principaux d'électrification, mais un nombre incalculable de systèmes de signalisation. Dans un même pays, et c'est le cas en France, on peut trouver des systèmes adaptés aux lignes à fort trafic (lignes qui méritaient des investissements lourds), et des systèmes plus simples et moins coûteux sur les lignes secondaires, voire parfois aucun système, comme le cantonnement téléphonique.

On trouve encore dans la plupart des pays d'anciennes signalisations mécaniques, à base de cocardes de formes et de couleurs différentes, qui côtoient les signalisations lumineuses les plus modernes.

Avec la création des grands corridors européens, et la volonté de créer des trains directs avec un unique engin de traction, les frontières électricité et signalisation se révélèrent redoutables, voire plus infranchissables qu'une armée de gabelous.

En bref, il appartenait à l'Europe de développer l' **Interopérabilité** du chemin de fer.

Coté électrification, le problème est en train de se résoudre de manière élégante avec l'apparition des commutateurs électroniques de puissance (**IGBT** : Insulated Gated Bipolar Transistor), qui ramènent tous les constructeurs vers un même schéma de traction à base de moteurs triphasés, synchrones autopilotés (à aimants permanents ou pas), ou asynchrones, quitte à tolérer quelques différences de puissance selon le mode d'alimentation.

Coté signalisation, l'Europe avait bien dans ses projets la création d'un système de signalisation européenne unifiée, mais les choses n'avançaient guère car chaque pays défendait son pré carré : " *une signalisation unifiée, oui, mais à condition qu'elle se fasse sur la base de "mon" système* ".

Les grands exploitants ferroviaires, ceux qui avaient déjà investis le plus d'argent dans des systèmes modernes sur des lignes parmi les plus importantes d'Europe, voyaient d'un mauvais œil la remise en cause de très lourds investissements.

Le 3 Août 1985 survint en France l'Accident de Flaujac (Lot), sur la petite ligne à voie unique Brive - Toulouse par Capdenac. Suite au non respect de certaines procédures de croisement sur lignes à voie unique, un autorail fut envoyé en ligne à la rencontre nez à nez d'une rame Corail. Le bilan fut terrible : 35 morts !

Une réalité cruelle apparut au grand jour :

- les systèmes de signalisation modernes coûtent cher, ce qui les limite aux lignes importantes
- l'équipement complet des petites lignes coûterait une belle fortune, pour contrôler un trafic assez faible, d'où une rentabilité impossible
- les petites lignes sont donc condamnées à voir leur sécurité dépendre encore pendant de nombreuses années de systèmes largement soumis aux aléas de la vigilance humaine

L'accident de Flaujac a littéralement traumatisé le monde des cheminots, de la base aux cadres supérieurs.

C'est alors que Patrice BERNARD †, un spécialiste des télécommunications qui appartenait au Service de la Recherche de la SNCF écrivit à la Direction Générale, en précisant que les progrès de l'électronique et de l'informatique devraient permettre de mettre au point un nouveau mode de signalisation automatique garantissant le même niveau de sécurité, tant sur les petites lignes que sur les lignes importantes.

La Direction Générale joua le jeu, et donna le feu vert à Patrice BERNARD afin qu'il présente un avant-projet dans un délai d'une année, d'où la naissance du système " **ASTRÉE** ", pour " **A**utomatisation du **S**uivi des **T**rains en temps **RÉÉ** I ". (ASTRÉE est la déesse grecque chargée de répartir la justice entre les hommes).

9 - a - La philosophie d'ASTRÉE

Jusqu'à présent, la signalisation a toujours été liée à des systèmes répartis tout le long de la voie.

Que le trafic soit très important ou tout au contraire assez faible,

le coût d'équipement est proportionnel au linéaire de la voie.

Si au contraire - en tenant compte des derniers développements de l'électronique et de l'informatique - il devient possible de concevoir un système de signalisation basé sur des appareillages embarqués par les trains se déplaçant sur la voie,

le coût d'équipement d'une ligne deviendra proportionnel au trafic ,

critère beaucoup plus représentatif de la rentabilité de la nouvelle signalisation par rapport aux dépenses, ce qui CHANGE TOUT !

