

Dossier de Spécification Système de l'ATC

**Dossier de Spécification Système
de l'ATC**

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Titre	: Dossier de Spécification Système de l'ATC
Auteur	: Ph. HOG
Identification GA	: 782S00/SY/DSS/0028/3.0.0
Service origine	: SIF.St
Date de première diffusion	: 24/10/1995
Nombre de pages document	: 129 + annexes
 Catégorie	 : A approuver

OBJET :

La spécification système décrit les fonctions du système ainsi les interfaces du système avec son environnement.

Cette spécification est basée sur un modèle SADT.

Mots clés**SPECIFICATION****SYSTEME****INTERFACE****SACEM****SADT****ATC****ATP****ATO**

Dossier de Spécification Système de l’ATC

APPROBATION

INDICE (V.R.M)	3.0.0		
	Nom	Visa	Date
REDIGE PAR	Ph. HOG		
VERIFIE PAR	S. PEREA		
APPROUVE PAR	R. MUÑOZ		

Dossier de Spécification Système de l'ATC

EVOLUTIONS DU DOCUMENT

Indice	Date	Chap/sect	Raison
1.0.0	31/01/1996		Document d'origine.
1.1.0	22/04/1996	Voir barres de révision	Corrections suites aux remarques de METRO S.A. fournies dans le document PA-SIF No 38 du 10/04/1996. Suppression des références aux numéros de paragraphes du DBU (référence uniquement au nom du paragraphe). Mise à jour du tableau des retournements.
1.2.0	21/07/1997	Voir barres de révision	Correction suites aux remarques de METRO S.A. fournies dans le document PA-SIF No 83 du 22/08/96. Application de l'OM 1.
1.3.0	30/11/1997	Voir barres de révision	Correction suites aux remarques de METRO S.A. fournies dans le document PA-SIF No 141 du 27/02/97.
1.4.0	12/03/1998	Voir barres de révision	
1.5.0	10/12/1998	Voir barres de révision	OM 40 <ul style="list-style-type: none"> - procédure de départ en PA, - commande des vibreurs, - test de défaut FU. Modifications du seuil de vitesse d'ouverture des portes, OM 41 <ul style="list-style-type: none"> - prise en compte de l'erreur de loc calculée en fonction de la distance de la dernière balise, - procédure de départ en PA. Prise en compte des itinéraires de l'extension de la ligne 5.
1.6.0	22/01/1999	Annexe B	Introduction des numéros de secteur.
1.7.0	8/06/1999	Voir barres de révision	Remarques client (points 1, 2, 4 du courrier PL5/SGI No203 du 1/04/1999)
1.8.0	3/05/2000	5.6.2, p 83 Annexe C Annexe D	OM47 : <ul style="list-style-type: none"> - on commande un FS max suite à un lacher du bouton FD - changement de la valeur de 3 constantes (DproxJointRet, TRetardPortes, VSeuilPortes) - changement des LPV et TIVcom 25 en 28km/h

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Indice	Date	Chap/sect	Raison
1.9.0	20/06/2000	Annexe C	OM47 : Changement de la valeur de 2 constantes (TRetardPortes, VSeuilPortes)
1.9.2	21/12/2000	Annexe C	OM47 : Suite à demande client, changement de la valeur de 2 constantes (TRetardPortes, VSeuilPortes)
2.0.0	20/02/2002	H12, I5, B.3 6.1, B.1	OM49 : ajout des trains NS93 - 8 Voitures OM50 : ajout de l'extension 2 de la ligne 5
2.1.0	22/07/2002	6.1, B.1, I.4, I.5	OM51 : ajout de l'extension de la ligne 2, Correction composition NS93-7V.
2.2.0	25/10/2004	6.1, B.1, I.5.1, I.5.2	OM_Système_5 : Ajout de l'extension Sud de la ligne 5
2.3.0	07/06/2005	6.1, B1, I.5.1 (figure 61)	OM_Système_6 : Ajout de l'extension nord-nord de la ligne 2.
2.4.0	27/07/2006	Document principal, annexes B, C, D, H, I et L. Voir barres de modification	Prise en compte des trains NS2004 7 et 8 voitures.
2.5.0	19/01/2009		OM_PA_14 : extension de la ligne 5
2.6.0	10/06/2009		OM_Système_10 : extension de la ligne 1
2.7.0	21/09/2010		Extension ligne 5, ajout de la station Del Sol et passage de San Pablo en station de manoeuvre. Extension ligne 1, ajout des stations Hernando de Magallanes et Los Dominicos.
2.8.0	07/02/2012	Chapitre 6 Annexe I	Extension ligne 5, ajout des manoeuvres à Las Parcelas. Ajout du signal vert clignotant. Correction des types de trains par ligne.
2.9.0	30/05/2013		Marché de modification signalisation et SACEM pour changer la repartition des trains sur les lignes 2 et 5. Annexe I, modification de la répartition des trains sur ligne 2 et 5.
3.0.0	11/07/2014		Marché de rénovation des trains NS74: Ajout des train NS74 rénovés dans les annexes B, I et H.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

SOMMAIRE**CHAPITRE 1**

INTRODUCTION	1
1.1. OBJET DU DOCUMENT	1
1.2. DOMAINE D'APPLICATION	2
1.3. CONTEXTE.....	2
1.4. TERMES ET ABBREVIATIONS	3

CHAPITRE 2

CONSTRAINTES GENERALES	4
2.1. CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES	4
2.2. CONTRAINTES DE CONCEPTION	4
2.2.1. Contraintes de développement Logiciel	4
2.2.2. Contraintes de développement Matériel	4
2.2.3. Sécurité	4
2.2.4. Fiabilité et Maintenabilité.....	4
2.3. CONTRAINTES DE PERFORMANCE	5

CHAPITRE 3

REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	7
3.1. AU NIVEAU STATION.....	7
3.1.1. Equipements SACEM	7
3.1.2. Liaisons entre secteurs.....	7
3.2. AU NIVEAU VOIE	8
3.2.1. Transmission continue sol-train	8
3.2.2. Transmission ponctuelle sol-train.....	8
3.2.2.1. Balise d'initialisation au vol.....	8
3.2.2.2. Balise de relocalisation	9
3.3. AU NIVEAU TRAIN.....	9

CHAPITRE 4

SPECIFICATIONS DES INTERFACES.....	11
4.1. PRESENTATION	11
4.2. DESCRIPTION DES INTERFACES EXTERNES.....	13
4.2.1. Interface ATS	13
4.2.1.1. Synoptique représentant l'interface SACEM - ATS.....	13
4.2.1.2. Liste des données	14
4.2.1.3. Description détaillée des données.....	14

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2.2. Interface avec la signalisation (entrées pour SACEM)	16
4.2.2.1. Synoptique représentant l'interface Signalisation - SACEM	16
4.2.2.2. Liste de données.....	17
4.2.2.3. Description détaillée des données.....	17
4.2.3. Interface Alimentation - SACEM sol	19
4.2.3.1. cas des armoires calculateur sol et transmission.....	19
4.2.3.2. cas de l'alimentation des balises d'initialisation et de relocalisation	19
4.2.4. Interface SACEM - Transmission à la voie.....	21
4.2.5. Interface Matériel Roulant (équipements train et conducteur).....	23
4.2.5.1. Liste de données.....	23
4.2.5.2. Description détaillée des données.....	24

CHAPITRE 5**SPECIFICATION FONCTIONNELLE 27**

5.1. INTRODUCTION.....	27
5.2. DESCRIPTION DES DONNEES INTERNES	27
5.2.1. Interface entre l'équipement ATC Bord et l'équipement ATC Sol.....	27
5.2.2. Interface entre deux équipements ATC Sol adjacents.....	28
5.2.3. Interface entre l'équipement ATC Bord et le terminal de maintenance embarqué.....	29
5.2.3.1. Liste des données	29
5.2.3.2. Description détaillée	30
5.2.4. Interface entre équipement ATC sol et terminal de maintenance sol.....	30
5.2.4.1. Liste de données.....	30
5.2.4.2. Description détaillée	31
5.3. FONCTIONS SACEM SPECIFIQUES.....	32
5.3.1. Principes SACEM de description de la voie	32
5.3.1.1. Principes généraux de description de la voie.....	32
5.3.1.2. Décomposition de la description de la voie	32
5.3.2. Principe de la transmission SACEM	37
5.3.2.1. Introduction.....	37
5.3.2.2. Transmission continue	37
5.3.2.3. Transmission ponctuelle sol -> bord.....	45
5.3.2.4. Transmission intersecteurs.....	48
5.3.3. Localisation SACEM.....	51
5.3.3.1. Principes de localisation	51
5.3.3.2. Mesure du mouvement.....	52
5.3.3.3. Initialisation de la localisation du train.....	54
5.3.3.4. Actualisation de la localisation du train.....	54
5.3.4. Modes de contrôle SACEM.....	58
5.4. PROTEGER ET ASSISTER LES PASSAGERS	59
5.4.1. Gestion des portes du train	59
5.4.2. Maintien du train à quai.....	64
5.5. GERER LE MOUVEMENT DES TRAINS	65

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5.1. Départ Sur Ordre	65
5.5.2. Régulation ATO	65
5.5.2.1. Rappel des objectifs	66
5.5.2.2. Acquisition des ordres de régulation	67
5.5.2.3. Conditions prioritaires inhibant les ordres de la régulation	68
5.5.3. Arrêt du train au point d'arrêt de service en station	68
5.5.4. Arrêt du train devant un point d'arrêt restrictif	69
5.5.4.1. Point d'arrêt sans section tampon et sans signal	70
5.5.4.2. Point d'arrêt sans section tampon et avec signal au droit du joint	71
5.5.4.3. Point d'arrêt avec section tampon et avec signal au droit du joint	71
5.5.4.4. Point d'arrêt sans section tampon avec signal placé en amont du joint	76
5.5.4.5. Utilisation des différents types de point d'arrêts	77
5.5.5. Retournement	77
5.6. CONDUIRE CHAQUE TRAIN	82
5.6.1. Commande du train	82
5.6.2. Ordre de départ	84
5.7. PROTEGER LES MOUVEMENTS DU TRAIN	85
5.7.1. Mesure de vitesse	85
5.7.2. Gestion des limites de vitesse	85
5.7.2.1. Contrôle de la vitesse en fonction du mode de conduite	86
5.7.2.2. Contrôle des vitesses permanentes	86
5.7.2.3. Contrôle des vitesses temporaires	86
5.7.3. Limite temporaire de vitesse	87
5.7.3.1. Application, inhibition ou modification d'une LTV	88
5.7.3.2. Levée des LTVs sur un secteur	90
5.7.3.3. Consultation de LTV	92
5.7.3.4. Transitions	92
5.7.3.5. Mise en oeuvre de la fonction LTV	92
5.7.4. Détection de recul	93
5.7.5. Contrôle du mouvement du train	93
5.7.5.1. Contrôle d'énergie	94
5.7.5.2. Contrôle de vitesse	96
5.7.5.3. Contrôle d'espacement	96
5.8. INFORMER LE CONDUCTEUR DU TRAIN	97
5.8.1. Affichage des voyants	98
5.8.2. Affichage de la vitesse consigne	99
5.9. RECONFIGURER ET MAINTENIR	103
5.9.1. Reconfiguration de la transmission continue	103
5.9.1.1. but de la fonction	103
5.9.1.2. Description détaillée dans le cas de la défaillance d'un support de transmission	103
5.9.1.3. Mise en oeuvre de la reconfiguration de la transmission continue	104
5.9.2. Fonction de maintenance	104
5.9.3. UENR (Unité d'Enregistrement des paramètres d'exploitation)	105

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CHAPITRE 6**SPECIFICATION OPERATIONNELLE..... 107**

6.1. EXPLOITATION DU RESEAU	107
6.1.1. Mouvements équipés SACEM	107
6.1.2. Gestion du retournement	120
6.2. MOUVEMENT EN DEPOT ET SORTIE.....	126
6.2.1. Sortie d'un atelier.....	126
6.2.2. Entrée à l'atelier	126
6.3. MOUVEMENT SUR LA LIGNE PRINCIPALE.....	126
6.4. CIRCULATION SUR LES VOIES DE RACCORDEMENT.....	127
6.5. PROCEDURE DE RETOURNEMENT	127
6.6. CARACTERISTIQUES DE SIGNALISATION.....	128
6.6.1. Signaux au rouge	128
6.6.2. Signal vert.....	129
6.6.3. Signal simple - aspect jaune	129
6.6.4. Signal double jaune	129
6.6.5. Signal vert clignotant.....	129

ANNEXE A

MODELE SADT	1
--------------------------	----------

ANNEXE B

DEFINITION DES DONNEES	1
-------------------------------------	----------

B.1. Identification des stations et des secteurs SACEM	1
B.2. Numéro de circuit de voie	2
B.3. Identification des trains	3

ANNEXE C

VALEURS NUMERIQUES	1
---------------------------------	----------

ANNEXE D**DESCRIPTION DES**

MESSAGES SOL ATC -> BORD ATC	1
--	----------

D.1 Description des invariants sécuritaires	1
D.2 Description des messages de variants sécuritaires	33
D.3 Description des messages LTV (Limitation Temporaire de Vitesse).....	35
D.4 Description des messages courts non sécuritaires	39

ANNEXE E

Dossier de Spécification Système de l'ATC

MESSAGES TERMINAL DE MAINTENANCE SACEM SOL	1
E.1. Protocoles utilisés	1
E.2. Notations	3
E.3. Liste de messages.....	3
E.4. Demande d'acquisition d'état LTV	4
E.5. Demande de modification LTV (fonctionnelle)	5
E.6. Demande de modification LTV (somme de contrôle en sécurité).....	6
E.7. Demande de suppression LTV (fonctionnelle)	7
E.8. Demande de suppression LTV (sécuritaire)	8
E.9. Etat LTV	9
E.10. Heure sécuritaire	10
E.11. Compte-rendu d'opération sur LTV	11
E.12. Demande d'acquisition du contenu mémoire	13
E.13. Demande d'effacement de contenu mémoire	14
E.14. Demande d'acquisition d'alarmes temps-réel.....	15
E.15. Demande de numéro de version logiciel SACEM sol	16
E.16. Elément de mémoire sauvegardée	17
E.17. Alarme SACEM sol	18
E.18. Numéro de version du logiciel SACEM sol	19
 ANNEXE F	
MESSAGES DU TERMINAL DE MAINTENANCE BORD	1
F.1. Protocole utilisé.....	1
F.2. Liste des messages de maintenance	3
F.2.1. Demande d'acquisition du contenu mémoire.....	4
F.2.2. Demande d'effacement mémoire	4
F.2.3. Demande d'acquisition d'alarme temps-réel.....	4
F.2.4. Demande de numéro de version ATP et ATO	5
F.2.5. Annulation de la demande d'acquisition des alarmes temps réel.....	5
F.2.6. Demande d'acquisition partielle du contenu mémoire.....	5
F.2.7. Elément de mémoire sauvegardée	6
F.2.8. Alarme temps-réel ATC bord.....	6
F.2.9. Version des logiciels ATP et ATO.....	7
 ANNEXE G	
MESSAGES ENTRE DEUX EQUIPMENTS SOL	1
G.1. Fonction de l'interface.....	1
G.2. Description de données	1

Dossier de Spécification Système de l'ATC

G.2.1 Interfaces physiques	1
G.2.2 Messages d'un secteur adjacent.....	1

ANNEXE H

CALCUL DE CONTROLE D'ENERGIE	1
H.1. Equation d'énergie entre deux points a et b	1
H.2. Calcul de l'énergie cinétique du train.....	1
H.3. Calcul du travail de la gravité entre les points a et b.....	2
H.4. Calcul des forces de traction	2
H.5. Calcul du travail des forces de freinage	3
H.6. Expression de l'équation d'énergie	3
H.7. Sous-estimation des termes liés à la gravité.....	4
H.8. Sous-estimation des forces de traction	5
H.9. Sous-estimation du terme des forces de freinage	6
H.10. Résumé	7
H.11. Sur-estimation de la vitesse du train.....	8
H.12. Caractéristiques des trains	9
H.12.1 Temps de réponse du système	9
H.12.2 Type de train 1 (NS74 et NS88)	9
H.12.3 Type de train 2 (NS93 et NS93I).....	11
H.12.4 Type de train 3 (NS2004)	12
H.12.5 Type de train 1 (NS74R renouvelés)	13

ANNEXE I

CALCUL DES PENTES COMPENSEES	1
I.1. But.....	1
I.2. Calcul du travail des forces de gravité.....	1
I.3. Pentes compensées.....	2
I.4. Méthode de calcul des pentes compensées	2
I.5. Modélisation des trains	3
I.5.1 Types de trains	3
I.5.2 Répartition des trains sur chaque ligne	7
I.5.3 Modélisation des voitures	8

ANNEXE J

REFERENCE CROISEE DSS / DBU	1
--	----------

ANNEXE K INTERFACE STATION	1
---	----------

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE L INTERFACE TRAIN	1
---------------------------------------	----------

Dossier de Spécification Système de l'ATC

LISTE DES FIGURES

Figure. 1. Connexion inductive.....	8
Figure. 2. Synoptique représentant l'interface SACEM - ATS - cas du secteur i	13
Figure. 3. Synoptique représentant l'interface Signalisation - SACEM.....	16
Figure. 4. synoptique interface alimentation des armoires	19
Figure. 5. synoptique de l'alimentation des balises implantées à la voie (cas d'une voie uniquement).....	20
Figure. 6. Interface entre SACEM et la voie	22
Figure. 7. Définition des secteurs amont et aval.....	28
Figure. 8. Découpage de la voie dans une description SACEM (pour un sens de parcours unique)	33
Figure. 9. Numérotation relative des branches	35
Figure. 10. Résumé de la numérotation absolue des segments et branches.....	36
Figure. 11. Branches et segments chaînés	36
Figure. 12. Echanges de la transmission SACEM	37
Figure. 13. Distance d'anticipation et distance de visibilité.....	38
Figure. 14. Format d'un élément de transmission continue	39
Figure. 15. Description d'une entête d'élément de 80 bits	39
Figure. 16. Contenu du champ "DECOD".....	40
Figure. 17. Balise d'initialisation au vol.....	46
Figure. 18. Balise de relocalisation.....	47
Figure. 19. Format d'un élément de transmission intersecteur.....	48
Figure. 20. Contenu du champ "DECOD".....	49
Figure. 21. Chronogramme des capteurs de la roue phonique.....	52
Figure. 22. Balise d'initialisation au vol utilisée pour l'étalonnage	53
Figure. 23. Position de la balise de relocalisation.....	55
Figure. 24. Balise d'initialisation au vol utilisée pour la relocalisation.....	55
Figure. 25. Retournement	57
Figure. 26. Correspondance entre les abscisses avant et après retournement.....	58
Figure. 27. Conditions d'ouverture des portes du train	64
Figure. 28. Acquisition des ordres de régulation	67
Figure. 29. Définition de "DNonShunt".....	69
Figure. 30. Définition d'un point d'arrêt sans zone tampon et sans signal.....	70
Figure. 31. Définition d'un point d'arrêt sans zone tampon mais avec signal au droit du joint.....	71
Figure. 32. Définition d'un point d'arrêt avec zone tampon et avec signal au droit du joint	71
Figure. 33. Cas d'un signal après retournement	73
Figure. 34. Cas d'une aiguille à enclenchement permanen	73
Figure. 35. Cas d'une aiguille à enclenchement temporisé depuis le tracé de l'itinéraire.....	74

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Figure. 36. Cas d'une aiguille à enclenchement temporisé en cours de l'itinéraire	75
Figure. 37. Définition d'un point d'arrêt sans zone tampon avec signal placé en amont du joint....	76
Figure. 38. Retournement en service normal	78
Figure. 39. Retournement en interstation.....	79
Figure. 40. Retournement dans une station intermédiaire	80
Figure. 41. Application des retournements au différentes manœuvres hors des terminus.....	81
Figure. 42. Algorithme de point d'arrêt à glissement réduit	83
Figure. 43. Boucle d'asservissement de l'ATO	84
Figure. 44. Description de la majoration des vitesses à contrôler	86
Figure. 45. Courbe de marche en cas d'application de la LTV sans prudence	87
Figure. 46. Procédure de modification d'une LTV à partir du terminal de maintenance.....	89
Figure. 47. Procédure de levée des LTV à partir du terminal de maintenance	91
Figure. 48. Bilan énergétique SACEM	94
Figure. 49. Application du contrôle d'énergie	95
Figure. 50. Réaction de l'afficheur en cabine sur une séquence d'arrêt	101
Figure. 51. Réaction de l'afficheur en cabine sur une séquence de limite de vitesse	102
Figure. 52. Définition de la Zone d'Anticipation Tronçon.....	103
Figure. 53. partie "INF" des invariants sécuritaires	2
Figure. 54. Définition des caractéristiques fixes.....	8
Figure. 55. Définition du point d'arrêt d'espacement	13
Figure. 56. Définition d'un point d'arrêt simple ou complexe sans section tampon	14
Figure. 57. Définition d'un point d'arrêt simple ou complexe avec section tampon.....	15
Figure. 58. Caractéristiques de station	21
Figure. 59. Partie "INF" de message de Limitation Temporaire de Vitesse	35
Figure. 60. Partie "INF" des messages de variants non-sécuritaires.....	39
Figure. 61. Polarisation des trains sur la ligne 1	5
Figure. 62. Polarisation des trains sur les lignes 2 et 5	6
Figure. 62. Synoptique de l'environnement de l'armoire SACEM sol.....	2

Dossier de Spécification Système de l'ATC

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données transmises de l'ATS vers l'ATC	14
Tableau 2 : Données transmises de l'ATC vers l'ATS	14
Tableau 3 : Données transmises de l'enclenchement vers SACEM.....	17
Tableau 4 : Données échangées entre ATC et Matériel Roulant	23
Tableau 5 : Données transmises par liaison inter-secteur	29
Tableau 6 : Messages échangés entre le terminal de maintenance bord et l'opérateur	29
Tableau 7 : Messages échangés entre le terminal de maintenance sol et l'opérateur	30
Tableau 8 : Récapitulatif des messages	42
Tableau 9 : Récapitulatif des messages	50
Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM	108
Tableau 11 : Liste des zones de retournements SACEM.....	121
Tableau 12 : Liste des messages	1
Tableau 13 : Liste des singularités.....	3
Tableau 14 : Liste des différents messages TM <-> SACEM sol.....	3
Tableau 15 : Liste des messages TM <-> SACEM bord	3
Tableau 16 : Composition des trains.....	4
Tableau 17 : Liste des trains utilisés pour les pentes compensées de chaque ligne.....	7
Tableau 18 : Tableau de références croisées DBU - DSS.....	2
Tableau 19 : Interface Entrées TOR de l'armoire ATC bord	1
Tableau 20 : Interface Sorties TOR de l'armoire ATC bord	2
Tableau 21 : Interface Liaisons série avec l'armoire ATC bord.....	4
Tableau 22 : Interface Sorties TOR de l'afficheur NS74, NS88	5

Dossier de Spécification Système de l'ATC

BIBLIOGRAPHIE**Documents applicables et de références**

- [A1] REPOSICION DEL SISTEMA DE PILOTAJE AUTOMATICO DE LINEAS 1 Y 2 Y UN SISTEMA DE CONDUCCIONAUTOMATICA PARA LA LINEA 5 DEL METRO DE SANTIAGO
VOLUMEN 2 - ESPECIFICACIONES FUNCTIONAL Y TECNICA
- [A2] REPOSICION DEL SISTEMA DE PILOTAJE AUTOMATICO DE LINEAS 1 Y 2 Y UN SISTEMA DE CONDUCCIONAUTOMATICA PARA LA LINEA 5 DEL METRO DE SANTIAGO
VOLUMEN 3 - PLIEGO DE PRESCRIPCIONES ESPECIALES
- [A3] REPOSICION DEL SISTEMA DE PILOTAJE AUTOMATICO DE LINEAS 1 Y 2 Y UN SISTEMA DE CONDUCCIONAUTOMATICA PARA LA LINEA 5 DEL METRO DE SANTIAGO
VOLUMEN 4 - ANEXOS
- [A4] Plan d' Assurance Qualité projet 782S00/QU/PAQ/0002
- [A5] Plan d' Assurance système 782S00/AP/PAP/0003
- [A6] Plan Qualité Logiciel 782S00/QU/PQL/0022
- [A7] Plan Qualité Matériel 782S00/QU/PQM/0023
- [A8] Plan d' Assurance Sécurité 782S00/AP/PAS/0201
- [A9] Dossier de spécification des Besoins Utilisateur 782SA0/SY/DBU/0016

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1. OBJET DU DOCUMENT

Ce document présente la spécification système relative à la Conduite Automatique des Trains (ATC) des Lignes 1, 2 et 5 du métro de Santiago.

Ce document se décompose en six parties.

- Le chapitre "INTRODUCTION" présente le contexte général du projet.
- Le second chapitre "CONTRAINTES GENERALES" présente les différentes contraintes imposées au système (performance, environnement,.....).
- Le troisième chapitre "REPARTITION GEOGRAPHIQUE" présente l'architecture du système et décrit en particulier la répartition géographique des différents sous-systèmes ainsi que les liens physiques qui les relient.
- Le quatrième chapitre "SPECIFICATION DES INTERFACES" spécifie les interfaces entre le système à fournir et les systèmes externes.
- Le cinquième chapitre "SPECIFICATION FONCTIONNELLE" présente les fonctions réalisées par les sous-systèmes ATC de façon à répondre aux besoins du client (METRO S.A.) tels qu'exprimés dans le document "Dossier de spécification des Besoins Utilisateur". Afin d'éviter toute redondance d'information entre ces deux documents, les fonctions décrites dans le DBU (voir • [A10]) ne sont pas reprises. Seule la façon dont ces fonctions sont réalisées par les sous-systèmes est présentée. En particulier, ce chapitre permettra d'assurer une traçabilité entre les besoins du client et la façon dont ils sont mis en oeuvre. Ce chapitre décrit également les fonctions spécifiques à SACEM (par exemple les principes de localisation) ainsi que le dialogue d'échange de données entre des sous-systèmes.
- Le sixième chapitre "SPECIFICATION OPERATIONNELLE" présente les modes d'exploitation du nouveau système. En particulier, il décrit les procédures d'exploitation et les manoeuvres associées aux différents points sur les lignes.

Enfin, un ensemble d'annexes permet de préciser certaines informations et en particulier le modèle SADT (ANNEXE A) du système ainsi qu'une description précise des différentes interfaces.

Remarques :

- Les constantes qui peuvent être trouvées dans le document principal sont définies en ANNEXE C.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

1.2. DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document s'applique au contrat dont l'objet est la fourniture, l'installation et la mise en service d'un système ATC sur les trois lignes de métro de Santiago, qui sont les lignes existantes 1 et 2 et la nouvelle ligne 5.

1.3. CONTEXTE

L'environnement du système ATC apparaît dans le modèle SADT fourni en annexe. Ce modèle permet de présenter de manière structurée les différentes fonctions à réaliser et les sous-systèmes ATC qui les réalisent.

Ces divers sous-systèmes sont :

- L'équipement ATC sol
- L'équipement ATC bord

Les équipements du terminal de maintenance sont fournis pour la partie sol et la partie bord mais ne sont pas considérés comme des sous-systèmes.

Le choix de cette décomposition en sous-systèmes résulte des expériences précédentes. Les raisons qui ont conduit à ce choix sont : l'adéquation des contraintes matérielles compatibles avec les objectifs de modularité, d'adaptabilité et de bon fonctionnement.

Ces raisons conduisent aux principes généraux suivants :

- Une répartition "figée" entre installation sol et train.
=> Pour une standardisation nécessaire des échanges sol/train.
- La réalisation à bord des principaux traitements (transmission aux trains des données fixes et variables du site)
=> Pour l'adaptabilité de la performance de chaque type de train aux différents sites et aux différents mode d'exploitation ainsi que pour l'obtention d'une autonomie maximale du train vis à vis des événements de la ligne.
- Utilisation des techniques de traitement numérique avec des transmissions télégraphiques à adressage informationnel.
=> Pour être plus indépendant des caractéristiques physiques de l'environnement :
 - utilisation minimale des matériels à la voie,
 - transmission indépendante du découpage en circuit de voie.
- Séparation des opérations des traitements, voire des supports, pour les fonctions sécuritaires et non sécuritaires.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

=> Pour protéger les traitements sécuritaires vis à vis de l'évolution des fonctions non sécuritaires.

1.4. TERMES ET ABBREVIATIONS

- ALD Amplificateur Local de Défreinage (sur trains NS74 et NS88)
- ATC Contrôle automatique des trains (Automatic Train Control)
- ATO Pilotage automatique (Automatic Train Operation)
- ATP Protection automatique des trains (Automatic Train Protection)
- ATS Commandes centralisées (Automatic Train Supervision)
- CMC Conduite Manuelle Contrôlée
- CML Conduite Manuelle Libre
- CMP Conduite Manuelle Protégée
- DBU Dossier de spécifications des Besoins Utilisateur
- DSO Départ Sur Ordre
- FD Fermeture/Départ
- FU Freinage d'Urgence
- IFS Inhibition du Frein Secours
- LPV Limite Permanente de Vitesse
- LTV Limite Temporaire de Vitesse
- MAV Marche A Vue
- PA Pilotage Automatique
- PAS Point d'Arrêt de Service
- PCC Poste de Commande Centralisé
- RPS Répétition Ponctuelle des Signaux
- SES Salle des Equipements de Signalisation
- SIE Système Informatique Embarqué (sur train NS 93)
- TM Terminal de Maintenance
- UENR Unité d'ENRegistrement
- URL Unité Remplaçable en ligne

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CHAPITRE 2

CONTRAINTES GENERALES

2.1. CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Les contraintes à prendre en compte au niveau du système ATC sont décrites dans :

- le chapitre 1 du volume 2 - SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES ET TECHNIQUES,
- le chapitre 5-4 du Volume 3 - CAHIER DES CHARGES PARTICULIERES,

du document :

REPOSICION DEL SISTEMA DE PILOTAJE AUTOMATICO DE LINEAS 1 Y 2 Y UN SISTEMA DE CONDUCCION AUTOMATICA PARA LA LINEA 5 DEL METRO DE SANTIAGO (Réinstallation du système de pilotage automatique des lignes 1 et 2 et un système de conduite automatique pour la ligne 5 du Métro de Santiago).

2.2. CONTRAINTES DE CONCEPTION

2.2.1. Contraintes de développement Logiciel

Les contraintes associées au développement logiciel sont décrites dans le document suivant :

- "Plan d'Assurance Système" réf • [A5]
- "Plan Qualité du Logiciel" réf • [A6]

2.2.2. Contraintes de développement Matériel

Les contraintes associées au développement matériel sont décrites dans le document suivant :

- "Plan d'Assurance Système" réf • [A5]
- "Plan Qualité du développement Matériel" réf • [A7]

2.2.3. Sécurité

Les contraintes de sécurité sont décrites dans le document suivant :

- "Plan de Sécurité Système" réf • [A8]

2.2.4. Fiabilité et Maintenabilité

Se reporter aux Spécifications des Contraintes de Fiabilité fournies dans • [A2], Chapitre 6, Paragraphes 6 et 8.10.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

2.3. CONTRAINTES DE PERFORMANCE

- intervalle :

Le système ATC permet d'appliquer, conformément à la signalisation installée sur les trois lignes, un intervalle de service théorique de 90 s entre chaque train. Cet intervalle est calculé de terminus à terminus.

Il est à noter que cet intervalle n'a de sens qu'en mode PA. En CMC, si le conducteur se conforme au plus vite aux consignes de conduite qui lui sont affichées (consignes permissives, au plus tôt et consignes restrictives au plus tard), cet intervalle théorique pourra être respecté.

En revanche, cet intervalle ne sera pas respecté en cas de perturbations en ligne ou lorsque un train circule en mode CML ou MAV.

- temps de réponse :

Plusieurs temps de réponse significatifs peuvent être calculés :

Temps de prise en compte à bord dans le cas d'une information permissive :

- prise en compte de l'entrée de signalisation par l'armoire SACEM : 2 cycles sol,
- traitement par l'armoire sol : 1 cycle sol,
- transmission : 1 cycle sol,
- temps de prise en compte au niveau du bord : 2 cycles bord dont un d'asynchronisme

Le temps total est donc de : 1,968 s. (avec une durée du cycle sol: 0,336 s et du cycle bord: 0,312 s)

Temps de prise en compte à bord dans le cas d'une information permissive avec transmission des variants dans le pire cas :

- 9 cycles sol (cycles sol précédent et perte d'un message de variants),
- 5 cycles bord.

Le temps total est donc de : 4,584 s.

Temps de prise en compte à bord dans le cas d'une information restrictive avec défaillance de la transmission des variants :

Le pire cas est :

- 3 cycles sol (comme précédemment),
- puis perte de la transmission soit 5 s avant prise en compte des variants restrictifs.

Le temps total est donc de : 6,008 s.

Dans le cas d'une information restrictive et sans perte de transmission, on obtient un temps de 1,968 s.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Temps de prise en compte à bord dans le cas d'une information non sécuritaire (DSO ou marche type) :

Le meilleur cas est :

- prise en compte de l'entrée de signalisation par l'armoire SACEM : 1 cycles sol,
- traitement par l'armoire sol : 1 cycle sol,
- transmission : 1 cycle sol,
- temps de prise en compte au niveau du bord : 2 cycles bord dont un d'asynchronisme.

Le temps total est donc de 1,632 s.

Le pire cas est :

- prise en compte de l'entrée de signalisation par l'armoire SACEM : 1 cycles sol,
- traitement par l'armoire sol : 1 cycle sol,
- attente transmission : 2 cycles sol,
- transmission : 1 cycle sol,
- répétition (premier message raté par l'équipement embarqué) : 1 cycle sol,
- temps de prise en compte au niveau du bord : 2 cycles bord dont un d'asynchronisme.

Le temps total est donc de 2,64 s.

Dossier de Spécification Système de l'ATC**CHAPITRE 3****REPARTITION GEOGRAPHIQUE**

Ce chapitre présente l'architecture générale du système et fournit en particulier la répartition géographique des différents sous-systèmes ainsi que les liens physiques qui les relient. Il permet d'avoir une vision globale du système.

3.1. AU NIVEAU STATION

Chaque équipement SACEM sol régit un secteur qui est une portion de la voie qui peut comprendre jusqu'à trois stations.

3.1.1. Equipements SACEM

Ils sont toujours situés dans les salles d'équipements de signalisation (SES).

Les données de signalisation en provenance de l'enclenchement sont nécessaires à l'ATC.

Les fonctions de l'ATC nécessitent que le système SACEM échange des données avec divers autres équipements, systèmes ou trains exploités dans les secteurs ainsi qu'avec l'ATS (par exemple, pour les informations de régulation et d'état du système).

Les calculateurs SACEM sol communiquent entre eux afin de gérer la prise en charge des trains entre deux secteurs (éventuellement avec un secteur d'une autre ligne, ce qui est le cas pour la liaison entre les lignes 1 et 2). Cette fonction est assurée au moyen de liaisons de données spécifiques.

Il n'y a pas de secours entre calculateurs SACEM sol. Lors de la défaillance de l'un d'eux, les trains devront franchir les portions de voie qu'il gère en mode CML ou CMP. Les secteurs adjacents seront prévenus de la défaillance du secteur courant.

Un Terminal de Maintenance (de type PC portable) peut être relié aux équipements SACEM. Ce terminal assiste l'équipe de maintenance pour les tâches d'analyse. En outre, ce terminal est utilisé pour appliquer des Limites Temporaires de Vitesse au secteur.

3.1.2. Liaisons entre secteurs

La liaison de communication entre secteurs est la liaison intersecteurs : elle permet, aux équipements sol, de fournir à un train les informations nécessaires au passage d'un secteur à un autre sans perturbation.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

3.2. AU NIVEAU VOIE

3.2.1. Transmission continue sol-train

Pour assurer la protection et le pilotage automatique des trains, il est nécessaire que les équipements à la voie communiquent avec les trains. Cette communication est unidirectionnelle dans le sens sol -> bord. Elle permet de transmettre aux trains la description de la voie, l'état d'occupation de la voie et les informations de régulation. La transmission continue sol-train est effectuée dans les rails de roulement par l'intermédiaire des connexions inductives.

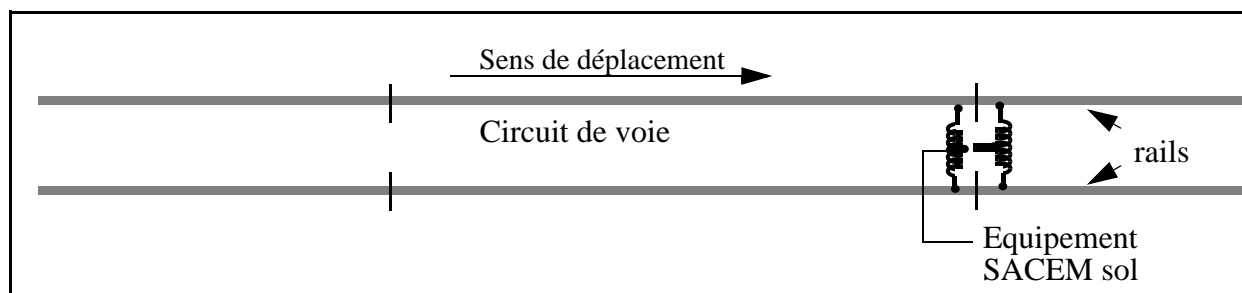


Figure. 1. Connexion inductive

3.2.2. Transmission ponctuelle sol-train

La transmission ponctuelle est mise en oeuvre au moyen de balises installées entre les rails à des points spécifiques de la voie.

Elle est utilisée pour permettre au train de se localiser dans le réseau et en particulier d'exécuter :

- une initialisation de la localisation du train dans la description de la voie et un étalonnage de la roue phonique.
- un recalage de la localisation du train (appelé "relocalisation") dans la description de la voie.

3.2.2.1. Balise d'initialisation au vol

Ce type de balise est utilisée pour initialiser les trains lorsqu'ils entrent dans le réseau équipé SACEM et pour étalonner la roue phonique. Elle peut également être utilisée pour initialiser les trains après une défaillance d'un équipement sol. L'initialisation est autorisée dans un seul sens de la marche.

La longueur de ce type de balise est utilisée pour étalonner la roue phonique. Le système embarqué compare la distance qu'il a mesurée avec l'espace prédéterminé. Il peut en déduire une constante d'étalonnage pour la roue phonique. Cette valeur est alors appliquée à toute future mesure de distance.

Ces balises, alimentées par le sol, sont installées à chaque entrée de secteur (zone gérée par un calculateur sol) pour réinitialiser l'ATP en cas de défaut sur le secteur en amont.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

3.2.2.2. Balise de relocalisation

Cette balise permet au train, qui la franchit, de réaligner sa localisation sur la position de la balise dans la description de la voie, donc de corriger les éventuelles erreurs dues à l'étalonnage de la roue phonique. Ces balises sont placées régulièrement le long de la voie et en des points spécifiques pour permettre à l'ATO d'effectuer un arrêt précis, soit :

- à quai pour permettre l'arrêt précis au niveau des PAS,
- avant une zone de retournement.

Le positionnement de ces balises permet d'exploiter les 3 lignes du métro avec les trains décrits dans le tableau 16 de l'Annexe I.

Ces balises, alimentées par le sol, sont installées de façon à ce qu'une balise puisse être manquée par l'équipement embarqué sans pour cela réduire la précision de localisation requise par les équipements SACEM. Au-delà d'une balise manquée, le train perd sa localisation.

3.3. AU NIVEAU TRAIN

Les équipements embarqués sur le train comprennent :

- l'armoire ATC (contenant le calculateur ATP, le calculateur ATO et l'unité d'enregistrement des paramètres d'exploitation (UENR)),
- la roue phonique SACEM
- l'antenne contenant les capteurs de transmission ponctuelle sol-train,
- les capteurs de transmission continue sol-train,
- l'interface conducteur,
- l'interface Terminal de Maintenance.

L'armoire ATC est installée dans la portion centrale du train (voiture P pour les trains de type NS74 ou NS88 et voiture N2 pour les trains de type NS93).

Le mouvement du train est constamment mesuré par la roue phonique qui est montée sur un essieu non moteur et non-freiné.

L'antenne contenant les capteurs de transmission ponctuelle est montée sous la voiture où est installée l'armoire ATC.

Les capteurs d'acquisition de la transmission continue sont montés devant le premier essieu de chaque extrémité du train (pour chaque sens de marche).

Un système d'affichage (interface conducteur) est installé dans chaque cabine de conduite.

Un terminal (de type PC portable) peut être relié à l'ATC à des fins de maintenance. Ce terminal permet à l'opérateur de :

- lire les compte-rendus d'alarme (en temps réel) au fur et à mesure de leur élaboration par l'équipement ATO,

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- lire les compte-rendus d'alarme mémorisés par l'ATO.
- lire le contenu de l'unité d'enregistrement

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CHAPITRE 4

SPECIFICATIONS DES INTERFACES

4.1. PRESENTATION

Ce chapitre récapitule les données de chaque interface entre le système ATC et les systèmes externes qui constituent son environnement.

Cette liste permet également de comprendre la spécification fonctionnelle décrite dans le chapitre suivant.

Le modèle SADT, fourni en annexe, présente au niveau le plus haut (niveau R) ces différents systèmes externes :

- Système externe sol:
 - ATS,
 - Enclenchement.
- Système externe embarqué:
 - Conducteur,
 - Equipement train.

Pour chaque système externe, les paragraphes qui suivent décrivent la nature des interfaces et le format des messages correspondants. Dans cette description, le label des interfaces sécuritaires est en caractères **gras**. Pour une description physique de chaque interface, le lecteur se reportera aux annexes :

- Annexe K INTERFACE STATION,
- Annexe L INTERFACE TRAIN.

Les données de base sont définies dans l'Annexe B DEFINITION DES DONNEES.

Les interfaces considérées par SACEM sont les suivantes:

- pour le sol:
 - interface avec l'ATS,
 - interface avec la signalisation,
 - interface alimentation - SACEM sol,
 - interface SACEM - Transmission à la voie

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- pour les trains:
 - interface Matériel Roulant.

Il est à noter que SACEM ne dispose d'aucune interface avec la RPS que ce soit au sol ou en embarqué.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2. DESCRIPTION DES INTERFACES EXTERNES

4.2.1. Interface ATS

4.2.1.1. Synoptique représentant l'interface SACEM - ATS

L'ATS dialogue avec le système SACEM au travers de liaisons filaires. Ainsi, l'ATS communique avec chaque secteur.

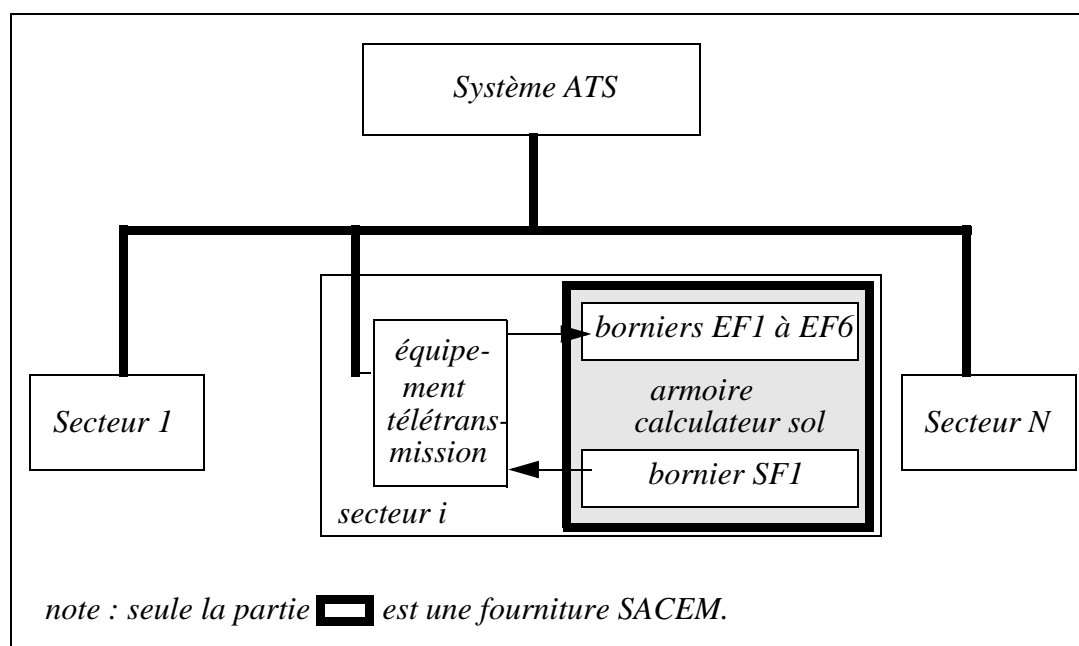


Figure. 2. Synoptique représentant l'interface SACEM - ATS - cas du secteur i

L'arrivée des entrées ATS, fournies en simple coupure, se situe au niveau des borniers EF1 à EF6 situés dans l'armoire calculateur. Chaque bornier EFx gère un quai (donc une voie et un sens de circulation) et comprend à ce titre 5 fils (dont un est représentatif de l'information "départ sur ordre", un concerne "le saut de la station suivante" et trois permettent de coder huit niveaux de régulation) en +24V et un fil pour le 0V.

Le départ de l'unique information échangée entre le système SACEM et l'ATS (Etat calculateur sol) se situe au niveau du bornier SF1 inclus dans l'armoire Calculateur sol.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2.1.2. Liste des données

Données	Emetteur / Code transmis	Récepteur
Départ Sur Ordre (Partida Bajo Orden)	ATS / x1xxx	ATC
Pas d'arrêt dans la station suivante	ATS / 1xxxx	ATC
N1	ATS / xx001	ATC
N2	ATS / xx000	ATC
N3	ATS / xx010	ATC
N4	ATS / xx011	ATC
N5	ATS / xx100	ATC
N6	ATS / xx101	ATC
N7	ATS / xx110	ATC
N8	ATS / xx111	ATC

Tableau 1 : Données transmises de l'ATS vers l'ATC

Ces données sont fournies par l'ATS à l'ATC pour chaque voie (c'est-à-dire pour chaque sens) de stations commandées par un calculateur sol, sauf pour la station terminale où seul le quai de départ est concerné.

Données	Emetteur / Code transmis	Récepteur
Etat de l'équipement ATC sol	ATC	ATS

Tableau 2 : Données transmises de l'ATC vers l'ATS

Seule une information "Etat de l'équipement ATC sol" est échangée entre chaque armoire sol et l'ATS. L'acquisition de cette information par l'ATS doit être filtrée.

4.2.1.3. Description détaillée des données

Les informations énumérées dans les deux tableaux ci-dessus sont utilisées par l'ATS pour la régulation de la ligne. Trois types d'information sont transmis de l'ATC à l'ATS.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ces informations ainsi que les traitements associés à ces informations, ne sont pas sécuritaires.

- Départ sur ordre : cette information est utilisée par l'ATS pour empêcher le train de quitter une station, principalement à des fins de régulation. Lorsque le train doit rester à quai, le DSO (signal à quai) est allumé. Lorsque le DSO est éteint, le train peut partir, le conducteur est alors autorisé à effectuer la séquence de départ.

L'ATC SACEM ne retient pas le train à quai lorsque le DSO est allumé. L'information d'état du DSO est uniquement utilisée pour transmettre au conducteur l'ordre de départ (allumage d'un voyant en cabine et commande des vibreurs d'annonce de fermeture des portes). Cette information est reçue, par l'ATC sol, sur un fil.

- N1 à N8 : l'ATS choisit parmi huit informations, le niveau de régulation devant être appliqué à la prochaine interstation. Le train utilise cette information uniquement si l'ordre de régulation est reçu pendant que la tête du train est dans la station qui précède l'interstation concernée. Chaque niveau peut être défini de la manière suivante :
 - N1 : niveau marche tendue (pas de temps libre - suivi du polygone de limite de vitesse aussi étroitement que possible).
 - N2 : niveau marche détendue avec un temps libre de 4 secondes par kilomètre.
 - N3 : niveau marche détendue avec un temps libre de 6 secondes par kilomètre.
 - N4 : niveau marche détendue avec un temps libre de 8 secondes par kilomètre.
 - N5 : niveau marche détendue avec un temps libre de 10 secondes par kilomètre.
 - N6 : l'ATO doit respecter l'accélération et la décélération réduites (conditions de pluie).
 - N7 : l'ATO doit respecter une vitesse maximale de $V_{LimiteN7}$ km/h.
 - N8 : l'ATO doit respecter un niveau maximum de traction de $CranLimiteN8$ pour le matériel roulant NS74 et NS88, ou une vitesse maximale de $V_{LimiteN8}$ km/h pour le matériel roulant NS93 ou NS2004.

Cette information est envoyée sur trois fils : les codes utilisés sont fournis dans le tableau "Données transmises de l'ATS vers l'ATC".

- Pas d'arrêt dans la station suivante : dans le cas où un train fonctionnant en mode de conduite PA n'aurait pas à s'arrêter à une station, l'ATS peut envoyer une demande "pas d'arrêt à la station suivante" dans la station qui précède celle qui est concernée.

L'information est reçue sur un seul fil.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Une information est envoyée par l'armoire sol pour aviser le système ATS de son état : Etat équipement ATC sol. Par conséquent, les régulateurs pourront prendre les mesures de maintenance nécessaires pour remédier à la défaillance. Un seul fil est utilisé pour envoyer cette information. L'acquisition de cette information doit être filtrée par l'ATS pour s'affranchir des micro-coupures de l'alimentation des équipements sol.

4.2.2. Interface avec la signalisation (entrées pour SACEM)

4.2.2.1. Synoptique représentant l'interface Signalisation - SACEM

Le calculateur sol SACEM, pour élaborer ses contrôles, doit disposer de l'état des équipements à la voie suivants: circuit de voie, aiguille, signal et indication de Service Provisoire (CISP). Ces informations peuvent être issues du poste local (c'est à dire dans la station où est implantée le calculateur sol SACEM) ou peuvent provenir d'un poste distant dépendant du calculateur sol. Toutes les entrées de signalisation sont fournies en double coupure (+24V/0V) et sont vues par SACEM au niveau des borniers ES1 à ES8. Chacun de ces borniers permet de gérer 8 entrées. On peut considérer que, à chaque station et chaque sens, correspond un bornier (les zones de manoeuvres en utiliseront plusieurs).