Ce nouveau système devant permettre des densités de circulation plus élevées, il est naturel de favoriser d'abord l'équipement des lignes importantes, ce qui entraîne de facto, **l'équipement de la quasi-totalité des matériels moteurs d'une région donnée.**

Si le coût des interfaces en voie du nouveau système est réellement minimisé, l'opportunité de l'équipement des toutes petites lignes redevient donc d'actualité.

C'est l'idée de base du système ASTRÉE , qui permettra d'offrir le même niveau de sécurité en tous points du réseau. **Nous étions en 1985.**

ASTRÉE fit l'objet d'un démonstrateur à grande échelle, avec près de 600 locomotives équipées sommairement, qui touchaient la gare de l'Est à Paris, en parallèle avec la signalisation classique.

ASTRÉE ne perturbait en rien la signalisation ancienne déjà en place, puisque le seul équipement "en voie" consiste en **balises passives** qui n'indiquent qu'un numéro de balise à l'ordinateur central.

D'autres tests furent menés afin de déterminer la capacité informatique nécessaire pour traiter les informations à terre dans un ordinateur central. ASTRÉE était une grande réussite technique. Il fallait maintenant l'industrialiser.

Nous étions en 1987.

Les économies attendues sur la signalisation classique était de l'ordre de 30 %, encore plus sur les lignes secondaires :

- absence de circuits de voie
- absence de câbles nécessaires à la signalisation le long des voies
- absence de vols de câbles
- absence de signaux latéraux en ligne

C'est alors que la SNCF, fière des résultats d'ASTRÉE, proposa ce système comme base de la future signalisation européenne. **Première erreur.**

Le système européen s'appellerait **ERTMS** (European Rail Transit Management System).

Bien plus tard, 14 pays participèrent à une réunion à Lisbonne, pour décider de la conduite à tenir.

Il faut expliquer maintenant que la SNCF est le seul exploitant ferroviaire dans le monde à posséder un Service de la Recherche. Dans tous les autres pays, ce sont les constructeurs qui mènent les recherches.

À la réunion de Lisbonne, la majorité des pays firent preuve de frilosité, et décidèrent de phaser le système en 3 niveaux, le niveau II étant en gros l'équivalent du BAL + KVB, alors que le niveau III est le seul qui se rapproche d'ASTRÉE. Siemens, qui était le leader mondial des balises inductives, décréta et imposa que les balises en voie devaient être inductives, ce qui nous éloignait déjà des balises passives d'ASTRÉE, qui elle, ne coûtaient rien (1000 F la balise posée en voie).

Patrice BERNARD, seul contre tous défendait de passer directement au niveau III, mais il n'eut pas gain de cause.

Comble de malchance, Patrice BERNARD succomba à une maladie cruelle, selon la formule consacrée, et la période coïncidait aussi avec la création de RFF, qui à ses débuts était, disons pour faire court, un bureau et un téléphone, ou guère mieux.

La France était bien mal défendue dans les Comités Techniques, voire pratiquait la politique involontaire de la chaise vide, les 2 entités SNCF et RFF défendant fermement leur pré carré, prémice d'une guéguerre qui n'allait pas servir le chemin de fer français.

La SNCF se retrouvait dépossédée de toute action sur l'infrastructure, et donc de toute action de promotion d'ASTRÉE, travers bien français qui consiste à torpiller de belle manière nos avancées technologiques, au nom de principes bureaucratiques et d'une pseudo éthique qui n'appartient qu'à nous.

En l'an 2013, nous en sommes encore là : seul le niveau II est mis en place, dans la douleur.

Magnifique résultat de bientôt 30 années d'incompétences, de blas blas de technocrates, et où se glissaient en réalité les intérêts des constructeurs, bien plus favorables à une solution compliquée et au phasage (histoire de faire payer 2 ou 3 fois), qu'à une version III qui allait procurer de grosses économies !

La conséquence, c'est qu'une fois que beaucoup de lignes en Europe seront en Niveau II, on reparlera alors miraculeusement du Niveau III, et tout le monde devra encore casser sa tirelire.

La France et l'Allemagne, qui possèdent un réseau dont le niveau technique (BAL + KVB pour la France) est déjà presque équivalent au Niveau II ERTMS, traînent les pieds, car elles n'ont rien à y gagner, ce qui a permis au président Louis GALLOIS de déclarer : "**ERTMS Niveau II, valeur ajoutée ... Zéro !**".