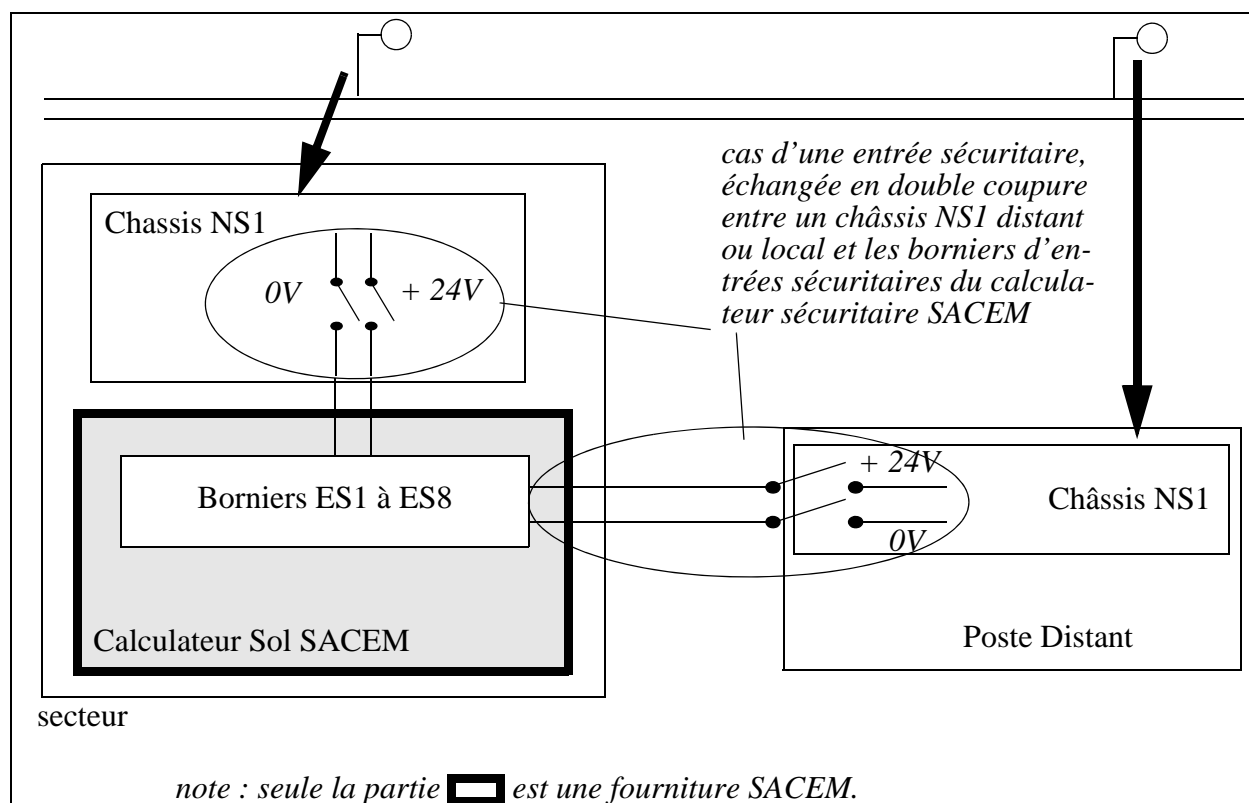


Figure. 3. Synoptique représentant l'interface Signalisation - SACEM

SACEM ne commande aucune sortie de signalisation.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2.2.2. Liste de données

Les données gérées en entrée par le calculateur sol SACEM sont les suivantes:

Données	Emetteur	Récepteur	Nombre d'entrées
(Groupe de) Circuit(s) de voie	Signalisation	ATC sol	1
Aiguille	Signalisation	ATC sol	2 - un KAgG (contrôle aiguille gauche) - un KAgD (contrôle aiguille droite)
Signal	Signalisation	ATC sol	1 ou 2 - un KV (contrôle vert) pour tous les signaux pour l'aspect vert/rouge, - un KJ (contrôle jaune) pour les signaux pouvant présenter un aspect jaune
Service Provisoire	Signalisation	ATC sol	1

Tableau 3 : Données transmises de l'enclenchement vers SACEM

4.2.2.3. Description détaillée des données

Le nombre d'entrées sécuritaires affectées à chaque type de donnée est le suivant :

- circuit de voie : une entrée avec deux états possibles :
 - 0 : circuit de voie occupé,
 - 1 : circuit de voie libre.

Cette information peut donner, au lieu de l'état d'un seul circuit de voie, l'état de plusieurs circuits de voie en "totalisant" leur état.

- aiguille : deux entrées sont nécessaires pour la caractériser
 - première entrée
 - 0 : position à gauche fausse,
 - 1 : position à gauche vraie,

Dossier de Spécification Système de l'ATC

seconde entrée

- 0 : position à droite fausse,
- 1 : position à droite vraie,
- signal simple : une entrée est utilisée :
 - 0 : signal à l'état restrictif (non aspect vert et non aspect jaune),
 - 1 : signal à l'état permissif (aspect vert ou jaune).
- signal complexe (non utilisé dans l'application Santiago),
- service provisoire : une entrée est utilisée :
 - 0 : pas de service provisoire (c'est-à-dire : service normal),
 - 1 : service provisoire.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2.3. Interface Alimentation - SACEM sol

Pour les équipements SACEM sol, plusieurs types d'alimentation sont à considérer:

- armoires calculateur sol et transmission alimentées en 220V - 50 Hz,
- balises (de relocalisation ou d'initialisation au vol) alimentées en 24V continu.

4.2.3.1. cas des armoires calculateur sol et transmission

Le schéma d'alimentation est le suivant:

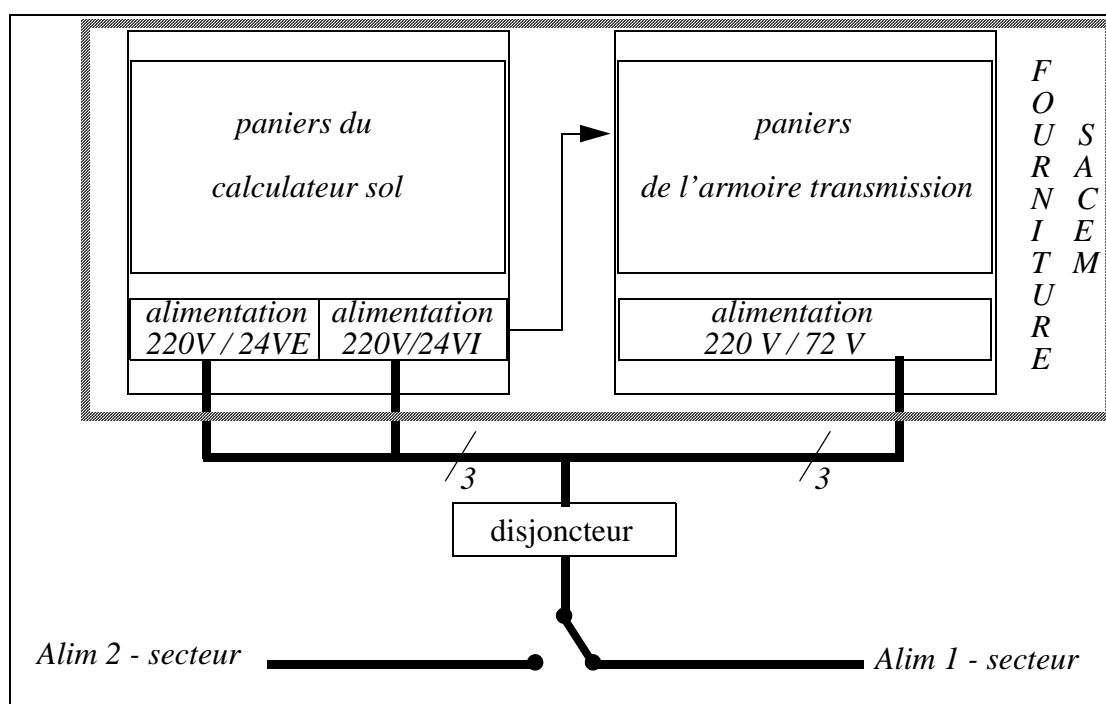


Figure. 4. synoptique interface alimentation des armoires

Les deux armoires sont alimentées par le secteur en 220 V/ 50 Hz. Le courant secteur peut être fourni par l'alimentation 1 ou 2. Une commutation sur l'un ou l'autre est effectuée en 500ms max. Si l'armoire Transmission peut s'affranchir d'une coupure de 500 ms et n'est par conséquent pas secourue, en revanche, l'armoire calculateur sol est secourue contre les coupures de durée inférieure à 500 ms.

4.2.3.2. cas de l'alimentation des balises d'initialisation et de relocalisation

Les balises sont alimentées en 24 V continu à partir du poste le plus proche. Il est à noter que deux balises successives ne sont pas alimentées sur la même paire, afin de ne pas pénaliser la relocalisation du train en cas de coupure de l'une des deux paires. Le schéma suivant montre le principe d'alimentation adopté.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

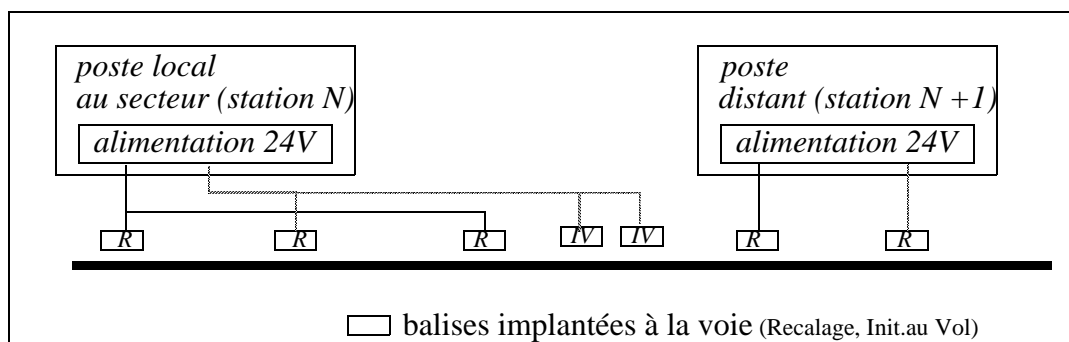


Figure. 5. synoptique de l'alimentation des balises implantées à la voie (cas d'une voie uniquement)

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2.4. Interface SACEM - Transmission à la voie

L'équipement SACEM transmet un ensemble d'informations au train qui permet à ce dernier d'élaborer ses contrôles. La transmission SACEM est fournie dans l'armoire Transmission (local secteur) et part vers la voie au niveau des borniers STC1 à STC8 (28 bornes pour chacun d'eux) inclus dans cette armoire.

Les messages sol-train sont émis à la voie:

- soit au travers de connexions inductives (Emission et Réception) après avoir été mélangés avec le signal propre au circuit de voie par la carte CVS ; il s'agit du cas général,
- soit, dans le cas d'un circuit de voie de longueur supérieure à 300 m, au travers d'une ou plusieurs boîtes de réinjection (cartes CRD), sans qu'il n'y ait de mélange avec le signal propre du circuit de voie.

L'émission en extrémité du circuit de voie est toujours effectuée au travers de connexions inductives.

Le signal "circuit de voie" est issu du poste dont il dépend (fonction Signalisation). Par contre, le signal de transmission SACEM est émis à partir du secteur pour tous les circuits de voie qu'il gère (fonction transmission SACEM).

Il est à noter que, afin de ne pas perturber la détection des trains par la remontée de signaux parasites à des fréquences proches de celles utilisées pour la transmission, un condensateur de sécurité est placé en parallèle sur l'entrée du récepteur du circuit de voie dans le poste local.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

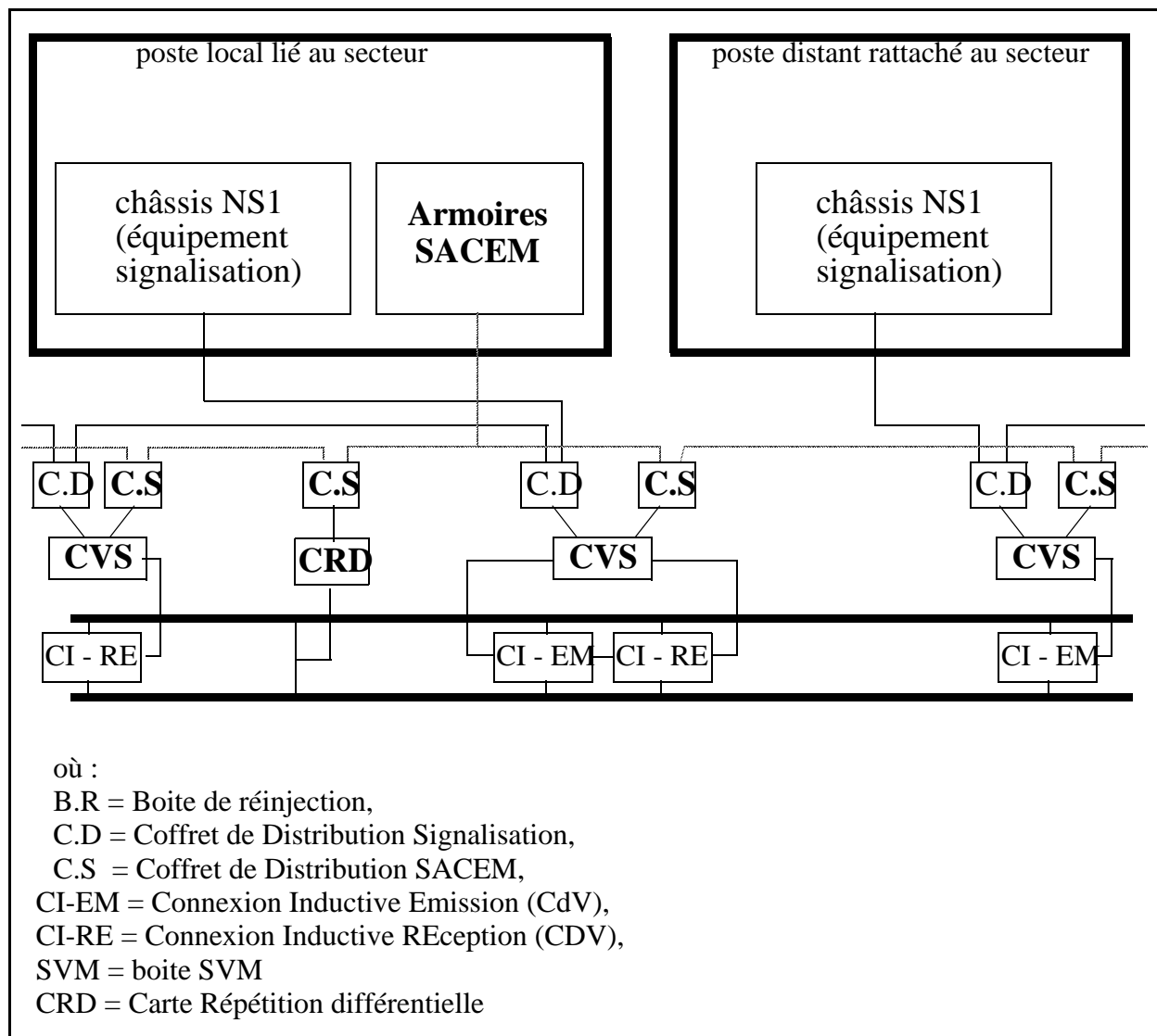


Figure. 6. Interface entre SACEM et la voie

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2.5. Interface Matériel Roulant (équipements train et conducteur)

4.2.5.1. Liste de données

Données	Emetteur	Récepteur
Commande portes en position "AUTO"	Conducteur	ATC Bord
CMC	Conducteur	ATC Bord
PA	Conducteur	ATC Bord
Bouton poussoir MAV	Conducteur	ATC Bord
Bouton poussoir départ (état FD)	Conducteur	ATC Bord
Bouton poussoir annonce départ (V)	Conducteur (NS74)	ATC Bord
Info Départ (= impulsion si FD appuyé et détection de toutes les portes fermées)	Train	ATC Bord
Cabine 1 active	Train	ATC Bord
Cabine 2 active	Train	ATC Bord
Vitesse nulle (QVA)	Train	ATC Bord
Etat des ALD	Train (NS74)	ATC Bord
Inhibition du Freinage d'Urgence (FU)	ATC Bord	Train
Commande des disjoncteurs (DJ)	ATC Bord	Train
Zone Ouverture portes Droite (ZOD)	ATC Bord	Train
Zone Ouverture portes Gauche (ZOG)	ATC Bord	Train
Commande Ouverture portes Droite (COD)	ATC Bord	Train
Commande Ouverture portes Gauche (COG)	ATC Bord	Train
Commande vibreurs	ATC Bord	Train
Commandes traction/freinage	ATC Bord	Train
Affichage en cabine	ATC Bord	Conducteur
Sorties tout ou rien contractuelles (3 sorties)	ATC Bord	Train

Tableau 4 : Données échangées entre ATC et Matériel Roulant

Dossier de Spécification Système de l'ATC

4.2.5.2. Description détaillée des données

"Commande des portes en position Auto" :

Cette entrée tout ou rien sécuritaire indique que les clés T1 (sélection du coté d'ouverture des portes) et T2 (sélection du mode automatique ou manuel d'ouverture) sont en position Auto sur NS74. Sur un train de type NS93 ou NS2004 il n'y a qu'une seule clé : ST.

"CMC" :

Cette entrée tout ou rien sécuritaire indique que la clé C (ou SC) est en position CMC.

"PA" :

Cette entrée tout ou rien indique que la clé C (ou SC) est en position PA.

"Bouton poussoir MAV" :

Cette entrée tout ou rien représente l'état du bouton poussoir MAV (vrai = BP appuyé).

- Sur un train de type NS93 ou NS2004, le BP MAV est acquis par une entrée physique de l'ATP.
- Sur un train de type NS74 ou NS88, ce bouton poussoir n'existe pas. Il est donc monté sur l'afficheur en cabine.

"Bouton poussoir départ" :

Cette entrée tout ou rien sécuritaire représente l'état du bouton poussoir départ "FD" (vrai = BP appuyé).

"Bouton poussoir vibreurs d'annonce départ" :

Cette entrée tout ou rien sécuritaire représente l'état du bouton poussoir d'annonce départ "V" (vrai = BP appuyé). sur NS74 ou NS88.

"Info départ" :

Cette entrée tout ou rien sécuritaire fournit l'information de départ lorsque le conducteur appui sur le bouton poussoir départ et que toutes les portes sont fermées.

"Cabine 1 active" :

Cette entrée tout ou rien sécuritaire indique que le train est conduit à partir de la cabine 1 (la clé C (ou SC) de cette cabine est dans une position différente de Neutre). Cette entrée permet de connaître le sens normal de déplacement du train.

"Cabine 2 active" :

Cette entrée tout ou rien sécuritaire indique que le train est conduit à partir de la cabine 2 (la clé C (ou SC) de cette cabine est dans une position différente de Neutre). Cette entrée permet de connaître le sens normal de déplacement du train.

"Vitesse nulle (QVA)" :

Cette entrée tout ou rien est vraie lorsque la vitesse du train inférieure à une certaine vitesse (à définir en fonction du type de train).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

"Etat des ALD" :

Cette entrée tout ou rien est vraie si tous les ALD (Ampli Local de Défreinage) du train sont dans l'état défreinage.

"Inhibition du freinage d'urgence (Inhibition FU)" :

Cette sortie tout ou rien sécuritaire permet, lorsqu'elle est vraie, d'alimenter les organes d'inhibition du freinage d'urgence.

"Commande disjoncteurs (DJ)" :

Cette sortie tout ou rien sécuritaire commande la fermeture des disjoncteurs d'un train de type NS74 ou NS88.

"Zone (ou Autorisation) Ouverture des portes à Droite (ZOD)" :

Cette sortie tout ou rien sécuritaire intervient dans la commande des portes du train. Elle permet d'autoriser l'ouvertures des portes du droit du train.

"Commande Ouverture des portes à Droite (COD)" :

Cette sortie tout ou rien sécuritaire effectue la commande effective des portes du coté droit du train. Elle est commandée en même temps que ZOD.

"Zone (ou Autorisation) Ouverture des portes à Gauche (ZOG)" :

Cette sortie tout ou rien sécuritaire intervient dans la commande des portes du train. Elle permet d'autoriser l'ouvertures des portes du gauche du train.

"Commande Ouverture des portes à Gauche (COG)" :

Cette sortie tout ou rien sécuritaire effectue la commande effective des portes du coté gauche du train. Elle est commandée en même temps que ZOD.

"Commande vibreurs" :

Cette sortie permet de commander les vibreurs d'annonce de fermeture des portes.

- Sur un train de type NS74 ou NS88, cette commande est effectuée par une sortie tout ou rien en cabine.
- Sur un train de type NS93, cette commande est envoyée au Système Informatique Embarqué par l'intermédiaire d'une liaison série.
- Sur un train de type NS2004, cette commande est effectuée par une sortie tout ou rien.

"Commandes traction/freinage" :

Ces sorties permettent à l'ATO de conduire le train.

- Sur un train de type NS74 ou NS88, la commande du train est effectuée par l'intermédiaire de 4 sorties tout ou rien pour la traction et 5 sorties tout ou rien pour le freinage.
- Sur un train de type NS93, la commande du train est effectuée par une commande continue de traction/freinage et une sortie tout ou rien "autorisation traction" qui permet d'autoriser la traction lorsque la clé SC est en position PA. Cette sortie doit être maintenue à 1 lorsque la clé SC est en position CMC. La commande continue de traction/freinage est envoyée au Système Informatique Embarqué par l'intermédiaire de 2 Liaisons séries.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Sur un train de type NS2004, la commande du train est effectuée par une commande continue de traction/freinage et deux sorties tout ou rien "traction" et "freinage" qui permettent de valider la commande continue en traction ou en freinage lorsque la clé SC est en position PA. Ces 2 sorties tout ou rien doivent être maintenues à 1 lorsque la clé SC est en position CMC. La commande continue de traction/freinage est envoyée au Système Informatique Embarqué par l'intermédiaire d'une Liaison série, le train étant équipé d'un convertisseur série/PWM.

"Affichage en cabine" :

Cette sortie permet de fournir les informations de conduite et d'état du système au conducteur.

- Sur un train de type NS74 ou NS88, les commandes d'affichage sont transmises à un afficheur en cabine par l'intermédiaire d'une liaison série.
- Sur un train de type NS93, les voyants et l'avertisseur sonore sont commandés par des sorties tout ou rien, la vitesse de consigne est commandée par une sortie analogique.
- Sur un train de type NS2004, les voyants et l'avertisseur sonore sont commandés par des sorties tout ou rien, la vitesse de consigne est commandée par une sortie analogique.

"Sorties tout ou rien contractuelles" :

Ce sont des sorties tout ou rien.

- Sur un train de type NS74, NS88 ou NS93, il y a trois sorties en réserve qui ne sont pas commandées et pas utilisées.
- Sur un train de type NS2004, il y a deux sorties en réserves qui ne sont pas commandées et pas utilisées (la troisième sortie est utilisée pour la commande de freinage).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CHAPITRE 5

SPECIFICATION FONCTIONNELLE

5.1. INTRODUCTION

Le chapitre est divisé de la manière suivante :

- une première partie fournit la liste des données échangées entre les différents sous-systèmes. Il convient de noter que ces sous-systèmes SACEM sont le sous-système "Equipement ATC Sol" et le sous-système "Equipement ATC Bord".
- la seconde partie spécifie les fonctions qui ne sont pas liées à des besoins fonctionnels du client mais à des contraintes de réalisation. Ces fonctions sont par exemple les principes de localisation de SACEM, la gestion de réseau, etc...
- la troisième partie décrit la manière dont le système proposé répond aux besoins fonctionnels qui sont spécifiés dans le document "Dossier de spécification des Besoins Utilisateur" (• [A9]), dont il ressort :
 - que les fonctions demandées par le DBU et les fonctions spécifiées sont identiques,
 - que les interfaces requises par le DBU et celles qui sont spécifiées sont identiques,
 - que la décomposition réalisée exprime les contraintes technologiques ainsi que les contraintes de traitement numérique de la réalisation et les contraintes de modularité, d'adaptabilité et de reconfiguration.
 - que l'accent est mis sur les techniques de réalisation en explicitant notamment la localisation des fonctions ainsi que la manière dont les informations circulent.

5.2. DESCRIPTION DES DONNEES INTERNES

Ce chapitre décrit les données échangées entre les différents sous-systèmes¹.

5.2.1. Interface entre l'équipement ATC Bord et l'équipement ATC Sol.

Il n'y a pas d'échange dans le sens Bord -> Sol. Pour les échanges Sol -> Bord, se reporter à l'Annexe D DESCRIPTION DES MESSAGES SOL ATC -> BORD ATC.

1. Il convient de noter que les interfaces avec l'extérieur sont regroupées dans le CHAPITRE 4 SPECIFICATIONS DES INTERFACES

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.2.2. Interface entre deux équipements ATC Sol adjacents

Sur un secteur donné (zone gérée par un calculateur), l'équipement ATC sol dispose d'un lien bi-directionnel avec les équipements ATC sol des secteurs adjacents.

Définitions :

- Le secteur X est le secteur amont du secteur Y signifie que le secteur X précède le secteur Y dans le sens de la marche.
- Le secteur X est le secteur aval du secteur Y signifie que le secteur X est rencontré après le secteur Y dans le sens de la marche.

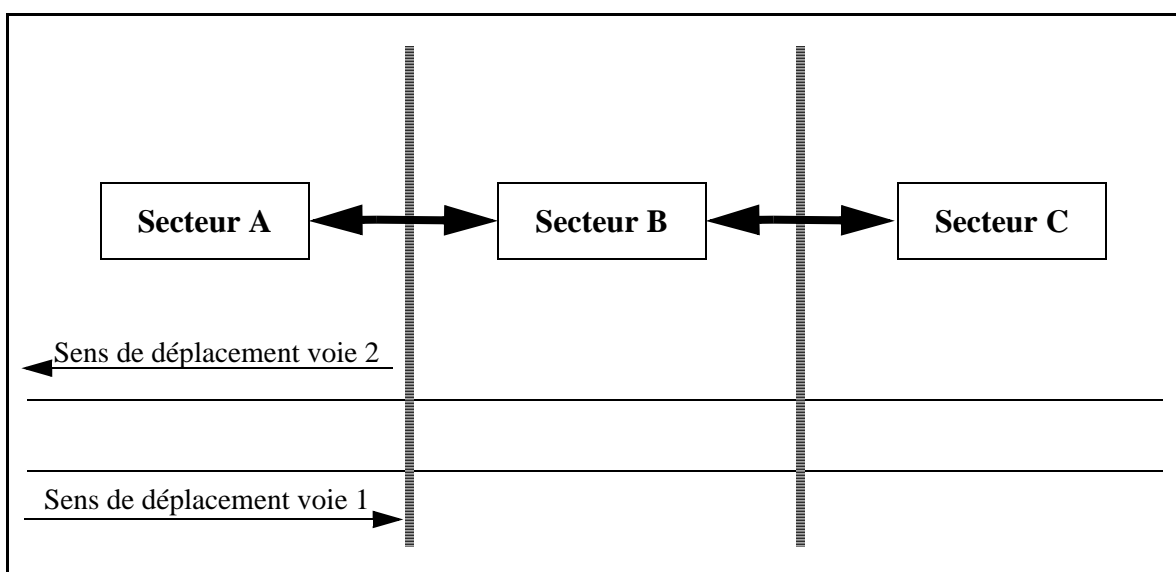


Figure. 7. Définition des secteurs amont et aval.

Le Secteur B est le secteur amont du secteur C pour la voie 1, du secteur A pour la voie 2. Le secteur B est le secteur aval du secteur A pour la voie 1 et du secteur C pour la voie 2.

En fait, chaque équipement ATC sol joue, par rapport à ses voisins, le rôle de secteur amont et aval, du fait qu'un équipement donné gère les deux sens de la marche.

Les données transmises par la liaison intersecteurs sont détaillées dans le tableau suivant.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Données	Emetteur	Récepteur
Invariants sécuritaires anticipés	Equipement ATC sol aval	Equipement ATC sol amont
Variant sécuritaire anticipé	Equipement ATC sol aval	Equipement ATC sol amont
LTV anticipée	Equipement ATC sol aval	Equipement ATC sol amont
Message de synchronisation de date	Equipement ATC sol aval Equipement ATC sol amont	Equipement ATC sol amont Equipement ATC sol aval

Tableau 5 : Données transmises par liaison inter-secteur

Pour plus de détails sur les messages échangés entre deux équipements ATC sol, se reporter à l'Annexe G.

5.2.3. Interface entre l'équipement ATC Bord et le terminal de maintenance embarqué**5.2.3.1. Liste des données**

Données	Emetteur	Récepteur
Demande d'acquisition du contenu de la mémoire sauvegardée	Opérateur	Terminal de maintenance ATC bord
Demande d'effacement de la mémoire sauvegardée	Opérateur	Terminal de maintenance ATC bord
Demande d'acquisition des alarmes en temps réel (au fil de l'eau)	Opérateur	Terminal de maintenance ATC bord
Demande de numéro de version ATP et ATO	Opérateur	Terminal de maintenance ATC bord
Annulation de la demande d'acquisition des alarmes en temps réel	Opérateur	Terminal de maintenance ATC bord

Tableau 6 : Messages échangés entre le terminal de maintenance bord et l'opérateur

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Données	Emetteur	Récepteur
Demande de données ATC bord	Opérateur	Terminal de maintenance ATC bord
Eléments du contenu de la mémoire sauvegardée	Terminal de maintenance ATC bord	Opérateur
Alarme ATC bord en temps réel (au fil de l'eau)	Terminal de maintenance ATC bord	Opérateur
Version des logiciels ATO et ATP	Terminal de maintenance ATC bord	Opérateur
Données ATC bord en temps réel (au fil de l'eau)	Terminal de maintenance ATC bord	Opérateur

Tableau 6 : Messages échangés entre le terminal de maintenance bord et l'opérateur**5.2.3.2. Description détaillée**

L'interface homme-machine sera définie dans le guide utilisateur du terminal de maintenance (TM).

5.2.4. Interface entre équipement ATC sol et terminal de maintenance sol**5.2.4.1. Liste de données**

Données	Emetteur	Récepteur
Demande d'acquisition d'état LTV	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Demande de modification LTV (fonctionnelle)	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Demande de modification LTV (sécuritaire)	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol

Tableau 7 : Messages échangés entre le terminal de maintenance sol et l'opérateur

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Données	Emetteur	Récepteur
Demande de suppression LTV sur un secteur (fonctionnelle)	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Demande de suppression LTV sur un secteur (sécuritaire)	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Demande d'acquisition du contenu de la mémoire sauvegardée	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Demande d'acquisition des alarmes en temps réel (au fil de l'eau)	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Demande d'effacement de la mémoire sauvegardée	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Demande de la version du logiciel SACEM sol	Opérateur	Terminal de maintenance ATC sol
Compte-rendu d'opération sur LTV	Terminal de maintenance ATC sol	Opérateur
Etat LTV	Terminal de maintenance ATC sol	Opérateur
Elément du contenu de la mémoire sauvegardée	Terminal de maintenance ATC sol	Opérateur
Alarme ATC sol	Terminal de maintenance ATC sol	Opérateur
Version du logiciel SACEM Sol	Terminal de maintenance ATC sol	Opérateur

Tableau 7 : Messages échangés entre le terminal de maintenance sol et l'opérateur

5.2.4.2. Description détaillée

L'interface homme-machine sera définie dans le guide utilisateur du terminal de maintenance (TM).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3. FONCTIONS SACEM SPECIFIQUES

5.3.1. Principes SACEM de description de la voie

5.3.1.1. Principes généraux de description de la voie

Pour le système SACEM, la description de la voie est transmise au train, au fur et à mesure de son déplacement, par des messages sol -> bord identiques pour tous les trains présents sur une zone donnée. Cette zone est appelée "tronçon". Ces messages fournissent :

- les paramètres statiques de description de la voie, appelés "singularités" (par exemple la position de la signalisation ou la pente courante), ils constituent les "invariants sécuritaires",
- les paramètres dynamiques d'état de la voie appelé "variants sécuritaires" (par exemple état du circuit de voie),
- les consignes d'exploitation.

Les singularités et les divers messages sont fournis en Annexe D DESCRIPTION DES MESSAGES SOL ATC -> BORD ATC.

5.3.1.2. Décomposition de la description de la voie

Le réseau est décomposé de la manière suivante :

- Un équipement SACEM sol gère une zone géographique appelée **secteur**,
- Un secteur est divisé en **tronçons**,
- Un tronçon est divisé en **segments**,
- Un segment est divisé en **branches**.

La figure ci-dessous situe ces différents éléments.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

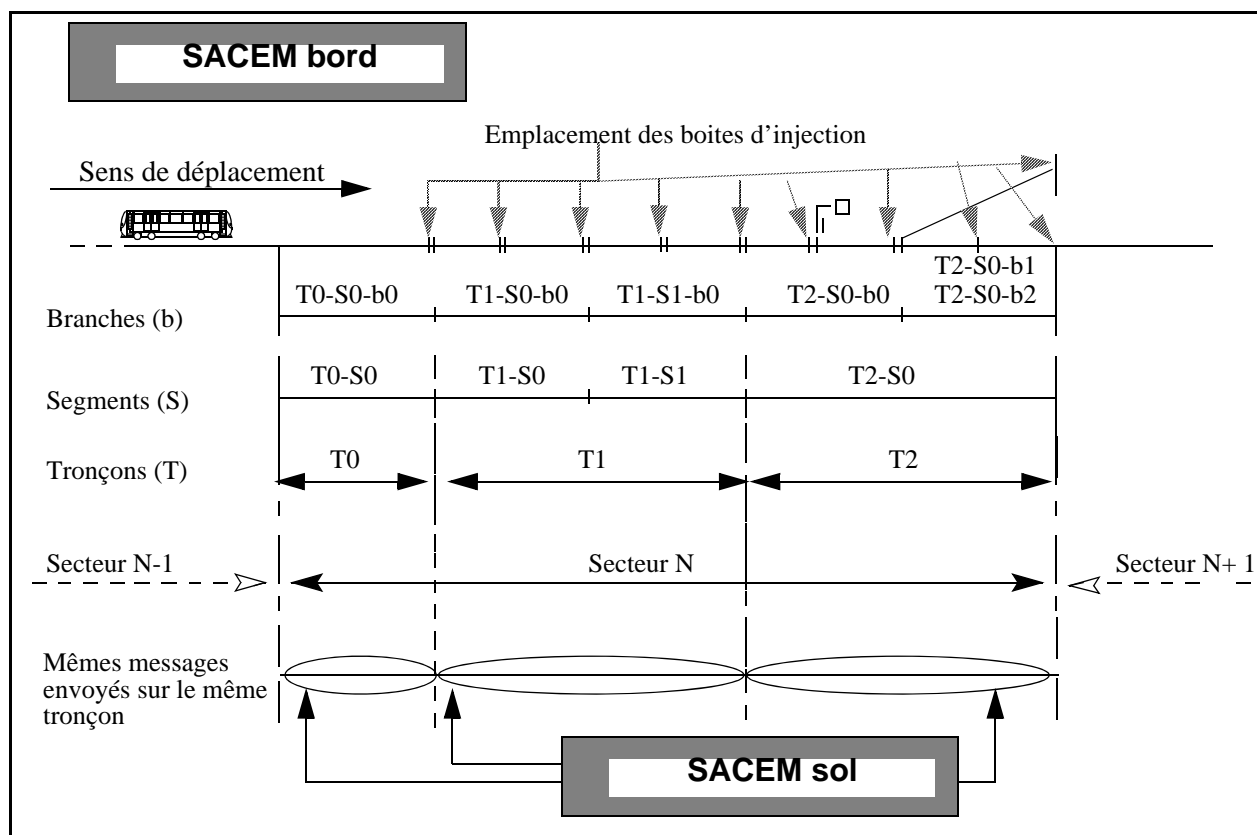


Figure. 8. Découpage de la voie dans une description SACEM (pour un sens de parcours unique)

5.3.1.2.1. Définition du secteur

Un secteur est la zone géographique gérée par un équipement sol sécuritaire.

Cette zone peut contenir jusqu'à trois stations dans les 2 sens (voie 1 et voie 2). Certains secteurs comportent des voies de garage, de raccordement ou d'accès au dépôt qui peuvent être équipées de SACEM.

Un secteur est divisé au maximum en 16 tronçons.

5.3.1.2.2. Définition du tronçon

Le tronçon est une unité de découpage informationnelle de la transmission continue. Un tronçon correspond à un ou plusieurs dispositifs de transmission continue qui émettent les mêmes messages. Un ensemble de données de signalisation, qui constitue le message de variants sécuritaires transmis sur ce tronçon, lui est associé. En conséquence, le tronçon est limité par le nombre d'informations de signalisation à émettre.

La transmission étant effectuée dans les rails de roulement, les limites des tronçons doivent correspondre aux limites des circuits de voie.

Un tronçon est divisé au maximum en 4 segments.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.1.2.3. Définition du segment

Le segment est une unité de découpage informationnelle de la voie. Un segment correspond à la description d'une portion de voie effectuée à l'aide d'éléments de base appelés "Singularité" (par exemple : singularité "Station", singularité "Point d'arrêt X"). La longueur du segment (donc de la portion de voie décrite) est limitée par la densité et le type de singularité qui le constitue. L'ensemble des segments constitue les invariants sécuritaires (voir Annexe D DESCRIPTION DES MESSAGES SOL ATC -> BORD ATC).

La description de la voie dans les invariants est unidirectionnelle. A chaque segment, est associé un sens de circulation unique. Une portion de voie banalisée (bidirectionnelle) est par conséquent décrite par des segments différents pour chaque sens de parcours.

Les numéros de segment sont constitués à partir du numéro de tronçon qu'ils décrivent, en lui ajoutant deux bits en poids faible (ces 2 bits utilisés seul, représentent le numéro de segment relatif sur le tronçon).

Dans des zones d'aiguillage, un segment peut comporter plusieurs divergences en série et/ou en parallèle pour constituer un arbre binaire constitué de 1 à 16 branches.

5.3.1.2.4. Définition des branches

Lorsqu'un segment comporte une divergence ou une convergence, ce segment est divisé en branches. Un segment peut comporter jusqu'à 16 branches (numérotées de 0 à 15).

La règle de numérotation des branches est la suivante :

- Le segment commence toujours par la branche 0.
- Après une divergence, la branche déviée est décrite en premier. Si lors de cette description il y a une autre divergence la branche déviée est toujours décrite en premier et ainsi de suite jusqu'à ce qu'une extrémité de segment soit rencontrée. Les branches normales sont décrites à la suite, à partir de la dernière branche déviée jusqu'à la première branche normale.

Le numéro de la branche déviée est égal au numéro de la branche précédente + 1. Le numéro de la branche normale est fonction de l'ordre de description.

- Après une convergence, on change de branche. Le numéro de la nouvelle branche est égal au numéro de la branche précédente + 1.

Les numéros de branches sont constitués à partir du numéro de segment auquel elles appartiennent, en lui ajoutant quatre bits en poids faible (ces 4 bits utilisés seul, représentent le numéro de branche relatif dans le segment).

La figure suivante illustre les principes ci-dessus.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

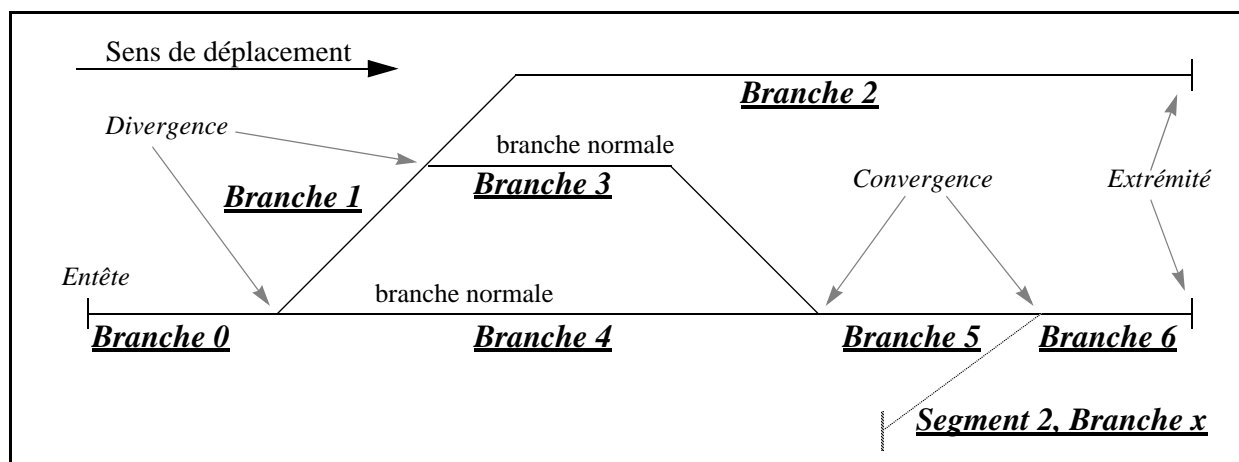


Figure. 9. Numérotation relative des branches

5.3.1.2.5. Description du chaînage des invariants

Pour que l'ATC bord puisse localiser le train sur la voie et entretenir cette localisation, les segments sont chaînés. Ce chaînage est effectué en utilisant les règles suivantes :

- La numérotation absolue des secteurs, tronçons, segments et branches est unique sur le réseau (cette numérotation est résumée Figure. 10.).
- Un segment commence toujours par une singularité "Entête segment". Cette singularité sert d'origine pour la description du segment.
- La position d'une singularité est chaînée avec celle de la singularité précédente (champ appelé "chaînage d'abscisse" dans l'Annexe D).
- Une fin de segment est décrite par une singularité appelée "Extrémité chaînée" ou "Extrémité simple". Cette singularité est utilisée pour lier le segment à l'un des éléments suivants :
 - le début (branche 0) d'un autre segment (sur le même tronçon ou sur un autre tronçon),
 - une convergence (branche différente de 0) du même segment ou d'un autre segment.

En cas de fin de zone équipée, le chaînage est effectué sur la branche 0 du segment 0.

- En cas de divergence, la singularité fournit les informations correspondantes au numéro de branche normale.

Les règles ci-dessus sont illustrés par la Figure. 11.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

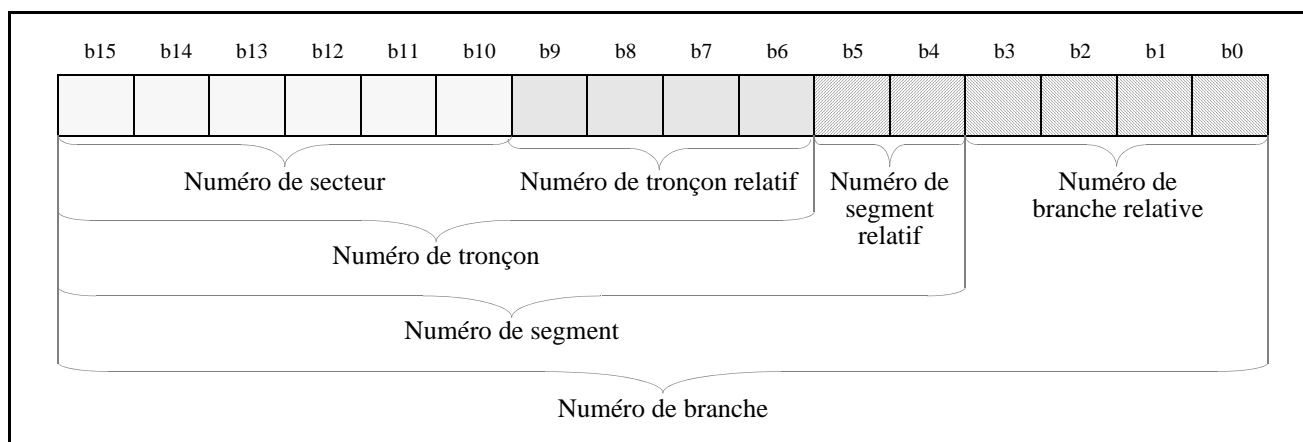


Figure. 10. Résumé de la numérotation absolue des segments et branches

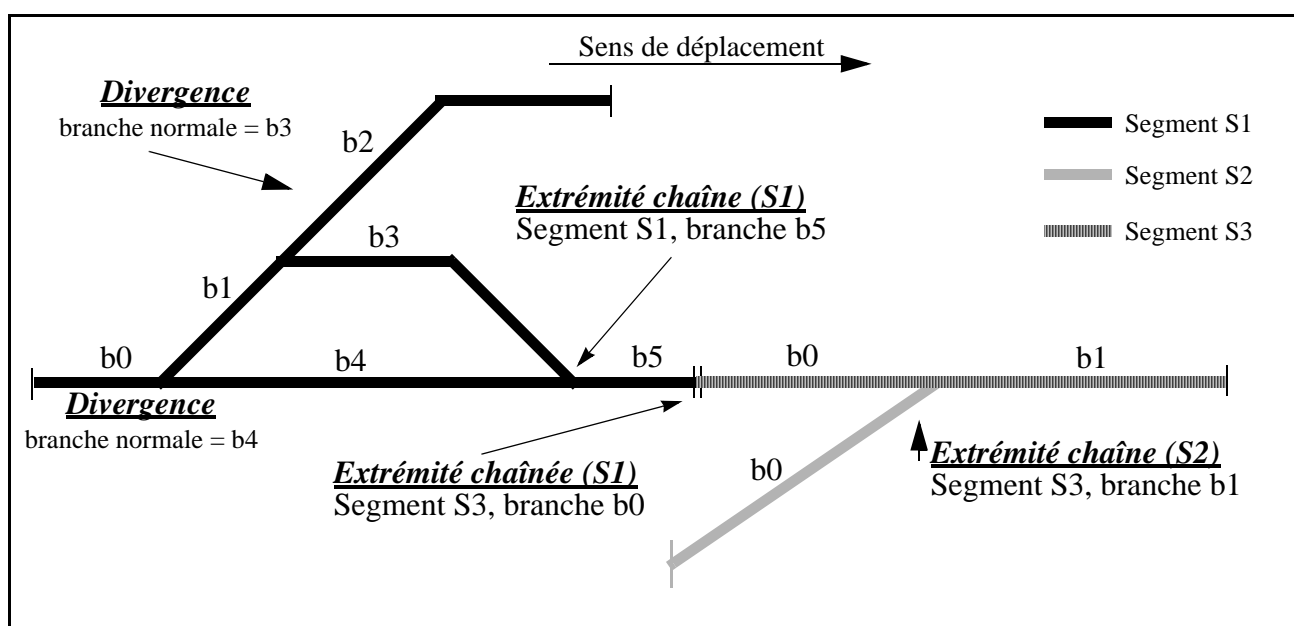


Figure. 11. Branches et segments chaînés

5.3.1.2.6. Correspondance entre les invariants et les variants associés

Un ou plusieurs variant sont associés à chaque singularité dont l'état est variable (par exemple singularité aiguille divergente, 2 variants pour la position de l'aiguille). La correspondance entre les invariants et les variants associés est effectuée de la manière suivante :

- La description de l'entête du segment contient le numéro d'ordre du premier variant du segment.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Dans le segment, les variants sont attribués en fonction de l'ordre de description en suivant la règles de numérotation des branches.
- La description de l'extrémité du segment contient le nombre de variants anticipés du tronçon suivant ainsi que le rang du premier variant anticipé. L'absence de variant anticipé signifie que le chaînage est effectué sur le même segment.

5.3.2. Principe de la transmission SACEM

5.3.2.1. Introduction

Les transmissions SACEM comprennent :

- les échanges Sol -> Bord
- les échanges Sol -> Sol ("liaison intersecteur")

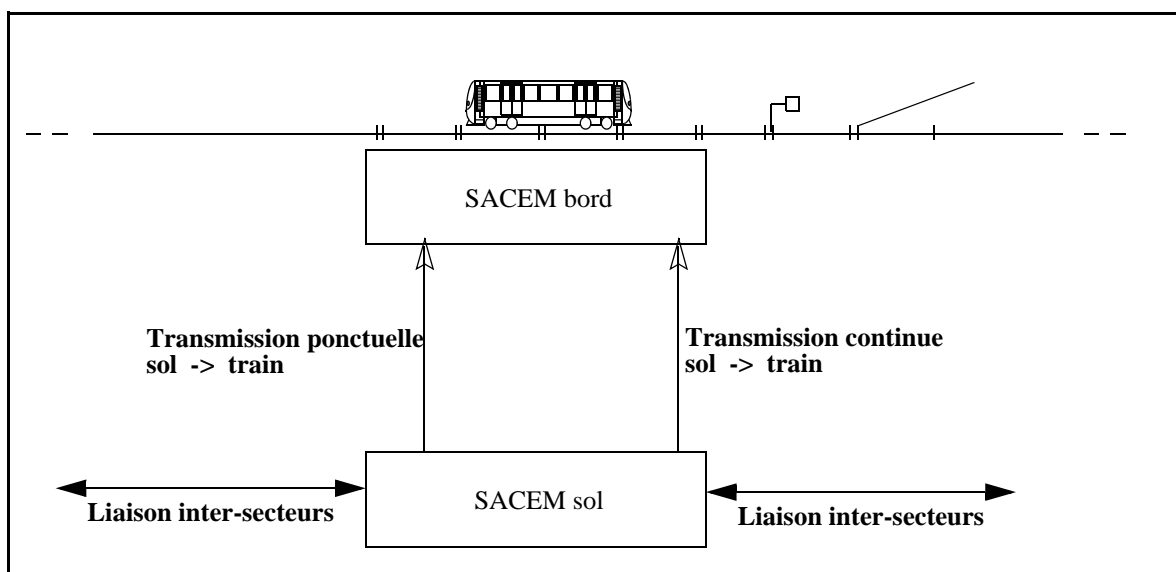


Figure. 12. Echanges de la transmission SACEM

Les échanges Sol --> Bord utilisent :

- la transmission continue réalisée par **le rail**.
- la transmission ponctuelle réalisée par des **balises**.

5.3.2.2. Transmission continue

La transmission continue est le moyen utilisé pour communiquer des données du sol au train. Elle est réalisée par la transmission pilotée par l'équipement SACEM sol.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

La transmission continue est appelée "répartie" ce qui signifie que tous les trains localisés sur un tronçon (voir définition du tronçon page 33) reçoivent les mêmes informations de la transmission continue.

Les messages envoyés sur un tronçon donnent la description du tronçon proprement dit ainsi qu'une description partielle du ou des tronçons en aval de ses extrémités. Cette précaution est obligatoire pour assurer une progression des trains sans perturbation. Elle est appelée "anticipation" car on envoie aux trains des informations relatives à une portion de voie que les trains parcourront après avoir quitté le tronçon.