La France, initiatrice avec ASTRÉE, est quasiment celle qui met le moins en oeuvre ERTMS, aujourd'hui seulement sur le TGV-Est, et en parallèle avec la TVM 430, ce qui n'apporte rigoureusement aucun avantage à l'exploitation ! C'est uniquement pour faire joli devant Bruxelles.

Elle attend sans doute le Niveau III, ce en quoi je lui donne raison.

Des normes ont été édictées, mais d'une manière tellement imprécise, que bien souvent, une locomotive n'arrive à utiliser ERTMS qu'avec un équipement en voie du même constructeur que l'équipement de bord. En changeant de pays, ou en panachant les constructeurs, ce qui est la condition que doit remplir à 100 % un système d'Interopérabilité, plus rien ne fonctionne correctement, ce qui est très gênant pour un système de sécurité. La LGV Bruxelles - Amsterdam a connu les pires ennuis pour cette raison là, et un recul de sa mise en service de 2 ans (+ le problème des rames Fyra).

La France, en équipant seulement en double avec la TVM 430, le TGV-Est, s'éloigne encore un peu plus d'ASTRÉE, que Patrice BERNARD avait surtout étudié avec la philosophie d'apporter aux lignes secondaires le même niveau de sécurité que celui des lignes principales.

Une démonstration d'un système très voisin d'ASTRÉE a eu lieu sur les Chemins de fer de Provence, entre Nice et Plan-du-Var.

Baptisé "**Locoprol**", et mis en oeuvre par ALSTOM Belgique, il comportait les fameuses balises passives si économiques, et se servait aussi de la géolocalisation du GPS. Ce système a fonctionné de façon parfaite, mais le SYMA, qui avait la responsabilité de la ligne, mais où ne figurait pas vraiment des techniciens, choisit en définitive le BAPR, sous prétexte que Locoprol exigeait 2 ans d'industrialisation. L'installation du BAPR demanda plus de 2 années, mais personne ne releva cette grave erreur qui ne préserve pas l'avenir pour une extension jusqu'à Digne, alors que rappelons le, une fois les matériels moteurs équipés, Locoprol ne coûtait presque rien en équipement sur la voie, sans compter des coûts de maintenance quasiment nuls.

Bruxelles vient de tancer assez bruyamment la France et l'Allemagne, estimant que ces 2 pays ne jouaient absolument pas le jeu de la nouvelle signalisation européenne. Rien de plus vrai, mais Bruxelles devrait payer ses âneries.

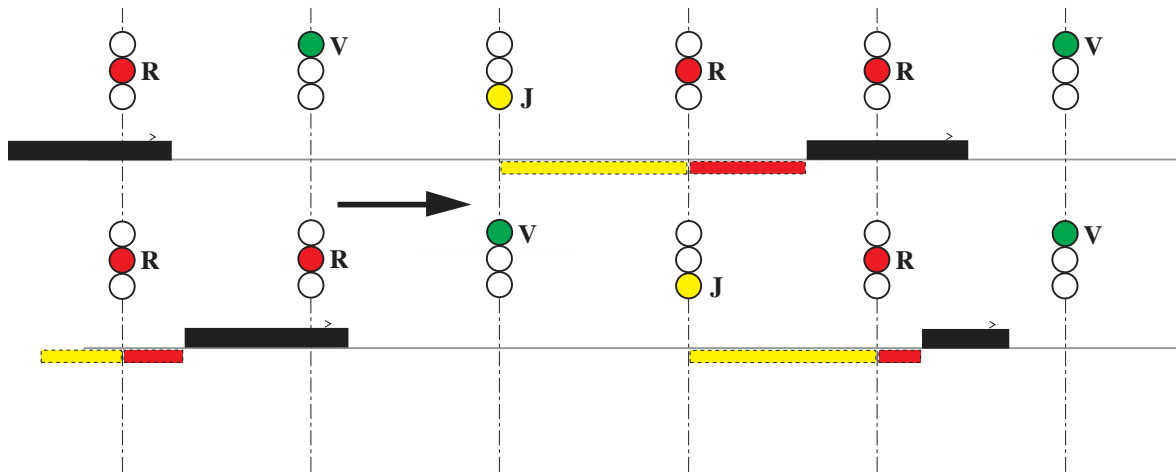
Voilà l'histoire brève de la signalisation européenne, partant d'ASTRÉE (idée en 1985, première mise en oeuvre en 1987), et de son successeur ERTMS, qui se profile comme l'un des futurs fiascos techniques de l'Europe.

Claude JULLIEN
Marseille - Juin 2013

PS : J'ai écrit un autre document en 2000, qui expose l'ensemble du fonctionnement d'ASTRÉE, avec une description détaillée de ce qu'il était possible de faire sur la ligne Marseille - Aix (hors St-Charles), signalisation pouvant s'étendre de manière ultra économique à l'ensemble de la ligne des Alpes, en fait à toute l'étoile de Veynes, vers Livron (Valence), Pont-de-Claix (Grenoble), Gap et Briançon.

Cantonnement en signalisation classique

Block Automatique Lumineux



La longueur d'un canton est au moins égale à la distance de freinage du train le plus rapide de la ligne

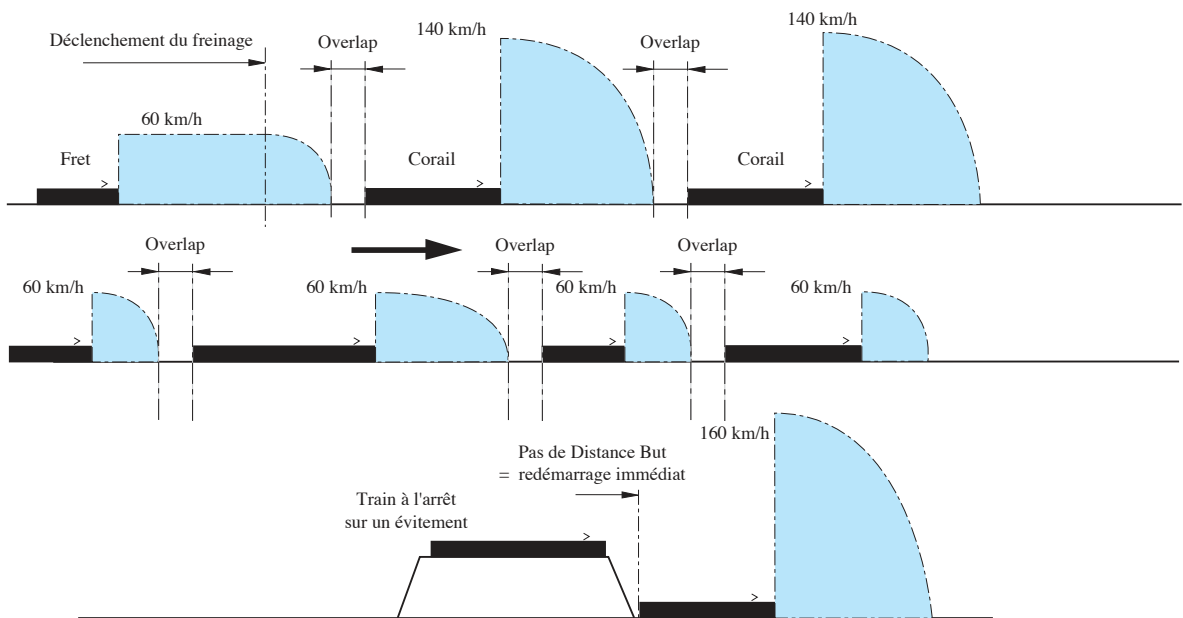
L'expérience montre qu'il faut sensiblement 3 cantons d'écart pour rouler à " voie libre " à pleine vitesse

L'investissement sur la signalisation est proportionnel au linéaire de la ligne, et indépendant du trafic

Espacement en signalisation ERTMS - Niveau III

(European Railway Transit Management System)