5.3.2.2.1. Principe d'anticipation

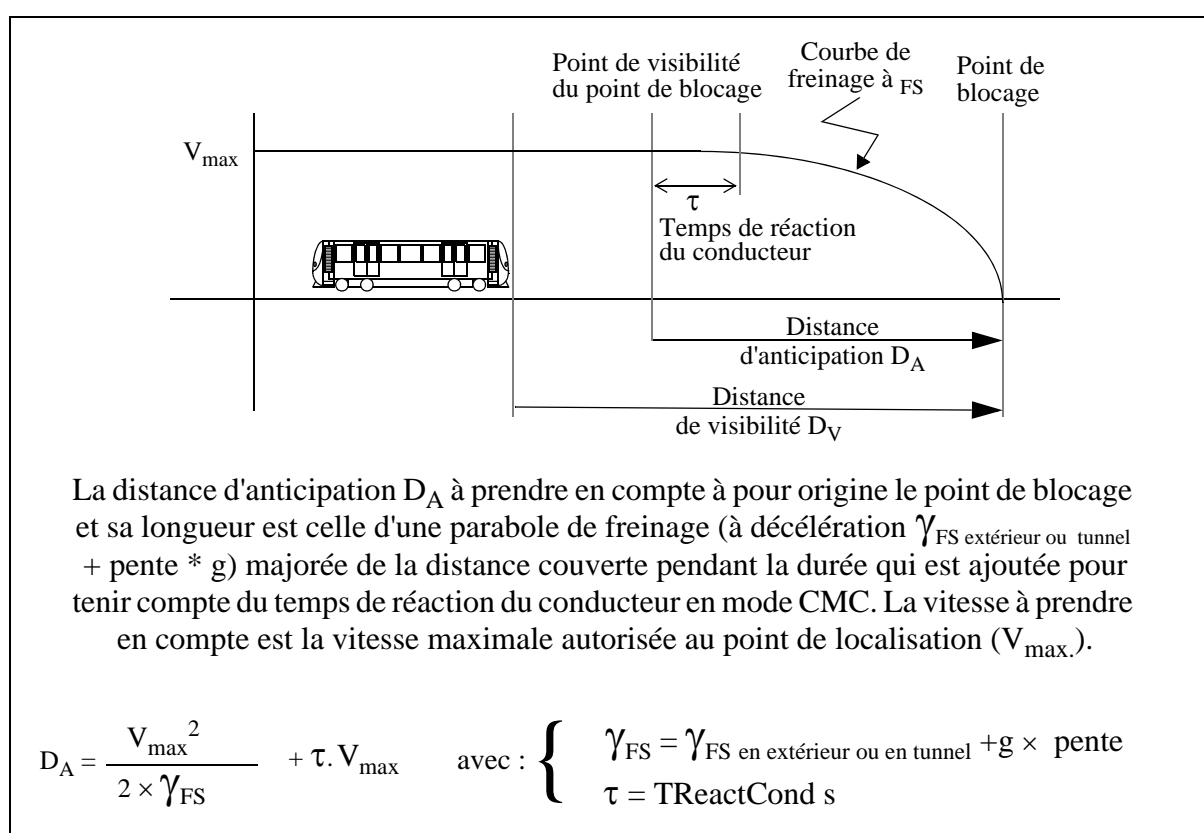


Figure. 13. Distance d'anticipation et distance de visibilité

L'ATP bord reçoit une description de la voie qui lui est communiquée par les messages d'invariants et qui couvre une certaine distance en aval du train. L'extrémité de cette distance est un "**point de blocage**" pour le train. L'ATP dispose également de l'état des points de blocage en aval du train, qui lui sont communiqués par l'intermédiaire de messages de variants sécuritaires. Si ces messages ne donnent pas l'état de tous les points bloquants décrits dans les messages d'invariants, tout variant non reçu est forcé à l'état restrictif. Le premier de ces variants restrictifs constitue le point de blocage du train.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Le point de blocage vu par l'ATP bord, donne lieu à la présence d'un **point de visibilité du point de blocage** dont la position en aval du point de blocage dépend de la vitesse du train. La **distance d'anticipation** est la distance entre le point de blocage et le point de visibilité. La "**distance de visibilité**" du train est la distance entre la tête de train et le point de blocage. Si le train atteint le point de visibilité, c'est-à-dire, si la distance de visibilité est inférieure à la distance d'anticipation, l'ATP bord en informe l'ATO ou le conducteur par l'intermédiaire d'une commande de freinage. Cet ordre est répété jusqu'à ce que la distance de visibilité devienne supérieure à la distance d'anticipation. Pour éviter les ordres de freinage intempestifs, la distance de visibilité doit par conséquent être toujours supérieure à la distance d'anticipation.

5.3.2.2.2. Description des éléments de transmission continue

L'émission des messages de transmission continue est effectuée par éléments ininterrompibles et de longueur constante (80 bits + 4 bits d'entête). Un message est constitué de 1 à 8 éléments de transmission. La figure ci-dessous illustre le format d'un élément de transmission continue.

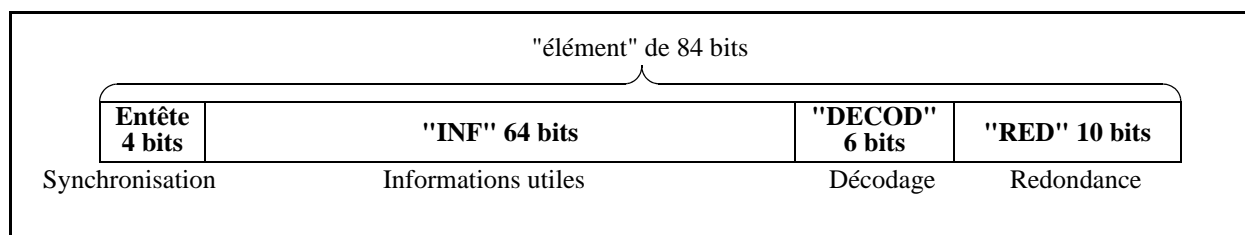


Figure. 14. Format d'un élément de transmission continue

Description d'élément de transmission :

- L'élément comporte 4 bits pour la synchronisation (1 bit = 0 ; 1,5 bit = 1, 1,5 bit = 0) ; l'utilisation de demi-bit est telle que la même séquence ne peut être trouvée dans un autre message.

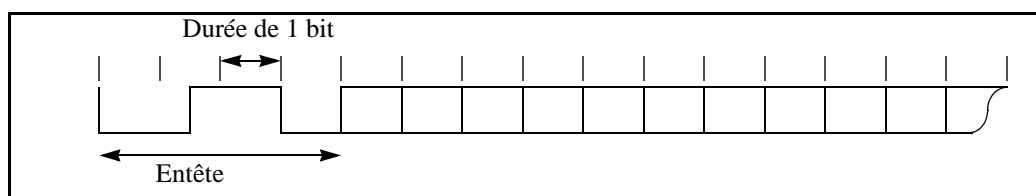


Figure. 15. Description d'une entête d'élément de 80 bits

- Chaque élément de message est identifié par le champ "DECOD" :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

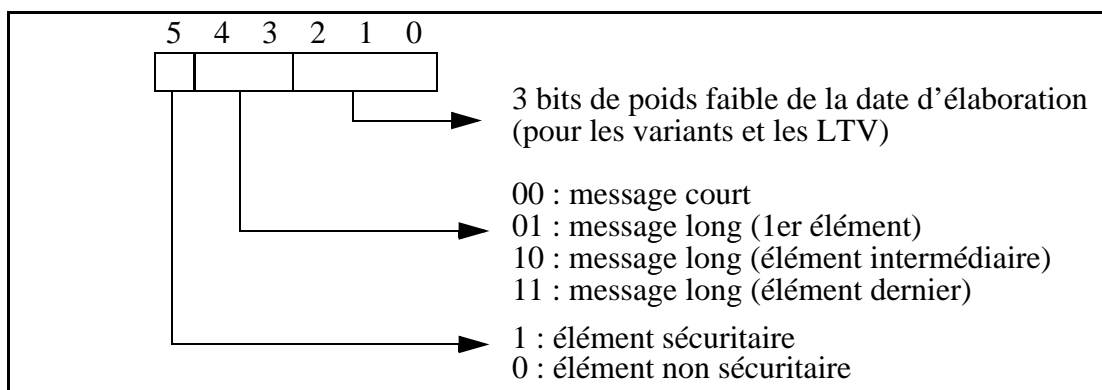


Figure. 16. Contenu du champ "DECOD"

- La partie "RED" est utilisée pour corriger les erreurs de transmission de chaque élément du message. La capacité de correction est de 4 bits par élément, au moyen d'un code cyclique BCH(85,75) (voir Protection des messages).
- Le contenu de la partie "INF" dépend du type de message (court/long, sécuritaire/non sécuritaire)
 - les messages courts sécuritaires contiennent les variants sécuritaires,
 - les messages longs sécuritaires contiennent les invariants sécuritaires et les limites temporaires de vitesse sécuritaires,
 - les messages courts non sécuritaires contiennent la date de synchronisation sol-bord ainsi que les informations de régulation,
 - les messages longs non sécuritaires ne sont pas utilisés.
- La vitesse de transmission est de 500 bits/s.

5.3.2.2.3. Description des messages de transmission continue

5.3.2.2.3.1. Message d'invariants sécuritaires

Les messages d'invariants sécuritaires sont utilisés pour décrire le réseau. Ces messages sont composés de deux à huit éléments. Ils contiennent la description des "singularités" sécuritaires de la voie et une somme de contrôle (checksum) assurant la sécurité du contenu informationnel (voir Annexe D DESCRIPTION DES MESSAGES SOL ATC -> BORD ATC).

Il y a un message d'invariants par segment (voir Définition du segment).

5.3.2.2.3.2. Message de variants sécuritaires

Les variants sécuritaires donnent l'état de la signalisation et celui des caractéristiques d'exploitation variables. Le format des variants est indépendant de la position des trains (la transmission est dite "décantonnée").

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ces messages comportent un seul élément (qui sont pour cela appelés messages “courts”). Chaque message contient 22 bits de variants. Il y a un message par “tronçon” (voir Définition du tronçon page 33); c’est-à-dire qu’il peut y avoir au maximum 22 variants par tronçon.

5.3.2.2.3.3. Messages sécuritaires de limite temporaire de vitesse

Les messages de Limite Temporaire de Vitesse sont constitués de quatre éléments. Chaque message de Limite Temporaire de Vitesse comporte une valeur de limite de vitesse, pour chaque segment du tronçon de transmission ainsi que le numéro de version (également appelé numéro “d’indice”) des invariants à traiter.

Il y a un message LTV par tronçon de transmission.

5.3.2.2.3.4. Messages non sécuritaires de synchronisation de date sol-bord

Les messages courts non sécuritaires de synchronisation de la date fournissent la date de transmission aux calculateurs embarqués. Cette date, commune à tous les calculateurs sol est utilisée pour valider les messages de variants sécuritaires et de LTV. Ce message n’est pas spécifique à un tronçon.

5.3.2.2.3.5. Messages non sécuritaires de régulation

Les messages courts non sécuritaires de régulation fournissent les informations nécessaires pour réaliser :

- le départ sur ordre,
- la régulation de l’ATO.

Il peut y avoir plusieurs messages de régulation applicables à un tronçon donné.

5.3.2.2.4. Contenu des émissions sur un tronçon donné

Pour les variants sécuritaires, un seul message rassemble les informations concernant un tronçon donné ainsi que les informations anticipées. Au contraire, pour les invariants sécuritaires ainsi que pour les limites temporaires de vitesse, les informations anticipées de chaque tronçon aval sont envoyées dans des messages dédiés.

Les messages non sécuritaires de régulation ne sont pas envoyés par anticipation. Par conséquent, ces messages concernent uniquement le tronçon actuellement occupé.

Pour un tronçon donné, les informations de la transmission continue ne concernent qu’un seul sens de parcours. Dans des zones de voie banalisée, on disposera un tronçon de transmission continue pour chaque sens.

Le cycle de transmission dépend de la quantité de messages à envoyer et de la densité particulière des singularités du tronçon. Ceci dépend de plusieurs facteurs, dont :

- la complexité du réseau qui affecte la densité de l’équipement de signalisation (exemple : aiguille, TIV, signaux, pente) et le nombre de convergences ou de divergences à décrire,
- le profil de la voie : variation de pente.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

En tenant compte de la vitesse maximale des trains qui sont susceptibles de circuler sur le tronçon, la charge maximale acceptable pour la transmission continue sur un tronçon donné implique la prise en compte de certains critères de découpage de la voie.

Le tableau ci-après résume les messages envoyés sur un tronçon donné :

Type de message	Contenu	Principe de transmission
INVARIANTS SECURITAIRES	un message sécuritaire long pour chaque segment du (des) tronçon(s). un message sécuritaire long pour chaque segment du (des) tronçon(s) anticipé(s)	cyclique
LIMITE TEMPORAIRE DE VITESSE	un message sécuritaire long pour le tronçon courant. message sécuritaire long (4 éléments) par tronçon(s) anticipé(s).	cyclique
VARIANTS SECURITAIRES	un message sécuritaire court pour le tronçon courant. Ce message contient les variants anticipés	cyclique sur ratio minimum avec chaque changement d'état selon un ratio maximal
SYNCHRO DATE	un message non sécuritaire court	cyclique, éventuellement sur prise en compte d'une resynchronisation.
REGULATION	un message non sécuritaire court	deux fois : - lors de l'entrée en station, - sur changement d'état si le train est en station.

Tableau 8 : Récapitulatif des messages

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.2.2.5. Principe d'émission sur un tronçon

Les messages sont émis par "éléments de transmission" non-interruptibles et de longueur fixe.

Deux types de messages sont transmis sur un tronçon de transmission :

- messages du type à temps de réponse court : messages de type "A".

Ces messages sont exclusivement des variants sécuritaires et non sécuritaires (de la longueur d'un élément de transmission).

- des messages qui ne sont pas critiques en terme de temps de réponse : messages de type "B".

Les messages de type "B" constituent un ensemble de messages envoyés périodiquement. Il s'agit souvent de messages d'une longueur supérieure à un élément de transmission. Ces messages sont constitués par les invariants sécuritaires, les limites temporaires de vitesse, le message de synchronisation de la date (un élément de transmission uniquement).

Les messages de type "A" peuvent interrompre l'émission d'un message de type "B" en s'insérant entre deux éléments d'un message long (de type "B"). En cas de changement d'état, les messages de type "A" sont transmis périodiquement et/ou immédiatement. Pour éviter la saturation de la transmission par des messages de type "A", le ratio des éléments de type "A" sur les éléments de type "B" est limité.

Cette limitation est appelée le "ratio de variants sécuritaires" (le calcul détaillé de ce ratio est décrit dans le paragraphe suivant).

5.3.2.2.6. Ratio des variants sécuritaires

Les messages de variants sécuritaires sont répétés à intervalles périodiques et également à chaque fois que l'état du variant change. En conséquence :

- un ratio *minimum*¹ doit être déterminé afin de s'assurer que les changements de variants sont pris en compte à bord dans un délai déterminé,
 - et un ratio *maximal* doit être déterminé afin que la transmission continue ne soit pas pleinement occupée par des messages de variants.
- Le ratio minimum (*MinTransRatio*) est déterminé en supposant que trois messages doivent être transmis pour un message reçu à bord du train et que la durée de validité du message est de *T2ValidVar* secondes. Etant donné que :
 - Taille_Message_Variant = 84 bits,
 - Débit Trans_sur_TC = 500 bits/s.
 - Le ratio maximal (*MaxTransRatio*) est une valeur déterminée pour ne pas saturer la transmission continue en cas de changement d'état fréquent des variants.

1. Le ratio est défini comme étant le taux d'occupation de la transmission continue (c'est-à-dire ratio = nombre d'éléments d'un type donné / nombre total d'éléments).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.2.2.7. Protection des messages

Les messages de la transmission continue sont protégés contre les interférences ou les perturbations par diverses procédures de codage, selon le niveau de sécurité requis.

5.3.2.2.7.1. Protection pour disponibilité

- Correction des éléments de transmission.

Un code cyclique BCH (85,75) est utilisé pour corriger 4 bits par élément de transmission.

La partie RED du message représente la redondance obtenue sur la base du polynôme de génération suivant :

$$G(x) = x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + 1$$

- Filtrage des messages longs.

Les 16 derniers bits de la partie INF du dernier élément des messages longs représentent la partie redondante du code cyclique BCH (511, 492) qui assure une détection immédiate des erreurs de transmission afin d'éviter qu'elles ne s'infiltrerent dans le processeur. Le polynôme de génération est décrit en Annexe D.1.2 page 32.

- Filtrage des messages non sécuritaires courts.

Les derniers 16 bits de la partie INF représentent la partie redondante du code cyclique BCH (63, 48).

5.3.2.2.7.2. Protection pour sécurité

- Invariants sécuritaires et messages LTV.

Le chaînage des invariants (numéro de branche, abscisse) fournit une protection **contre toute confusion entre invariants** (due par exemple à la diaphonie).

Les sommes de contrôle (checksum) sécuritaires détectent les **altérations des valeurs** d'invariants (dus par exemple au bruit de transmission).

Le numéro de version (comparé au numéro de version LTV) assure l'utilisation de la **version opérationnelle** des invariants sécuritaires.

- Messages de variants sécuritaires.

La somme de contrôle (checksum) sécuritaire assure la sécurité des messages de variants en combinant :

- une protection **contre la confusion entre variants** (par exemple due à la diaphonie),
- la détection **d'altération de valeurs** des variants,
- la garantie de **correspondance entre invariants et variants associés**,
- **le contrôle du rafraîchissement fréquent** des variants sécuritaires.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.2.2.8. Durée de validité de messages sécuritaires

La durée de validité des messages sécuritaires est limitée. Cette limitation est nécessaire pour assurer une protection contre les éventuelles incohérences entre l'état de signalisation réel et l'interprétation de la signalisation à bord. Cette limite est par conséquent définie en termes de période de non rafraîchissement. Une fois écoulée, la période de non rafraîchissement, la validité des messages sécuritaires est remise en question :

- pour les variants sécuritaires, la valeur de cette période dépend du type:
 - *T1ValidVar* secondes pour le point d'arrêt d'espacement,
 - *T2ValidVar* secondes pour tous les autres variants.

Si les variants sécuritaires ne sont pas rafraîchis dans ce délai, ils sont forcés à l'état restrictif. Dans la plupart des cas, la limite de durée de validité peut tolérer la perte d'au moins un message de variants sans affecter la progression du train (voir Reconfiguration de la transmission continue). On notera que la durée de validité est contrôlée à partir de la date de création du message.

- pour les invariants sécuritaires et les limites temporaires de vitesse sécuritaires, la validité est limitée à *TValidLTV* minutes. Une fois cette période écoulée, sans qu'il n'y ait eu rafraîchissement, les invariants reçus à bord du train sont déclarés non valides.

5.3.2.2.9. Synchronisation sécuritaire

Etant donné que les messages sécuritaires font toujours l'objet d'un horodatage sécuritaire, l'ensemble des équipements ATC, bord ou sol, doivent disposer pour ces données, d'une valeur commune. En particulier, un train changeant de secteur ne doit pas être perturbé. Ceci est réalisé par des messages de synchronisation échangés entre équipements ATC sol adjacents ou transmis de l'équipement ATC sol à l'équipement ATC bord.

Le datage sécuritaire de chaque équipement ATC est incrémenté de un à chaque cycle logiciel sécuritaire de l'équipement. Lorsqu'un équipement ATC reçoit un message de synchronisation, il adopte la valeur reçue si elle est supérieure à sa propre valeur en cours.

5.3.2.3. Transmission ponctuelle sol -> bord

La transmission ponctuelle est le moyen utilisé pour transmettre au train des informations ponctuelles permettant d'effectuer un lien entre la voie réelle et la description de cette voie (invariants). Cette fonction est réalisée par les balises suivantes :

- balises d'initialisation au vol (et d'étalonnage),
- balises de relocalisation.

Les règles de positionnement des balises dépendent du type de balise concernée et sont explicitées dans le CHAPITRE 3 - REPARTITION GEOGRAPHIQUE.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.2.3.1. Balise d'initialisation au vol

La balise d'initialisation au vol est utilisée pour initialiser la localisation du train dans les invariants et pour étalonner la roue phonique.

Elle envoie des fréquences fixes. Le déplacement du train dans un sens donné permet de lire un message cohérent en détectant la différence de phase. Ce principe implique un mouvement du train.

Pour permettre d'étalonner la roue phonique (voir paragraphe Etalonnage de la roue phonique), cette balise est physiquement divisée en deux parties :

- La première partie est la partie informationnelle, elle contient :
 - le numéro absolu de la branche où est la tête du train,
 - le numéro du canal de transmission continue que le train doit écouter.

Ces données permettent au train d'acquérir la transmission continue et de trouver sa position dans les invariants.

- La seconde partie contient la somme de contrôle sécuritaire des données transmises dans la première partie de la balise.

La fin du premier octet de la seconde partie de la balise sert de repère de positionnement de la balise dans les invariants.

Il ne peut donc y avoir qu'une seule balise d'initialisation par branche.

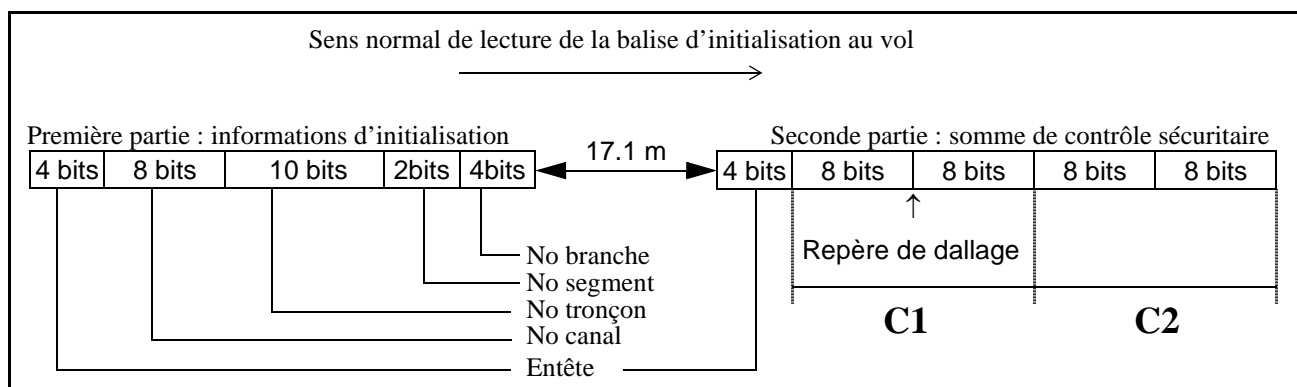


Figure. 17. Balise d'initialisation au vol

La balise d'initialisation ne peut être lue que dans un seul sens de marche.

5.3.2.3.2. Balises de relocalisation

Les informations des balises de relocalisation sont constituées de deux octets. La fin du premier octet est utilisée comme repère de positionnement de la balise dans les invariants.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

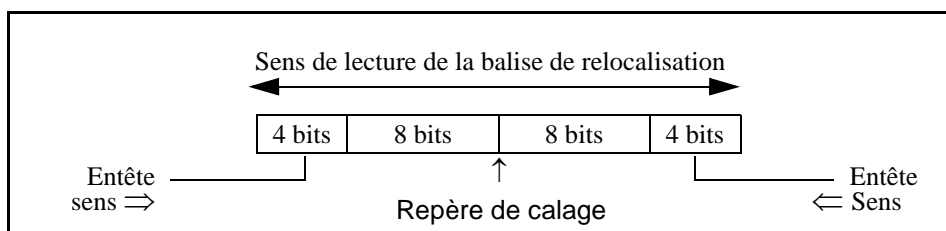


Figure. 18. Balise de relocalisation

Les balises de relocalisation peuvent être lues dans les deux sens. Les valeurs des deux octets de code de la balise sont indiquées ci-dessous en fonction du sens de lecture :

- C475 (hexadécimal) pour un sens de parcours normal,
- 5D13 (hexadécimal) pour un sens de parcours inverse.

Une balise est constituée de deux tapis d'information. On effectue donc la lecture d'un bit de rang impair et d'un bit de rang pair en même temps. Le code lu en sens inverse n'est donc pas l'inverse du code lu en sens normal. Exemple pour un tapis de 4 bits, en sens normal la lecture est b3, b2, b1 et b0 en sens inverse la lecture est b1, b0, b3 et b2.

5.3.2.3.3. Protection du traitement de message de balise

La sécurité de traitement de la réception des balises dépend de leur utilisation. Les deux applications sécuritaires des balises sont :

- initialisation de la localisation,
- recalage de la localisation (ou relocalisation).

5.3.2.3.3.1. Sécurité d'initialisation

L'objectif de cette fonction est d'initialiser la localisation du train sur la voie donc dans les invariants qui décrivent cette voie.

Les protections mises en oeuvre pour cette fonction sont :

- sécurité intrinsèque contre la lecture en diaphonie,
- identification correcte de la balise, pour laquelle il est nécessaire :
 - de recevoir le nombre correct d'octets, selon le type de balise,
 - de comparer les valeurs lues avec les valeurs attendues dans les invariants
 - de comparer la longueur de la balise lue avec la longueur attendue.
- toutes les balises d'initialisation sont différentes sur le réseau,
- la nécessité de s'assurer que les informations d'étalonnage de la roue phonique sont cohérentes (c'est-à-dire comprises entre une valeur minimale et maximale voir Etalonnage, page 53).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.2.3.3.2. Sécurité de relocalisation

L'objectif de cette fonction est de recalibrer la position du train dans les invariants.

Les protections suivantes sont mises en oeuvre pour cette fonction :

- sécurité intrinsèque contre la lecture en diaphonie,
- la prise en compte de la balise est effectuée uniquement sur une zone réduite (fenêtre de relocalisation, voir paragraphe 5.3.3.4.2),
- identification correcte de la balise pour laquelle il est nécessaire :
 - de recevoir le nombre correct d'octets, selon le type de balise,
 - de comparer les valeurs lues avec les valeurs attendues dans les invariants,
 - de comparer la longueur de la balise lue avec la longueur attendue.
- la relocalisation ne peut pas être hors domaine (*DMinRecalage*, *DMaxRecalage*).

5.3.2.4. Transmission intersecteurs

5.3.2.4.1. Description des éléments de transmission intersecteur

L'émission des messages de transmission transitant sur les liaisons intersecteur est effectuée par éléments ininterrompibles et de longueur constante (80 bits + 4 bits d'entête). Un message est constitué de 1 à 8 éléments de transmission. La figure ci-dessous illustre le format d'un élément de transmission continue.