La densité des circulations est nettement plus importante

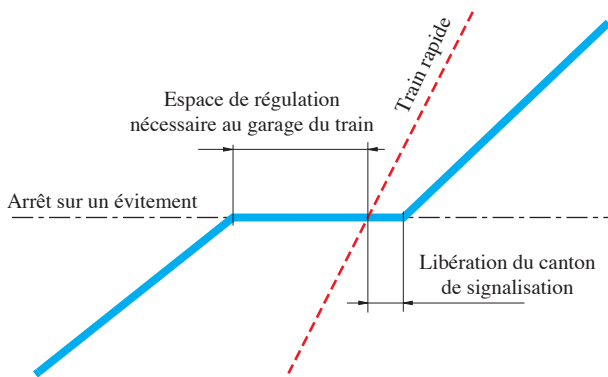


La distance entre les trains est considérablement réduite

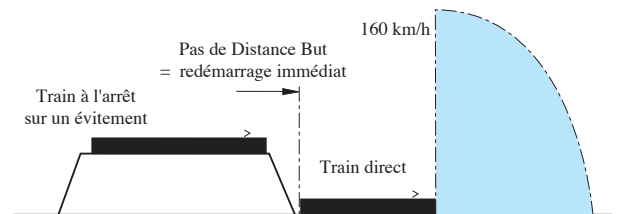
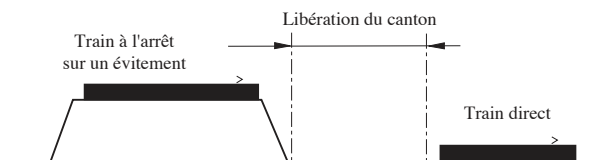
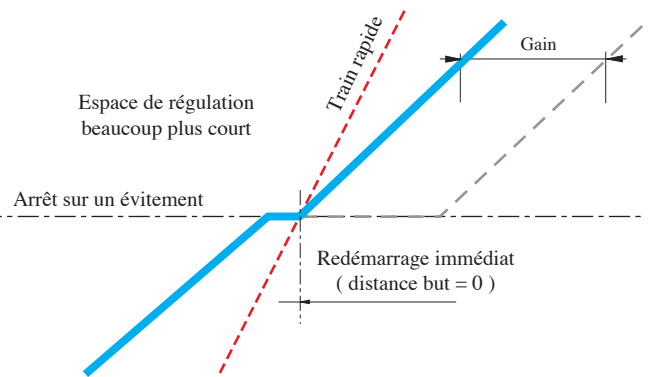
L'investissement sur la signalisation est proportionnel au trafic,
et indépendant du linéaire de la ligne

Redémarrage d'un Train de Fret derrière un Train rapide

Signalisation BAL

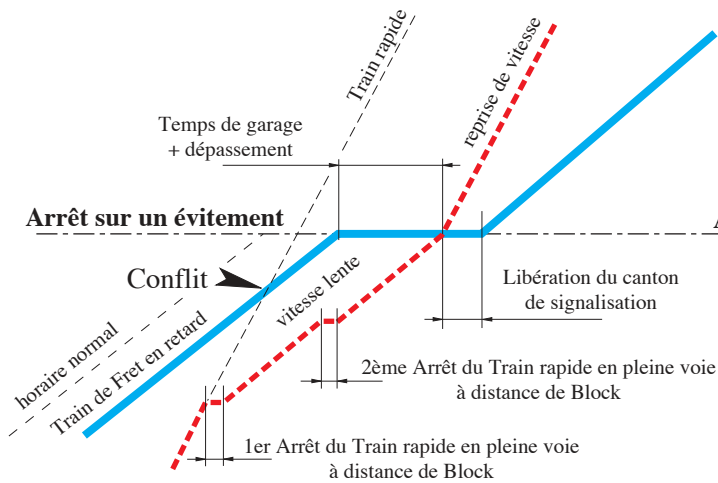


Signalisation ERTMS Niveau III

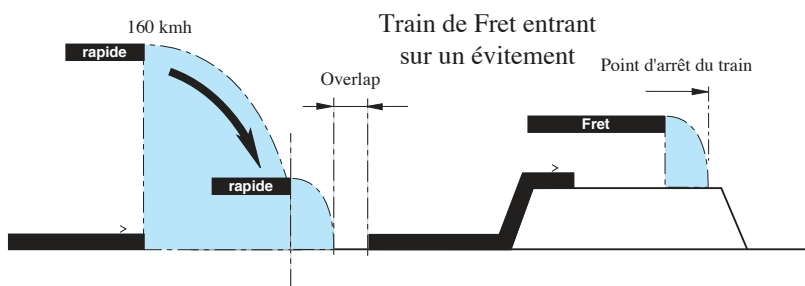
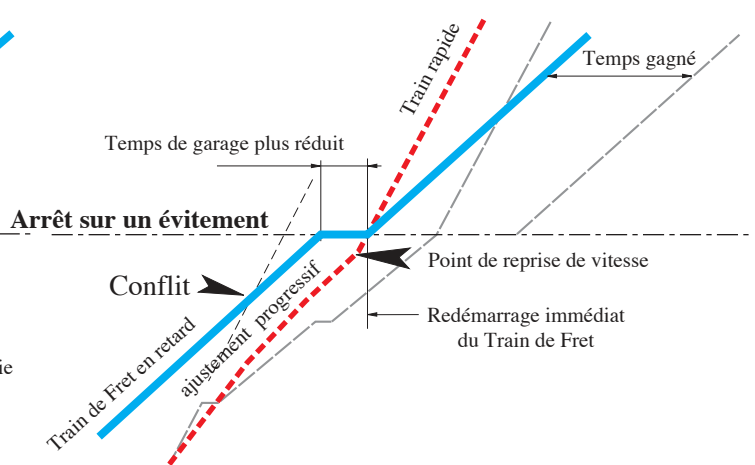


Rattrapage d'un Train de Fret par un Train rapide

Signalisation BAL



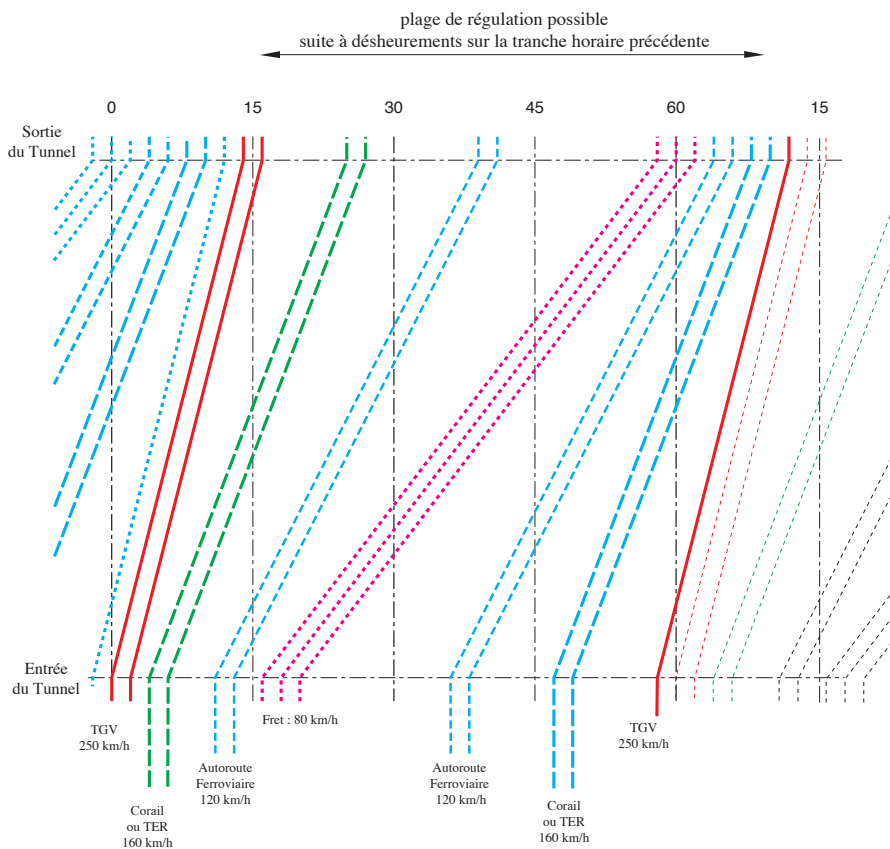
Signalisation ERTMS Niveau III



Exemple d'Occupation d'un Tunnel de Base

(une voie dans chaque sens)

Les différentiels de vitesses créent des blancs importants dans le Graphique



Pour assurer le meilleur débit,

il est capital que les trains se présentent à l'entrée du Tunnel, ce qui dépend aussi de la qualité des lignes d'accès.

Les retards à la sortie du tunnel sont plus faciles à résorber.