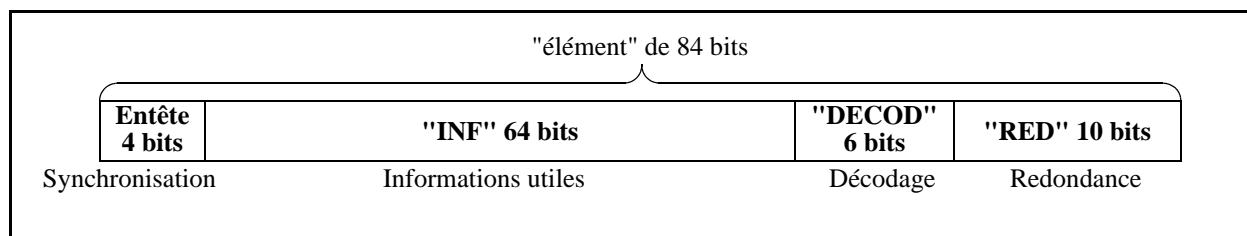


Figure. 19. Format d'un élément de transmission intersecteur

Description d'élément de transmission :

- L'élément comporte 4 bits pour la synchronisation (même principe que celui utilisé pour la transmission continue sol - bord).
- Chaque élément de message est identifié par le champ "DECOD" :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

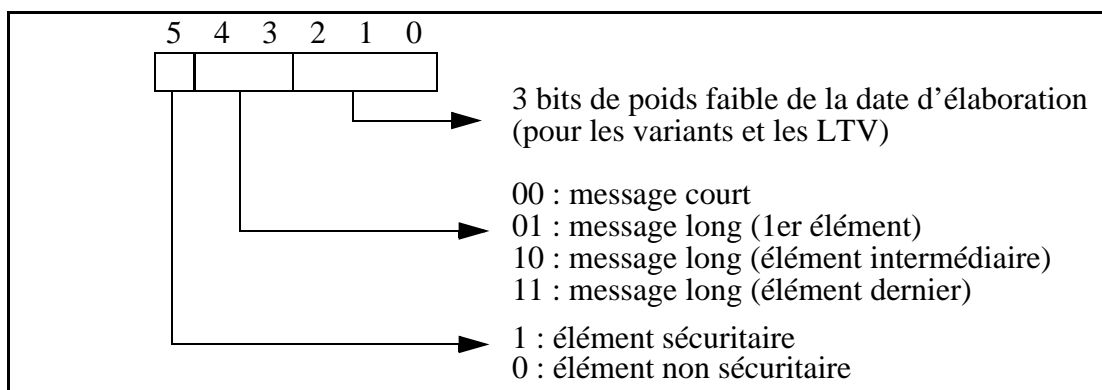


Figure. 20. Contenu du champ "DECOD"

- La partie "RED" est utilisée pour corriger les erreurs de transmission de chaque élément du message. La capacité de correction est de 4 bits par élément, au moyen d'un code cyclique BCH(85,75) (voir Protection des messages).
- Le contenu de la partie "INF" dépend du type de message (court/long, sécuritaire/non sécuritaire)
 - les messages courts sécuritaires contiennent les variants sécuritaires,
 - les messages longs sécuritaires contiennent les invariants sécuritaires et les limites temporaires de vitesse sécuritaires anticipées,
 - les messages courts non sécuritaires contiennent la date de synchronisation sol-sol ou permettent d'envoyer les informations nécessaires à la reconfiguration transmission continue,
 - les messages longs non sécuritaires ne sont pas utilisés.
- La vitesse de transmission est de 500 bits/s.

5.3.2.4.2. Description des messages de transmission continue

Les messages de la transmission Sol -> Sol sont construits à partir d'éléments de transmission identiques aux éléments utilisés pour la transmission continue (voir paragraphe 5.3.2.2.2).

Ainsi:

- les messages courts sécuritaires ne contiennent qu'un seul élément de transmission dont la description est donnée en annexe G.2.2.3.,
- les invariants sécuritaires présentent les singularités du secteur aval dans des messages pouvant comprendre jusqu'à 8 éléments,
- les LTV anticipées sont envoyées sous le même format que pour la transmission continue sol - bord.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- le message de synchrodate sol-sol est identique à celui employé dans le cadre de la transmission sol - bord.
- les variants permettant d'assurer la fonction reconfiguration de la transmission continue sont émis dans un message d'un seul élément non sécuritaire dont le format est fourni en annexe G.2.2.4.

Le tableau ci-après résume les messages envoyés sur une liaison intersecteur donnée:

Type de message	Contenu	Principe de transmission
INVARIANTS SECURITAIRES	un message sécuritaire long pour le(s) tronçon(s) à anticiper.	cyclique
LIMITE TEMPORAIRE DE VITESSE	message sécuritaire long (4 éléments) par tronçon(s) anticipé(s).	cyclique
VARIANTS SECURITAIRES	un message sécuritaire court pour le tronçon anticipé.	cyclique sur ratio minimum avec chaque changement d'état selon un ratio maximal
SYNCHRO DATE	un message non sécuritaire court	cyclique, éventuellement sur prise en compte d'une resynchronisation.
RECONFIGURATION DE LA TRANSMISSION CONTINUE	un message non sécuritaire court	message envoyé lors de la défaillance d'un élément de transmission.

Tableau 9 : Récapitulatif des messages

5.3.2.4.3. Caractéristiques du support de transmission

Le support de transmission est une liaison série.

5.3.2.4.4. Principe d'émission sur une liaison intersecteur

Les principes d'émission utilisés sur une liaison intersecteur sont identiques à ceux de la transmission continue sol-train.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.2.4.5. Protection des messages

Les principes de protection de messages utilisés sur une liaison intersecteur sont identiques à ceux de la transmission continue sol-train.

5.3.2.4.6. Durée de validité des messages de variants sécurité

La durée de validité des variants échangés sur les liaisons intersecteur est fixée à *TValidVarInter-sec* secondes.

5.3.2.4.7. Synchronisation sécuritaire

Etant donné que les messages sécuritaires font toujours l'objet d'un horodatage sécuritaire, l'ensemble des équipements ATC sol, doivent disposer pour ces données, d'une valeur commune. Ceci est réalisé par des messages de synchronisation échangés entre équipements ATC sol adjacents.

Le datage sécuritaire de chaque équipement ATC est incrémenté de un à chaque cycle logiciel sécuritaire de l'équipement. Lorsqu'un équipement ATC reçoit un message de synchronisation, il adopte la valeur reçue si elle est supérieure à sa propre valeur en cours.

5.3.3. Localisation SACEM

5.3.3.1. Principes de localisation

En mode de conduite CMC ou PA, l'ATP surveille en sécurité la progression du train tandis que l'ATO conduit le train uniquement en mode de conduite PA.

Par conséquent, tant l'ATO que l'ATP doivent être capables de connaître la position du train sur la voie donc dans les invariants qui décrivent cette voie.

Cette fonction est appelée "localisation". Elle utilise la transmission continue, la transmission ponctuelle et la roue phonique.

Remarque : SACEM localise la tête du train, c'est à dire l'extrémité avant dans le sens de marche.

Cette fonction peut être décomposée en sous-fonctions :

- Mesure du mouvement,
- Initialisation de la localisation du train (dans les invariants),
- Actualisation de la localisation du train (dans les invariants).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.3.2. Mesure du mouvement

5.3.3.2.1. La roue phonique

La roue phonique est munie de deux jeux de dentures : la denture horloge et la denture codée. Sur la denture horloge (constituée de 100 dents équidistantes), deux capteurs (C1, C2) sont utilisés pour détecter le sens de rotation et d'avance des dents. Un capteur supplémentaire (C3) est positionné de façon à ce qu'au moins l'un des capteurs soit à tout moment en mode passant et au moins l'un des capteurs soit en mode non passant. Cette disposition permet de vérifier le fonctionnement correct des capteurs.

Sur la denture codée, un capteur (C4) permet d'obtenir le code attribué à chaque dent afin de garantir que le comptage précédent n'a pas raté de dent. Le code attribué à chaque dent est un mot de 8 bits obtenu à partir des bits de code des 7 dents précédentes et du bit de code de la dent courante. A la mise sous tension ce code est inconnu, il faut l'initialiser. La roue phonique est dite initialisée lorsque le train a parcouru une distance équivalente à 8 dents (soit environ 25 cm).

Le passage de la dent N à la dent N+1 (sens1) ou à la dent N-1 (sens2) s'exprime par les conditions logiques suivantes :

- sens 1 (sens positif) : (transition de 0 à 1 de C1) et (C2 = 1) ou (C3 = 0)
- sens 2 (sens négatif) : (transition de 1 à 0 de C1) et (C2 = 1) ou (C3 = 0).

La fréquence de changement d'état des capteurs C1, C2, C3 et C4 est d'environ 900 Hz à une vitesse de 80 Km/h.

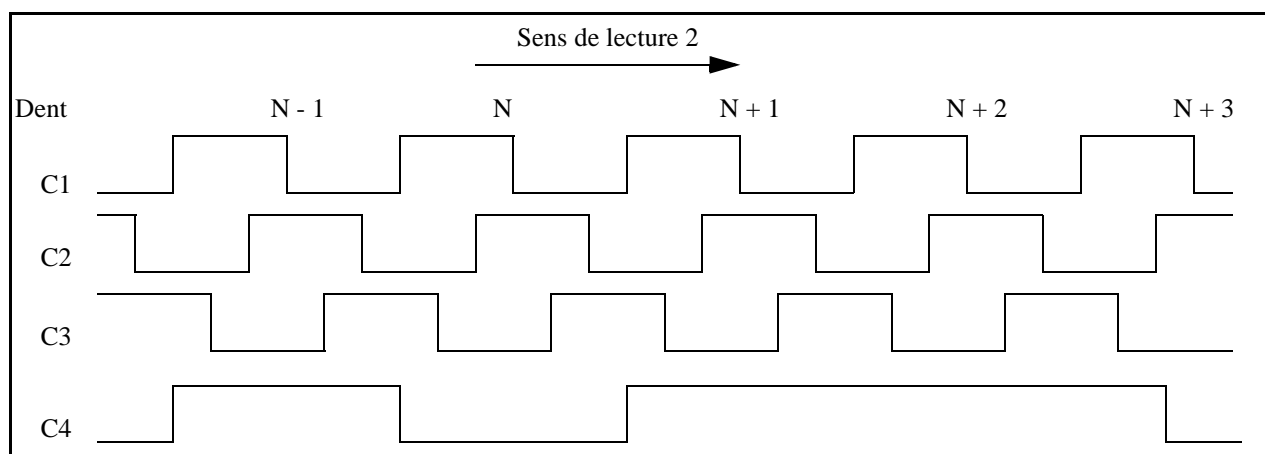


Figure. 21. Chronogramme des capteurs de la roue phonique

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.3.2.2. Etalonnage

Il est indispensable d'étalonner la roue phonique. En effet, le choix d'un diamètre restrictif (diamètre maximal de la roue) entraînerait une erreur de localisation importante et une mesure de vitesse imprécise.

En conséquence, la roue phonique est étalonnée, pendant la phase d'initialisation de la localisation, en comptant le nombre de dents lors du franchissement d'une balise d'initialisation au vol.

La valeur du compteur de dent est enregistrée par un dispositif matériel à chaque octet d'information reçu de la balise.

La configuration de la balise d'initialisation est parfaitement connue (deux parties séparées par une distance constante voir Figure. 22.); en conséquence, lorsque l'on connaît le nombre de dents mesuré par la roue phonique, on peut en déduire l'étalonnage d'une de ses dents.

Pour garantir la sécurité du système, cet étalonnage est majoré. Ce principe permet au train d'être toujours localisé en aval de sa position réelle.

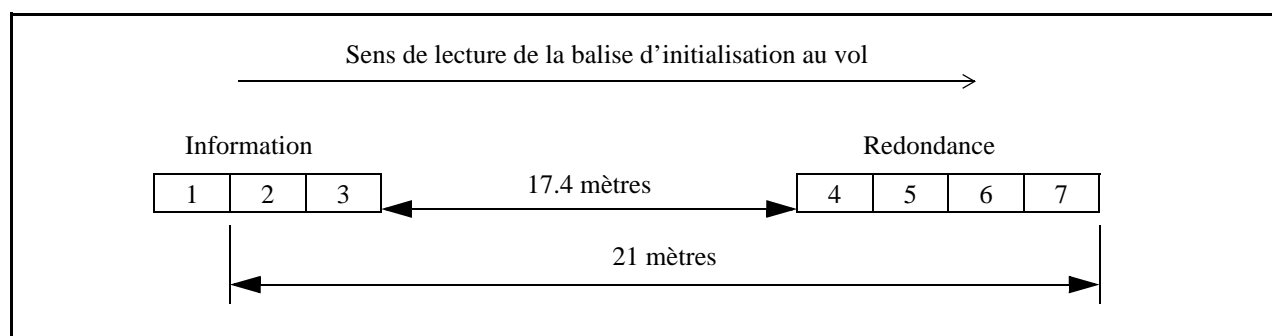


Figure. 22. Balise d'initialisation au vol utilisée pour l'étalonnage

5.3.3.2.3. Traitement de l'enrayage/patinage et du blocage d'essieu

L'utilisation d'une roue codée permet d'immuniser le système contre tous les défauts de mesure du nombre de dents parcourues. Les défauts mécaniques s'inscrivent dans différentes catégories :

- Défaillance d'un axe ou blocage permanent de l'essieu : ce défaut est détecté par une information tout-ou-rien non sécuritaire (QVA) obtenue à partir d'une mesure sur un autre essieu du train.
- L'enrayage ou le patinage ne peuvent avoir lieu étant donné que la roue phonique est fixée sur un essieu libre (non freiné, non moteur).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.3.3.3. Initialisation de la localisation du train

Pour initialiser la localisation du train dans les invariants, on utilise des balises d'initialisation au vol qui sont placées en différents points de la voie. Ces balises sont déclarées dans les invariants. Lors de la lecture d'une balise, la position de la tête du train est égale à la position de la balise dans les invariants augmentée de la distance qui sépare l'antenne de lecture des balises de la tête du train (*DistAntCabineXX*).

La localisation étant effectuée au vol, la roue phonique doit être valide et initialisée.

La séquence qui permet d'initialiser la localisation est la suivante :

- Lecture de la balise (acquisition du numéro de branche et du canal à écouter) et étalonnage de la roue phonique (voir paragraphe Etalonnage de la roue phonique).
- Une fois la balise lue, l'équipement ATC bord :
 - programme le récepteur de transmission continue afin de recevoir la description et l'état d'occupation de la voie (invariants et variants),
 - met à jour la distance parcourue par le train depuis la balise en utilisant les informations de mouvement fournies par la roue phonique.
- Lorsque les invariants et les variants sont reçus, l'ATC bord recherche la balise dans les invariants. Une fois ajoutée la distance parcourue depuis le franchissement de cette balise et la distance qui sépare l'antenne de lecture des balises de la tête du train (*DistAntCabineXX*), l'ATC bord obtient la position exacte du train dans les invariants.

Lorsque l'ATC est localisé, il autorise la commutation du mode de conduite CMP en mode de conduite CMC ou PA, si les conditions de sécurité requises sont remplies.

5.3.3.4. Actualisation de la localisation du train

La localisation est actualisée pour prendre en compte :

- le déplacement du train,
- les recalages de localisation,
- les retournements de localisation.

5.3.3.4.1. Prise en compte du déplacement du train

Cette mise à jour est réalisée à partir de la mesure de mouvement du train. La position du train dans les invariants est actualisée en lui additionnant la distance parcourue par le train.

A chaque prise en compte du déplacement, les invariants sont parcourus depuis la position précédente du train et jusqu'à la nouvelle position du train. Ceci n'est possible que si le train connaît la description de la voie (invariants) et la position des aiguilles divergentes (variants). Pour être sur

Dossier de Spécification Système de l'ATC

de prendre la bonne branche lors du franchissement d'une aiguille divergente, il est vérifié que la position des aiguilles divergentes ne se modifie pas sur la distance au moins égale à l'erreur maximum de localisation.

5.3.3.4.2. Relocalisation

Malgré l'étalonnage, la mesure de mouvement ne peut pas être exempte d'erreurs. Il est donc nécessaire de recalculer, par itérations successives, la position du train dans les invariants. Pour cela, des balises de relocalisation sont implantées le long de la voie. Comme les balises d'initialisation, ces balises sont déclarées dans les invariants. Lors de la lecture d'une balise, la position de la tête du train est égale à la position de la balise dans les invariants augmentée de la distance qui sépare l'antenne de lecture des balises de la tête du train ($DistAntCabineXX$). La différence entre la position de la localisation et la position réelle (invariants + $DistAntCabineXX$) constitue la valeur de recalage de la localisation. Cette valeur doit être comprise entre $DMinRecalage$ et $DMaxRecalage$.

Lorsque le train est localisé, les balises d'initialisation sont également utilisées pour la relocalisation des trains localisés.

La position des balises dans les invariants est décrite par les figures suivantes :

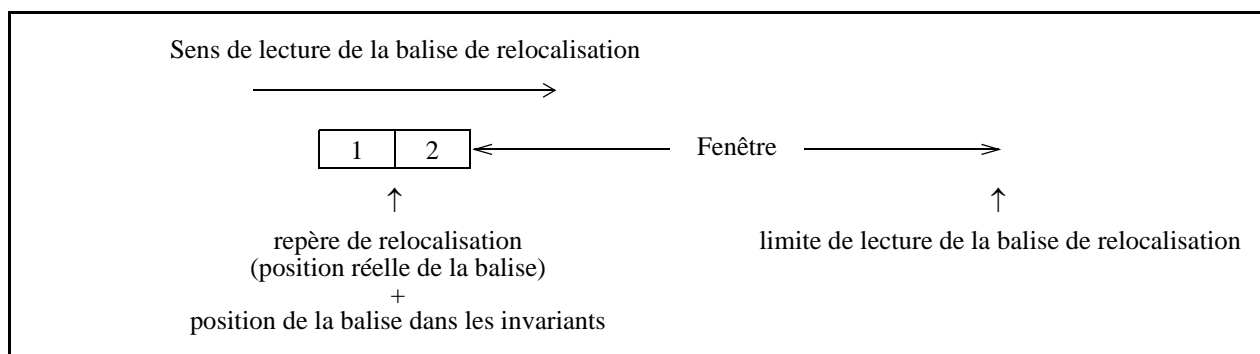


Figure. 23. Position de la balise de relocalisation

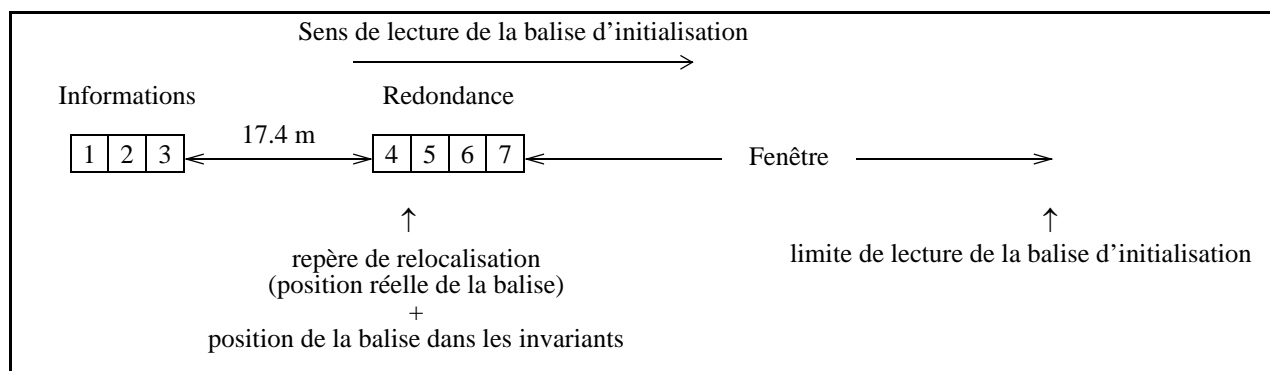


Figure. 24. Balise d'initialisation au vol utilisée pour la relocalisation

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Pour les deux types de balise, la fenêtre de lecture de la balise est définie comme étant la somme des valeurs suivantes :

- distance entre le repère de relocalisation et la fin de la balise (1 octet = 0,60 m),
- l'erreur de localisation maximale (*DErreurLocMax*),
- la distance entre l'antenne et l'extrémité du train (*DistAntCabineXX*).

Une roue phonique correctement étalonnée fournit une localisation sécuritaire anticipée (position calculée en aval de la position réelle) dans une fourchette intégrant les erreurs de localisation et notamment :

- l'erreur d'étalonnage,
- l'erreur de calage de la balise.

Pour corriger ces erreurs et en considérant que la possibilité de rater une balise, la distance entre trois balises de relocalisation ne doit pas être supérieure à *DEntre3Balises*.

Les configurations de relocalisation qui peuvent à priori se présenter sont les suivantes :

- 1) La balise est lue avant que le train atteigne sa position théorique (le recalage est inférieur à *DMinRecalage*) :

Situation dangereuse => la localisation du train est annulée (délocalisation), le train ne peut plus rouler en mode de conduite CMC ou PA, le freinage d'urgence doit être appliqué.

- 2) La balise est lue dans la fenêtre de relocalisation.

L'ATC effectue la correction de localisation nécessaire, une fois la balise lue par le train.

- 3) La balise n'est pas lue dans la fenêtre (défaillance de lecture balise ou lecture au-delà de la fenêtre) :

L'équipement ATC bord tolère la non prise en compte d'une balise de relocalisation si cette balise n'est pas la première après l'initialisation de la localisation ou un retournement de la localisation.

La non acquisition de deux balises successives ou d'une balise dans les deux cas précédents déclenche la délocalisation.

5.3.3.4.3. Retournement de la localisation du train

Etant donné qu'il y a un seul équipement ATP dans le train et que SACEM localise la tête du train, la fonction retournement est réalisée par localisation de l'autre extrémité du train sur la partie de la voie décrite en sens inverse. Le retournement est uniquement autorisé dans certaines parties de la ligne. La localisation est décrite dans les invariants de la manière suivante :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

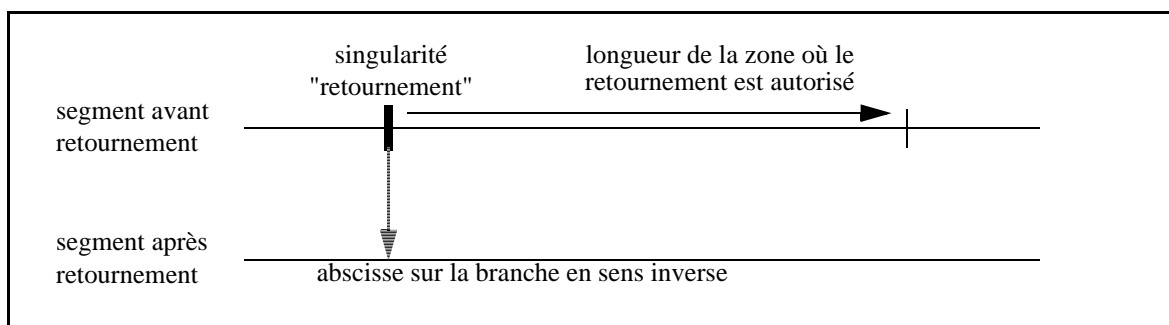


Figure. 25. Retournement

Le retournement est autorisé uniquement si :

- le train arrêté dans la zone de retournement (toute la longueur du train est dans la zone),
- l'ATP détecte un changement de cabine active.

La localisation SACEM est une localisation sécuritaire donc en aval de la position réelle du train. Lors du retournement de la localisation, cette erreur devient dangereuse car le train peut être en aval de localisation. Une fois le retournement effectué, il faut majorer l'abscisse de localisation de l'erreur maximale théorique en fonction de la distance parcourue depuis la dernière balise sécuritaire lue. Pour diminuer cette erreur et ne pas pénaliser le retournement, une balise est systématiquement placée à moins de $DBaliseAvRetourn$ avant la fin de la zone de retournement.

La nouvelle localisation résulte de la formule suivante :

$$AbscLoc = AbscInv - Déplacement + LongueurTrain + (DisDerniereBal * ErreurLoc)$$

avec :

$AbscLoc$ = Abscisse de localisation après le retournement

$Déplacement$ = Abscisse de localisation avant le retournement - Abscisse singularité

$LongueurTrain$ = Longueur du train ($DLongTrainXX$ fonction du type et de la composition du train)

$LongueurTrain$ = Distance parcourue depuis la dernière balise sécuritaire lue.

$ErreurLoc$ = Valeur relative de l'erreur de localisation (voir Annexe C).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

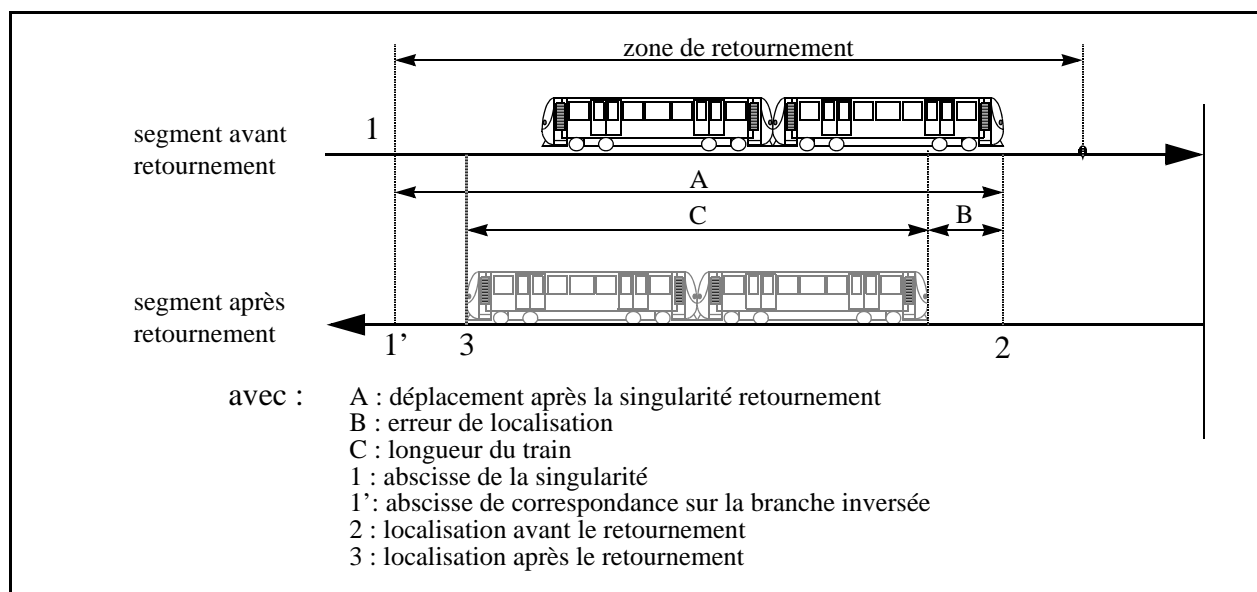


Figure. 26. Correspondance entre les abscisses avant et après retournement

5.3.4. Modes de contrôle SACEM

Le système SACEM fonctionne avec un mode de contrôle parmi les modes MAV et CMC-PA (PA est un mode de conduite ; le code de contrôle correspondant est CMC-PA). Après initialisation, le mode de contrôle est MAV. Dès que le train est localisé et que les conditions d'activation sont remplies, le mode de contrôle passe automatiquement en CMC-PA.