Les tunnels comportant des rampes supérieures à 12 ‰

verront leur débit fortement pénalisé, à cause du ralentissement des Trains de Fret, ce qui démontre bien l'avantage d'un tunnel de base.

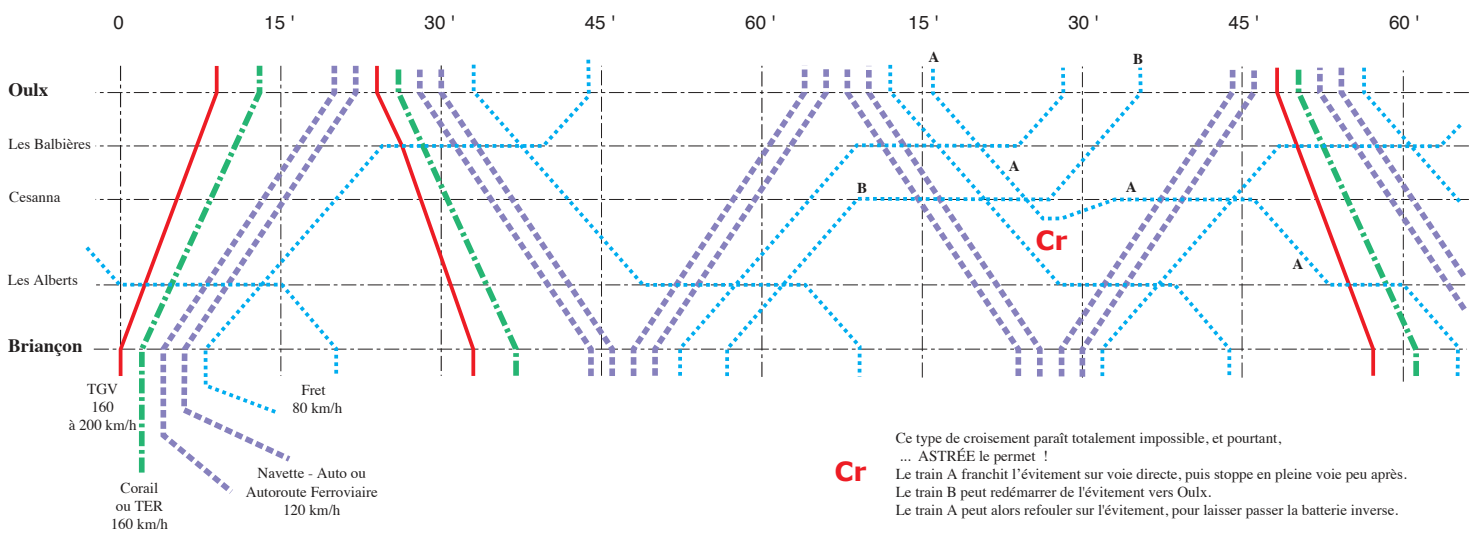
La modulation de l'attribution des sillons

en fonction des heures de pointes propres à chaque type de trafic, permet de satisfaire tous les besoins et améliorer le taux d'utilisation du tunnel.



Tunnel de Base du Briançonnais à voie unique

Le tunnel est beaucoup plus court que celui de la Maurienne
La vitesse des TGV n'est que de 200 km/h, ce qui diminue les différentiels de vitesses



Cr

Ce type de croisement paraît totalement impossible, et pourtant, ... ASTRÉE le permet !

Le train A franchit l'évitement sur voie directe, puis stoppe en pleine voie peu après.
Le train B peut redémarrer de l'évitement vers Oulx.
Le train A peut alors refouler sur l'évitement, pour laisser passer la batterie inverse.

Dans ce type d'ouvrage, il faut distinguer le trafic à longueur d'années, des pointes exceptionnelles voyageurs.

En temps normal, un mouvement voyageurs vers Chambéry (Paris) ou Turin toutes les deux heures est en général, largement suffisant.

Il est important d'assurer le transport des camions, voire des automobiles, à fréquence régulière.

Les mouvements Fret s'insèrent de manière presque transparente, au milieu du trafic général, grâce aux évitements.

La nuit, un intervalle de 4 h est réservé à l'entretien.



Claude JULLIEN - Illustrator 5.5
Fichier : LBCAF13
Indice A - 11/03/97
Graphique Briançon