Le retour au mode de contrôle MAV ne peut être réalisé que lorsque le train est à l'arrêt, après que le conducteur ait appuyé sur le bouton poussoir MAV, dans les conditions suivantes :

- après dépassement intempestif du point d'arrêt (dans ce cas, le conducteur doit appuyer sur le bouton poussoir afin de libérer son train),
- avant dépassement volontaire d'un point d'arrêt à l'état restrictif,
- à la fin de la zone SACEM (entrée au garage).

Après une transition en mode de contrôle MAV, le retour au mode de contrôle CMC-PA est identique à la transition à partir d'une initialisation en CMC-PA.

Conditions permettant la transition du mode MAV au mode CMC-PA :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

En mode de contrôle MAV, le conducteur doit assurer le contrôle d'espacement du train. En mode de contrôle CMC-PA, SACEM effectue ce contrôle. La transition entre le contrôle effectué par le conducteur et le contrôle SACEM peut être effectuée uniquement lorsque SACEM a la connaissance de l'état d'occupation de la voie en aval du train, c'est-à-dire lorsque :

- le train est localisé,
- le train est suffisamment proche d'un joint de CDV contrôlé par SACEM (à une distance inférieure à *DProxJoint*, cette condition permet de s'assurer qu'il n'y a pas de train entre le train contrôlé et ce joint de CDV),
- le point d'arrêt associé au joint de CDV présente un aspect permissif montrant que la voie est libre en aval.

Remarque : Dans le but d'augmenter la disponibilité, lorsque le train a effectué un retournement de localisation on tolère une distance plus grande entre la tête du train et le joint de CDV (*DProxJointRet*) pour activer le mode de contrôle CMC-PA.

Lorsque le train roule en mode de contrôle CMC-PA, SACEM vérifie que :

- aucun point d'arrêt (signal ou joint de CDV sans signal) n'est franchi à l'état restrictif,
- le contrôle d'énergie s'est assuré que le train est capable de respecter chaque point restrictif,
- la vitesse du train est inférieure à la vitesse autorisée sur la ligne (polygone de vitesse et LTV).

Lorsque le train roule en mode de contrôle MAV, le système SACEM vérifie uniquement la surviesse.

5.4. PROTEGER ET ASSISTER LES PASSAGERS

5.4.1. Gestion des portes du train

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol :

Les stations sont décrites dans les invariants; le paramètres suivants sont fournis : abscisse du début de quai, longueur du quai et position du quai à Gauche ou à Droite. Des balises de relocalisation sont installées à proximité du Point d'Arrêt de Service afin de réduire l'erreur de localisation pour garantir un arrêt du train avec la précision requise.

- Equipement ATC bord :

L'équipement ATC bord contrôle l'état des portes du train de la manière suivante :

- il commande l'autorisation d'ouverture des portes lorsque le train est en station (uniquement lorsque le train est localisé),

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- il commande l'ouverture des portes lors de l'arrêt du train en station,
- il contrôle l'immobilité du train si les portes sont ouvertes,
- il contrôle que les portes sont fermées avant d'autoriser le départ du train.

Autorisation d'ouverture :

L'autorisation d'ouverture des portes (du côté du quai) est commandée lorsque l'ensemble du train est localisé en station (un train non localisé ne peut pas ouvrir les portes en automatique).

L'autorisation d'ouverture des portes est donc commandée lorsque le mode de conduite est CMP avec CMC sélectionnable, CMC ou PA (l'ATO effectue un arrêt précis à quai mais n'est pas un élément sécuritaire).

Afin d'améliorer le niveau de disponibilité :

- La condition suffisante pour que l'autorisation d'ouverture des portes soit donnée est que les toutes les portes voyageurs soient inscrites dans le quai. Ainsi une tolérance, prenant en compte l'écart entre l'extrémité du train et la première porte voyageur, est utilisée pour définir la position de la tête et de la queue du train dans la station. Ces tolérances sont définies de la manière suivante (voir Figure. 27.) :
 - $DTolerTete = DistMinPortes - DMinRecalage$,
 - $DTolerQueue = DistMinPortes - (DisDerniereBal * ErreurLoc)$.
- Une balise de localisation est systématiquement placée avant chaque arrêt en station (moins de $DBalAvantArret$) pour diminuer l'erreur de localisation en station donc la tolérance de positionnement de la queue du train.

Si toutes les portes voyageurs du train ne sont pas vues à quai par la localisation, le conducteur devra alors effectuer l'ouverture en manuel.

L'autorisation d'ouverture des portes doit être anticipée pour que les portes soient ouvertes à l'arrêt du train. L'autorisation d'ouverture est donc commandée avant l'arrêt du train. La condition qui autorise l'ouverture des portes est la suivante :

Condition d'autorisation = $Vitesse\ train < VSeuilPortes$
et $Abscisse\ tête < Abscisse\ fin\ quai + DTolerTete$
et $Abscisse\ queue > Abscisse\ debut\ quai - DTolerQueue$

L'autorisation d'ouverture des portes est valide uniquement si les clés de commande d'ouverture des portes (T1 et T2) sont sur la position "Auto" et si la clé C (commutateur de mode de conduite) n'est pas en position CM.

Elle est donc commandée si l'entrée "Commande portes en position AUTO" est vraie et si la clé C n'est pas en position CM, lorsqu'il y a une transition de faux à vrai de la "Condition d'autorisation".

Dossier de Spécification Système de l'ATC

La fermeture des portes est commandée par le conducteur lorsqu'il appuie sur le bouton poussoir FD. SACEM fait l'acquisition de l'"Info départ" qui est fournie par le train en mode de conduite CMC ou PA. Cette information est définie de la manière suivante :

Info départ = Bouton poussoir FD appuyé et Toutes les portes fermées

L'autorisation d'ouverture des portes doit être annulée si le conducteur démarre le train avec la clé C en position CM (la manœuvre de la clé C en CM à l'arrêt lorsque les portes sont ouvertes ne doit pas annuler l'autorisation d'ouverture).

L'autorisation d'ouverture des portes est maintenue jusqu'à ce que l'information de départ ("Info départ") soit valide.

Le côté (gauche ou droit) d'autorisation d'ouverture des portes, est commandée lors de la transition de l'autorisation d'ouverture des portes, selon le type de train :

- train NS74 : du côté correspondant à un déplacement du train avec la cabine 1 en tête.
- train NS93 : du côté correspondant à un déplacement du train avec la cabine 2 en tête.
- train NS2004 : du côté correspondant à un déplacement du train avec la cabine 1 en tête.

En résumé :

Autorisation porte = ("Commande portes en position AUTO"
ET NON clé en CM
ET Transition de faux à vrai de la Condition d'autorisation
OU (Autorisation porte
ET NON "Info départ"
ET NON (clé en CM ET NON arrêt du train))

Si il y a une cabine active ET Transition de faux à vrai de Autorisation porte

Train NS74 :

Si la cabine 1 est active

Autorisation porte gauche = Autorisation porte et quai à gauche

Autorisation porte droite = Autorisation porte et quai à droite

Si non

Autorisation porte gauche = Autorisation porte et quai à droite

Autorisation porte droite = Autorisation porte et quai à gauche

Train NS93 :

Si la cabine 1 est active

Autorisation porte gauche = Autorisation porte et quai à droite

Autorisation porte droite = Autorisation porte et quai à gauche

Si non

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Autorisation porte gauche = Autorisation porte et quai à gauche

Autorisation porte droite = Autorisation porte et quai à droite

Train NS2004 :

Si la cabine 1 est active

Autorisation porte gauche = Autorisation porte et quai à gauche

Autorisation porte droite = Autorisation porte et quai à droite

Si non

Autorisation porte gauche = Autorisation porte et quai à droite

Autorisation porte droite = Autorisation porte et quai à gauche

Commande d'ouverture des portes :

La commande d'ouverture des portes est active uniquement lorsque l'autorisation d'ouverture des portes est donnée. Elle est déterminée de la manière suivante :

train NS74 :

- Commande ouverture porte gauche si Autorisation porte gauche est présente et le vibreur de portes n'est pas commandé.
- Commande ouverture porte droite si Autorisation porte droite est présente et le vibreur de portes n'est pas commandé.

train NS93 :

- Commande ouverture porte gauche pendant *TOuvPortesNS93* secondes après Autorisation porte gauche.
- Commande ouverture porte droite pendant *TOuvPortesNS93* secondes après Autorisation porte droite.

train NS2004 :

- Commande ouverture porte gauche pendant *TOuvPortesNS2004* secondes après Autorisation porte gauche.
- Commande ouverture porte droite pendant *TOuvPortesNS2004* secondes après Autorisation porte droite.

Contrôle d'immobilité du train et contrôle de fermeture des portes :

La commande des portes est une commande sécuritaire. SACEM doit donc vérifier en sécurité les points suivants :

- aucun autre système que SACEM ne peut commander l'ouverture des portes (surveillance de l'entrée "Commande portes en position AUTO"),
- le train est arrêté lorsque la commande d'ouverture des portes est active (enclenchement du contrôle d'immobilité),

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- le train est autorisé à démarrer uniquement si les portes sont fermées (levée du contrôle d'immobilité).

Ces vérifications sont effectuées par le "contrôle d'immobilité" du train. Ce contrôle est activé par la perte de l'information "Commande portes en position AUTO" ou par la commande d'Autorisation d'ouverture des portes, il est désactivé lorsque les portes sont fermées ("Info départ").

L'activation du "contrôle d'immobilité" par l'autorisation d'ouverture des portes doit être temporisée étant donné que cette autorisation est commandée avant l'arrêt du train (risque de déclenchement du freinage d'urgence).

Le contrôle d'immobilité est le suivant :

Condition immobilité= Autorisation porte depuis plus de *TRetardPortes*

Contrôle d'immobilité=non "Commande portes en position AUTO"

ou Condition immobilité

ou (Contrôle d'immobilité et non "Info départ").

Lorsque le "contrôle d'immobilité" est enclenché, tout déplacement du train est interdit. Si un déplacement a lieu, le freinage d'urgence est déclenché.

Contrôle d'immobilité et non (train arrêté) => Freinage d'urgence.

Remarque : Lorsque le train est en mouvement et que le freinage d'urgence n'est pas déclenché (donc lorsque le contrôle d'immobilité est inactif), seul SACEM peut autoriser l'ouverture des portes. Dans ce cas, il est inutile de contrôler l'ouverture effective des portes lorsque le train est en mouvement.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

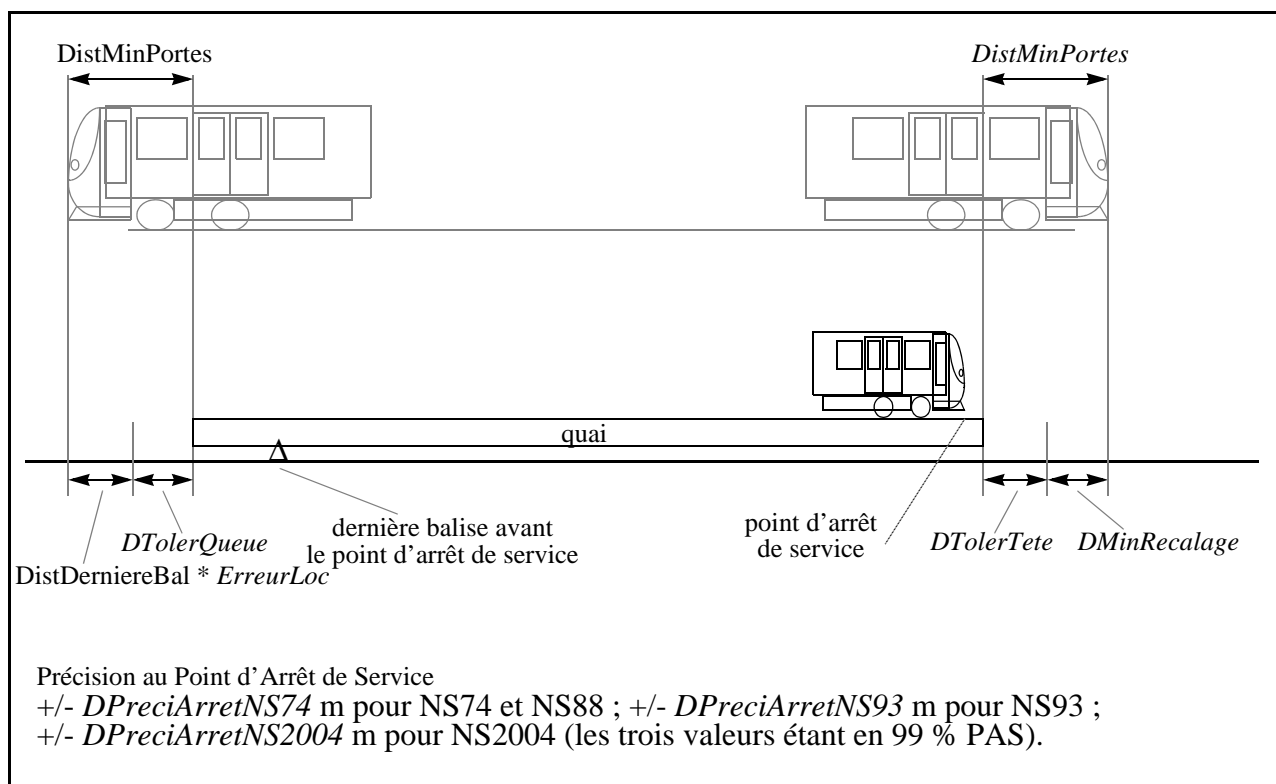


Figure. 27. Conditions d'ouverture des portes du train

5.4.2. Maintien du train à quai

Cette fonction n'est pas sécuritaire.

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC bord :

Cette fonction est utilisée pour éviter de faire partir un train puis de l'arrêter avec une partie des portes à quai et une partie hors du quai.

En mode de conduite CMC ou PA, cette fonction inhibe la commande des vibreurs d'annonce de fermeture des portes (commandé par la réception du DSO) tant que la distance entre la fin du quai et le premier point d'arrêt restrictif ne permet pas un dégagement du quai.

En mode de conduite PA uniquement, cette fonction :

- inhibe l'allumage du voyant "Départ PA" (commandé par la réception du DSO) tant que la distance entre la fin du quai et le premier point d'arrêt restrictif ne permet pas un dégagement du quai.
- interdit le départ du train dans les mêmes conditions.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5. GERER LE MOUVEMENT DES TRAINS

5.5.1. Départ Sur Ordre

Cette fonction n'est pas sécuritaire.

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol :

L'équipement SACEM sol reçoit l'information Départ Sur Ordre (DSO) de l'ATC et l'envoie au train qui est dans la station correspondante par l'intermédiaire de la transmission continue.

Cette information est uniquement utilisée à des fins de régulation.

- Equipement ATC bord :

L'information DSO est prise en compte par un train uniquement si le train est arrêté en station et si le mode de conduite est CMC ou PA. Dans ce cas, lorsque l'information DSO est reçue :

- si le maintien du train à quai est inactif :
 - si le mode conduite est CMC, l'ATP commande les vibreurs d'annonce de fermeture des portes,
 - si le mode conduite est PA, l'ATP commande les vibreurs d'annonce de fermeture des portes et allume le voyant "Départ PA",
- dans le cas contraire, la commande des vibreurs et l'allumage du voyant sont temporisés jusqu'à la fin de la demande de maintien du train à quai.

Pour permettre une ouverture complète des portes, les vibreurs d'annonce de fermeture des portes (ainsi que le voyant "Départ PA") ne peuvent pas être commandés dans les *TRetardVibreurs* secondes après le début de l'autorisation d'ouverture des portes.

Lorsque le voyant "Départ PA" est allumé, le conducteur doit effectuer la séquence départ (bouton poussoir FD).

Les vibreurs sont commandés jusqu'au prochain arrêt du train. Une logique interne au train coupe l'alimentation des vibreurs lorsque le conducteur appuie sur le bouton poussoir FD.

5.5.2. Régulation ATO

Cette fonction n'est pas sécuritaire.

MISE EN OEUVRE : voir paragraphes suivants.

- Equipement ATC sol

Dossier de Spécification Système de l'ATC

L'équipement SACEM sol reçoit les ordres de régulation en provenance de l'ATS et les envoie aux trains par l'intermédiaire de la transmission continue. Pour ne pas charger la transmission continue, ces ordres de régulation sont transmis sur détection de présence d'un train dans la station concernée.

- Equipement ATC bord

Les ordres de régulation ne sont pris en compte que si le train est localisé dans la station lorsqu'il obtient les informations.

5.5.2.1. Rappel des objectifs

L'ATO doit conduire le train de façon à ce qu'il parcoure l'interstation dans un temps donné sans déclenchement du freinage d'urgence.

Ceci implique une gestion du temps de parcours entre stations, en respectant le polygone de vitesse et en respectant l'arrêt précis dans la station d'arrivée.

Par conséquent, l'ATO reçoit de l'ATS son choix de marche type parmi les cinq marches disponibles et les trois contraintes de conduite :

- N1 : le niveau marche tendue (pas de temps de réserve = en suivant le polygone de limites de vitesse aussi étroitement que possible),
- N2 : le niveau de marche détendue avec un temps de réserve de 4 secondes par kilomètre (en réduisant la limite de vitesse de x1 %),
- N3 : le niveau de marche détendue avec un temps de réserve de 6 secondes par kilomètre (en réduisant la limite de vitesse de x2 %),
- N4 : le niveau de marche détendue avec un temps de réserve de 8 secondes par kilomètre (en réduisant la limite de vitesse de x3 %),
- N5 : le niveau de marche détendue avec un temps de réserve de 10 secondes par kilomètre (en réduisant la limite de vitesse de x4 %),
- N6 : l'ATO doit respecter l'accélération et la décélération réduites (conditions de pluie),
- N7 : l'ATO respecter une vitesse maximale de $V_{LimiteN7}$ km/h,
- N8 : l'ATO doit respecter un niveau maximum de traction $CranLimiteN8$ pour le matériel roulant NS74 et NS88 ou une vitesse maximale de $V_{LimiteN8}$ km/h pour le matériel roulant NS93 ou NS 2004.

Remarque : x1 à x4 sont des constantes propre à chaque interstation permettant de respecter la marche type (ces constantes seront définies lors de la mise au point de l'ATO).

Après initialisation, l'ATO se conformera à l'ordre de régulation N2 jusqu'à ce qu'il reçoive un autre ordre de régulation.

Dans le cas où l'ATO ne reçoit aucun ordre de régulation, il appliquera l'ordre précédent.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

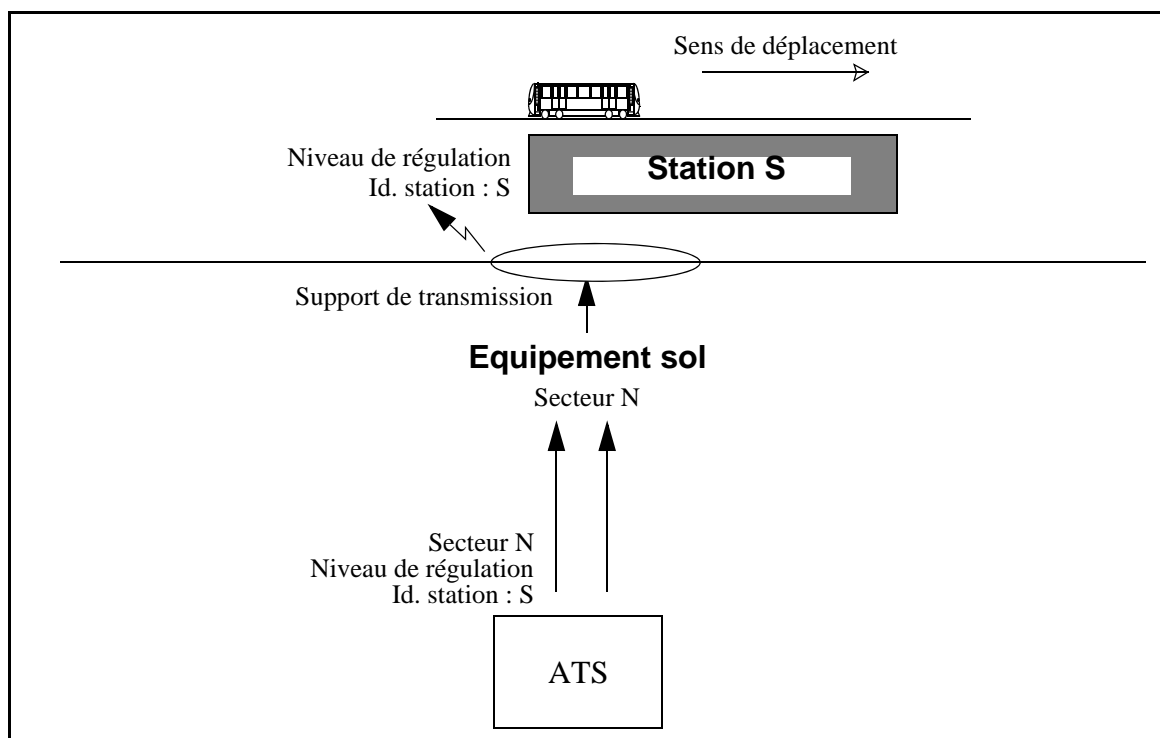


Figure. 28. Acquisition des ordres de régulation

5.5.2.2. Acquisition des ordres de régulation

Les ordres de régulation contiennent les informations suivantes :

- numéro de station,
- pas d'arrêt dans la station suivante,
- ordre de régulation.

Le train n'appliquera la régulation que s'il l'a reçue avant son départ de la station. Un ordre de régulation envoyé en interstation n'est pas appliqué.

Traitement des perturbations :

Le système SACEM ne gère pas les perturbations en ligne, il ne fait qu'appliquer un ordre de régulation fourni par l'ATS. Dans ce cas, lorsqu'un train rencontre un point d'arrêt à l'état restrictif ou une LTV, le temps de parcours ne peut plus être respecté.

Pour minimiser les perturbations, l'ATS doit envoyer aux trains, des ordres de régulation correspondant à la marche à appliquer pour rattraper le retard.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5.2.3. Conditions prioritaires inhibant les ordres de la régulation

La conduite ATO ne doit pas déclencher des freinages d'urgence intempestifs. Ceci implique une inhibition des ordres de régulation dans les cas suivants :

- la proximité d'une limite temporaire de vitesse

Les vitesses temporaires ne sont pas prises en compte dans la régulation d'horaire et par conséquent peuvent entraîner des retards (les marches types sont étudiées pour une ligne en fonctionnement nominal),

- freinage imposé par un point d'arrêt à l'état restrictif en aval du train.

Remarque : SACEM ne gère pas l'envoi simultané d'ordres incohérents (pas d'arrêt dans la station suivante envoyé à la station N et demande de retournement dans la station N+1).

5.5.3. Arrêt du train au point d'arrêt de service en station

Cette fonction n'est pas sécuritaire.

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol :

Bien qu'ils ne soient pas sécuritaires, les points d'arrêts de service sont décrits dans les invariants sécuritaires.

- Equipement ATC bord :

L'ATO arrête le train au point d'arrêt de service avec la précision suivante :

- *DPreciArretNS74* pour les trains de type NS74 et NS88,
- *DPreciArretNS93* pour les trains de type NS93,
- *DPreciArretNS2004* pour les trains de type NS2004.

Pour obtenir la précision d'arrêt, il faut recaler la localisation du train avant d'effectuer l'arrêt. Une balise est donc installée pour que la distance parcourue par l'antenne de lecture des balises soit inférieure à *DBalAvantArret*.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5.4. Arrêt du train devant un point d'arrêt restrictif

Cette fonction est sécuritaire pour l'ATP.

Définitions :

Point à protéger : point protégé par le contrôle SACEM (ATP).

Point d'arrêt en mode PA : Le point utilisé comme cible par l'ATO. Le train s'arrête à ce point avec une marge s'inscrivant dans une plage $\pm D_{PreciArretNS74}$ ou $D_{PreciArretNS93}$ ou $D_{PreciArretNS2004}$.

Singularité dans les invariants : point déclaré dans les invariants SACEM.

DNonShunt : Cette distance est égale à la distance la plus grande (pour les trois types de train) entre l'extrémité du train et le milieu du second bogie de la première voiture. Elle correspond au débordement de caisse en cas de déshuntage des frotteurs du premier bogie.

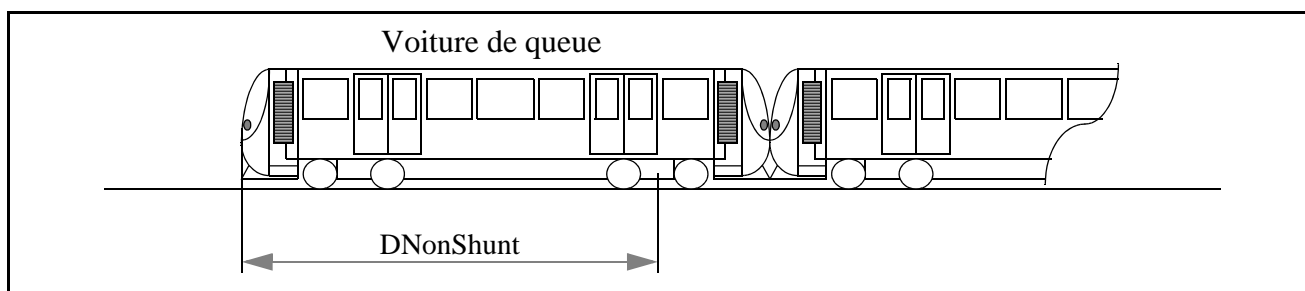


Figure. 29. Définition de "DNonShunt"

DglissementPA : Distance entre le point protégé et le point qui est visé par l'ATO pour garantir un arrêt du train en PA sans application du freinage d'urgence.

DArrêtPA (= x m) : Distance entre le point d'arrêt PA et le signal dans le cas d'une section tampon.

Remarque : SACEM localise la tête du train.

MISE EN OEUVRE :

voir les paragraphes suivants.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5.4.1. Point d'arrêt sans section tampon et sans signal

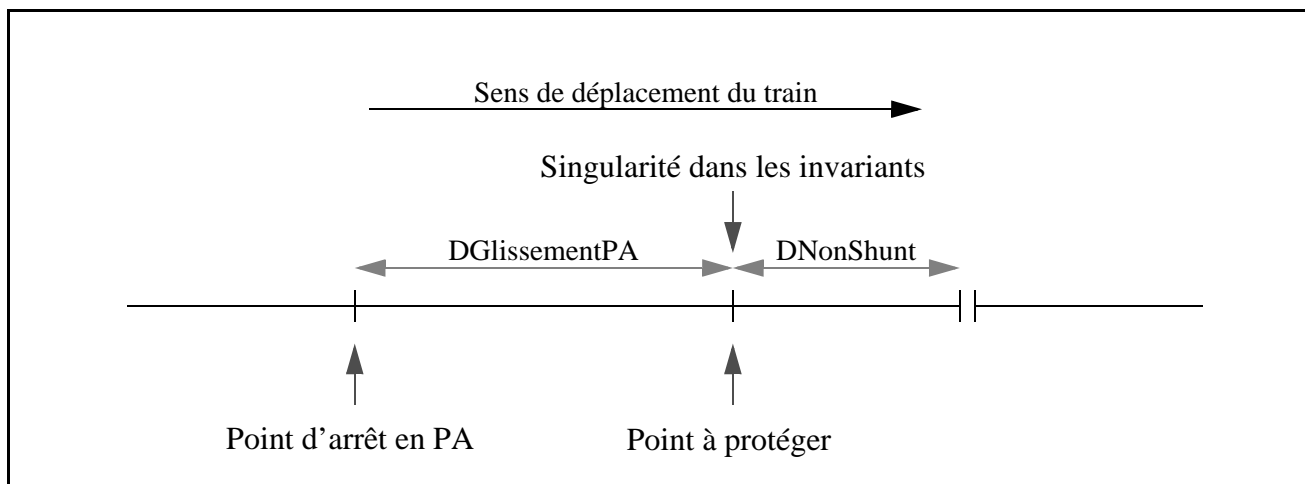


Figure. 30. Définition d'un point d'arrêt sans zone tampon et sans signal

Pour ce type d'arrêt, la singularité SACEM est déclarée à une distance *DNonShunt* en amont du joint de circuit de voie.

Le contrôle SACEM protège ce point.

Le train en mode PA s'arrête à une distance *DGlissementPA* du point à protéger. En mode CMC, le conducteur se conforme aux indications du système d'affichage en cabine. Il peut approcher le point à protéger sans être capable de l'atteindre. Le train est donc arrêté loin du joint ce qui ne pose pas de problème puisque le conducteur n'a pas de repère.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5.4.2. Point d'arrêt sans section tampon et avec signal au droit du joint

Ce cas est équivalent au précédent mais cette fois, le conducteur a un repère d'arrêt constitué par le signal qu'il ne peut atteindre pendant sa séquence d'arrêt.

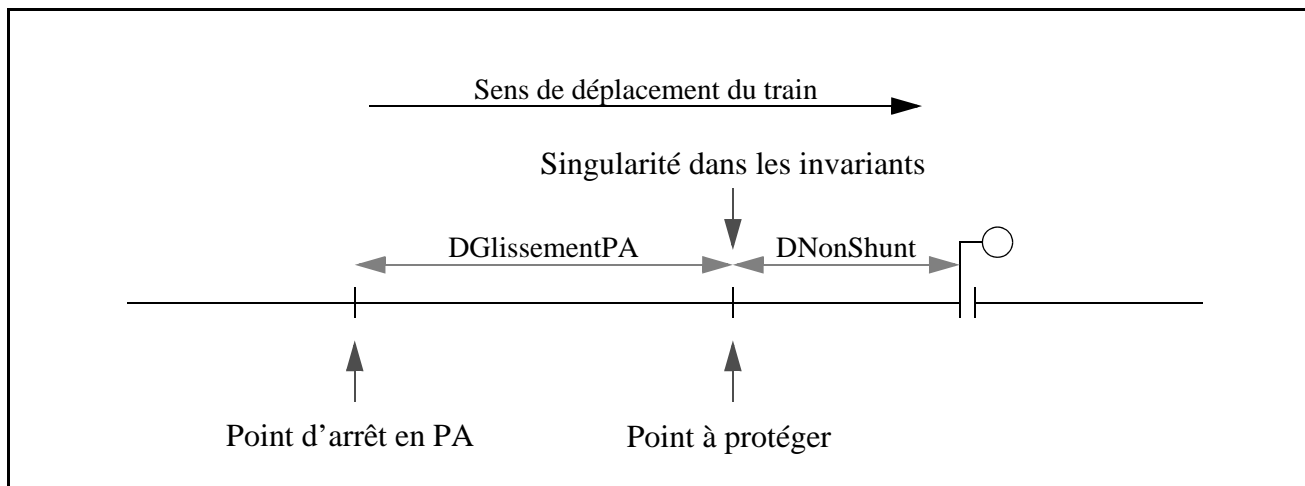


Figure. 31. Définition d'un point d'arrêt sans zone tampon mais avec signal au droit du joint

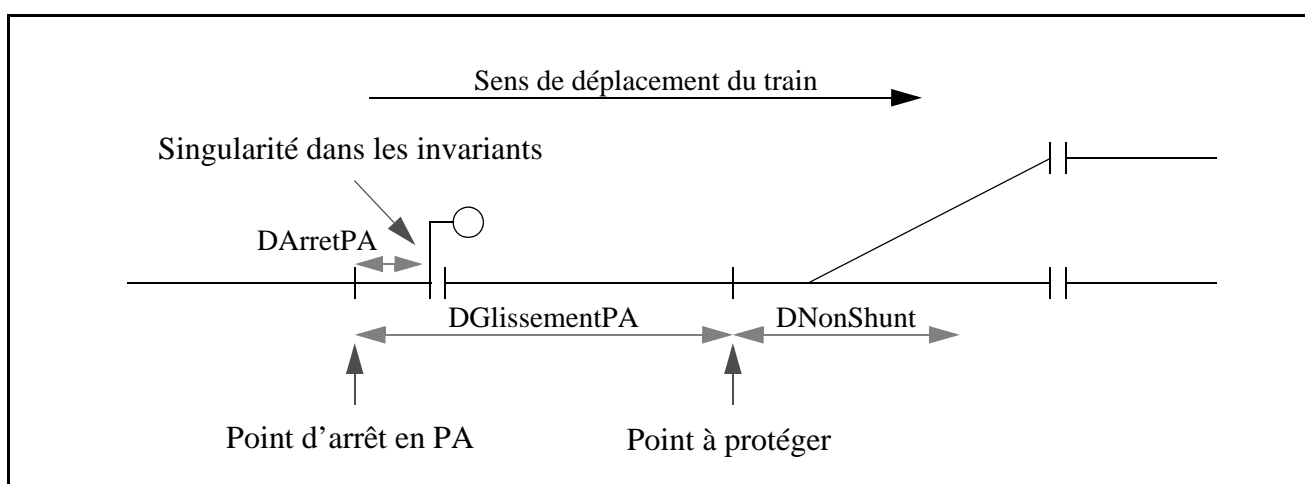
5.5.4.3. Point d'arrêt avec section tampon et avec signal au droit du joint

Figure. 32. Définition d'un point d'arrêt avec zone tampon et avec signal au droit du joint

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Pour ce type de point d'arrêt, la singularité SACEM est déclarée au droit du joint de circuit de voie.

La section tampon garantit que le circuit de voie après le signal est libre. Dans ce cas, le contrôle SACEM protège :

- ce point, par un contrôle de franchissement,
- un point situé à une distance égale à $D_{GlissementPA}$ moins $D_{ArrêtPA}$, par le contrôle d'énergie.

Le train roulant en mode de conduite PA s'arrête à une distance $D_{ArrêtPA}$ du point correspondant à la singularité. En mode de conduite CMC, le conducteur se conforme aux indications affichées en cabine mais cependant peut approcher à $D_{ArrêtPA}$ du signal qui est son repère d'arrêt.

Ce type de point d'arrêt implique les précautions suivantes :

- il ne doit pas y avoir d'aiguille divergente ou de "croisement bon" (précédent une aiguille convergente) entre le joint de circuit de voie et le point à protéger par SACEM,
- il ne doit pas y avoir de circuit de voie d'une longueur inférieure à :

$$(D_{GlissementPA} - D_{ArrêtPA}) + D_{NonShunt}.$$

Ces deux caractéristiques doivent être vérifiées en sécurité.

ATTENTION : Une aiguille située entre la singularité et le point à protéger peut être acceptée dans les conditions suivantes :

- le signal n'est pas approché par le train (signal de contre-sens vue par le train uniquement après un retournement),
- le signal est approché par le train, mais l'aiguille est enclenchée selon un des cas suivant :
 - cette aiguille est une aiguille à enclenchement permanent,
 - l'enclenchement d'aiguille est temporisé et est pris en compte dans le point d'arrêt qui protège l'itinéraire,
 - l'enclenchement d'aiguille est temporisé mais n'est pas pris en compte dans le point d'arrêt qui protège l'itinéraire (cas du signal 12 des terminus).

Remarque spécifique au train de type NS2004 : La distance de glissement en adhérence normale (tunnel) de ce type de train ($D_{GlissementPA_NS2004Tunnel}$) étant inférieure à $D_{GlissementPA}$, le train NS2004 est autorisé à s'approcher à $D_{ArrêtPA_NS2004Tunnel}$ du point correspondant à la singularité dans les conditions suivantes :

- les conditions ci-dessus (pas de point de contrainte entre le joint de cdv et le point à protéger et longueur du circuit de voie) sont respectées,
- le point d'arrêt et la zone de freinage associée sont en tunnel (adhérence normale),
- il y a un point d'arrêt de service situé entre $D_{ArrêtPA}$ et $D_{ArrêtPA_NS2004Tunnel}$.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5.4.3.1. Signal après retournement

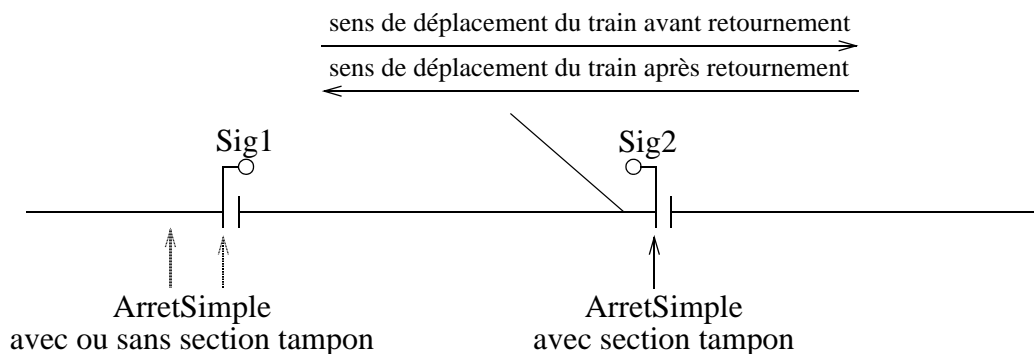


Figure. 33. Cas d'un signal après retournement

Dans le cas décrit Figure. 33., le signal "Sig2" n'est jamais approché par le train, il est vu par le train uniquement après un retournement de localisation.

Lors d'un retournement, le mode de conduite est CMP et le train est bloqué en FU. Le FU est levé lorsque :

- le mode de conduite CMC (ou PA) est autorisé, ce qui est possible uniquement si le train est à proximité du signal (*DProxJoint* ou *DProxJointRet*) et que ce le signal est permissif,
- le conducteur appuis sur le BP_MAV pour partir volontairement en CMP. Dans ce cas, le conducteur conduit le train et est responsable de l'espacement,

5.5.4.3.2. Enclenchement permanent

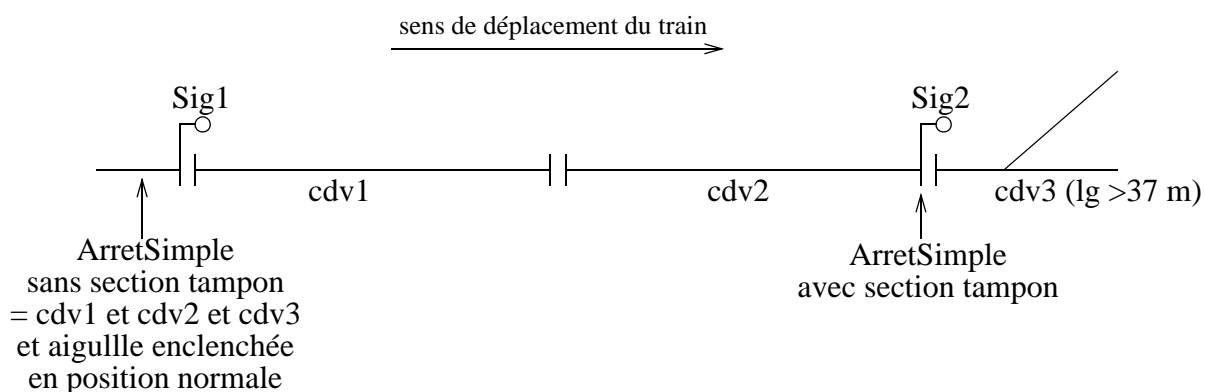


Figure. 34. Cas d'une aiguille à enclenchement permanent

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Lorsque l'enclenchement est permanent (cas des aiguilles 21 dans les terminus) et est pris en compte dans l'état du point d'arrêt qui protège l'itinéraire (signal "Sig1" dans la Figure. 34.), l'aiguille peut être ignorée car elle est enclenchée en position normale avant l'approche du signal (dès que l'itinéraire est tracé) et est fixe tant que le train n'a pas libéré le "cdv3" (la branche déviée correspond à un itinéraire interdit).

5.5.4.3.3. Enclenchement temporisé depuis le tracé de l'itinéraire

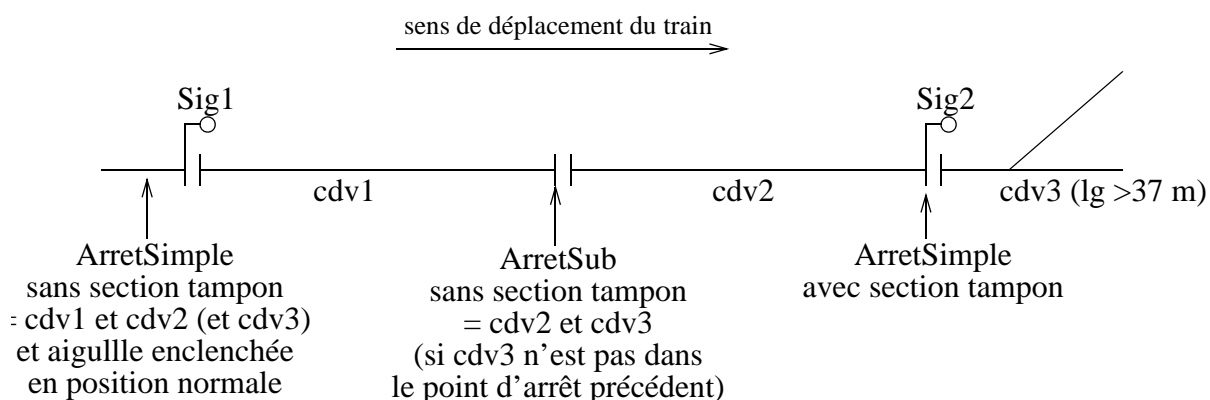


Figure. 35. Cas d'une aiguille à enclenchement temporisé depuis le tracé de l'itinéraire

Lorsque l'enclenchement est temporisé et est pris en compte dans l'état du point d'arrêt qui protège l'itinéraire (signal "Sig1" dans la Figure. 35.), l'aiguille est enclenchée en position normale avant l'approche du signal (dès que l'itinéraire est tracé) et reste dans cette position jusqu'à la fin de la temporisation (de 30 secondes) qui démarre lorsque le train libère le cdv1. Cette disposition permet normalement au train de s'arrêter avant une éventuelle manoeuvre d'aiguille car :

- le plus grand des "cdv2" mesure 161 m (cdv20 de Los Heroes ligne 2),
- le plus petit des trains mesure 66,72 m (NS74 de 4 voitures),
- ce train doit donc parcourir 94,28 m en moins de 30 secondes soit une vitesse moyenne de 3,276 m/s (11,79 km/h).

Anomalies :

Le train met plus de 30 secondes pour s'arrêter et approche l'aiguille qui n'est plus enclenchée. Une fois le train arrêté, comme on n'est pas maître du temps d'arrêt, le train peut redémarrer alors que l'aiguille n'est plus enclenchée.

Pour traiter ces cas, un contrôle d'immobilité doit être appliqué par l'ATP embarqué avant la fin de la temporisation d'enclenchement pour garantir que le train est arrêté lorsque cette temporisation est terminée.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.5.4.3.4. Enclenchement temporisé en cours d'itinéraire

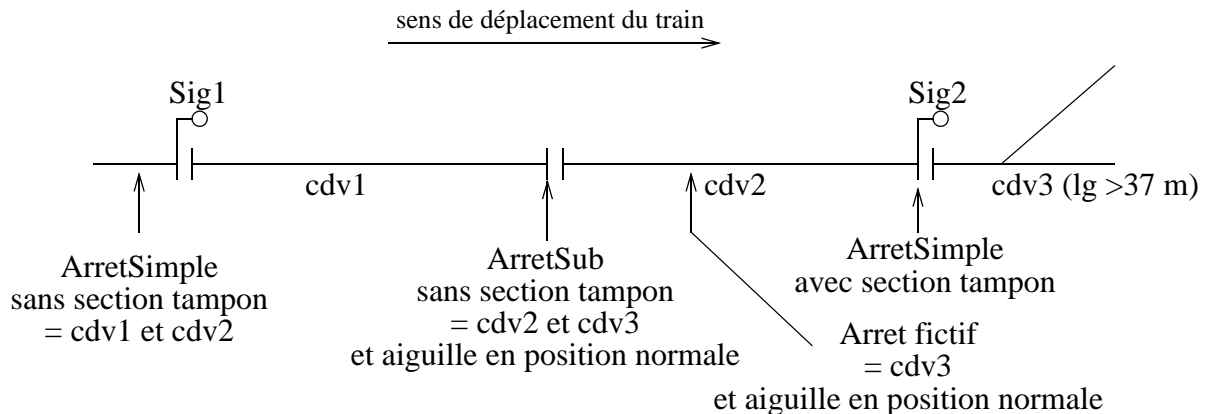


Figure. 36. Cas d'une aiguille à enclenchement temporisé en cours de l'itinéraire

Lorsque l'enclenchement est temporisé mais n'est pas pris en compte dans l'état du point d'arrêt qui protège l'itinéraire (signal "Sig1" dans la Figure. 36.), l'enclenchement est effectué lorsque le train entre sur le cdv1 si l'aiguille est en position normale sinon il sera effectué dès que l'aiguille reviendra en position normale. Un fois l'aiguille enclenchée, elle reste dans la même position jusqu'à la fin de la temporisation (de 30 secondes) qui démarre lorsque le train libère le cdv1. La position de l'aiguille est pris en compte dans l'état du point d'arrêt intermédiaire qui permet de protéger la section tampon. Ces dispositions permettent normalement au train d'approcher le signal lorsque l'aiguille est fixe et de s'arrêter avant une éventuelle manoeuvre d'aiguille.

Anomalies :

Le train met plus de 30 secondes pour s'arrêter, idem cas précédent.

Une fois le train arrêté, idem cas précédent.

Une demande de destruction d'itinéraire peut être prise en compte au moment du franchissement du signal "Sig1" (le train n'occupe pas encore le cdv1) et en cumulant les temps d'acquisition et de filtrage de la position de l'aiguille avec la panne de transmission continue, le train peut franchir le point d'arrêt du cdv2 avant qu'il passe à l'état restrictif.

Pour traiter ces cas :

- un contrôle d'immobilité doit être appliqué par l'ATP embarqué avant la fin de la temporisation d'enclenchement pour garantir que le train est arrêté lorsque cette temporisation est terminée.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- la longueur du cdv1 doit être suffisante pour garantir que si une demande de destruction d'itinéraire est prise en compte au moment du franchissement du signal "Sig1", le train verra le point d'arrêt situé entre les cdv1 et 2 passer à l'état restrictif avant le franchissement de ce point d'arrêt (ceci dans le pire cas, en prenant en compte les temps de réponse et l'éventuelle panne de transmission continue).

Si ce n'est pas le cas, il faut ajouter un point d'arrêt fictif sur le cdv2.

5.5.4.4. Point d'arrêt sans section tampon avec signal placé en amont du joint

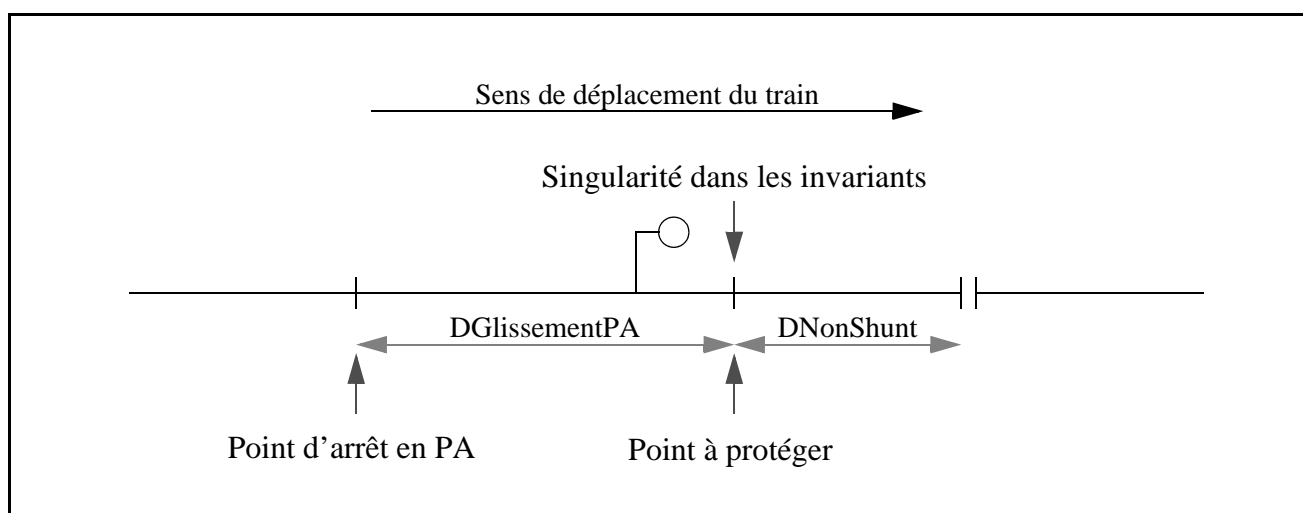


Figure. 37. Définition d'un point d'arrêt sans zone tampon avec signal placé en amont du joint

Ce cas est équivalent à celui décrit au paragraphe 5.5.4.2 au niveau de la déclaration et de la protection du point d'arrêt.

La différence entre ce cas et le précédent est la distance entre le signal et le joint de circuit de voie. Si cette distance est supérieure à *DNonShunt*, le conducteur peut approcher le signal en mode de conduite CMC. En mode de conduite PA, le train s'arrête toujours au point d'arrêt PA.

Remarque : Dans la mesure du possible, le point d'arrêt sera déclaré au droit du signal, mais si ce n'est pas le cas, SACEM ne connaissant pas la position du signal, le contrôle de franchissement est effectué sur le point à protéger.

Dossier de Spécification Système de l'ATC**5.5.4.5. Utilisation des différents types de point d'arrêts**

Sur la ligne 5, nous utilisons :

- un point d'arrêt sans section tampon et sans signal pour les joints de CDV seul,
- un point d'arrêt sans section tampon mais avec signal placé en amont du joint de CDV pour les signaux qui ne sont pas équipés de section tampon et qui ne nécessitent pas un arrêt à proximité de ce signal,
- un point d'arrêt avec section tampon et avec signal en amont du joint de CDV pour les signaux équipés d'une section tampon ou qui doivent être approchés (signal en sortie de station).

Sur les ligne 1 et 2, nous utilisons :

- un point d'arrêt sans section tampon et sans signal pour les joints de CDV seul,
- un point d'arrêt sans section tampon mais avec signal placé au droit du joint de CDV pour les signaux qui ne sont pas équipés de section tampon et qui ne nécessitent pas un arrêt à proximité de ce signal,
- un point d'arrêt avec section tampon et avec signal en avant du joint de CDV pour les signaux équipés d'une section tampon ou qui doivent être approchés (signal en sortie de station).

5.5.5. Retournement

DESCRIPTION :

- Objectif

Le retournement peut avoir lieu en fonctionnement normal lorsque le train arrive dans une station terminale : pour se faire, le train entre dans une zone de garage, ou effectue le retournement dans la station proprement dite. Il peut également avoir lieu pour effectuer un service provisoire ; dans ce cas, le retournement a lieu soit dans la station soit en interstation. On peut donc distinguer les situations suivantes :

- en garage, dans des zones terminales (service normal),
- au quai, dans une station terminale (service normal),
- au quai, dans une station en ligne (service provisoire),
- en interstation (service provisoire).

Ces situations sont présentées dans les figures ci-dessous.

Pour les services provisoires, l'équipement SACEM sol utilise certains états de la signalisation pour savoir si un retournement doit être effectué.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

DESCRIPTION DETAILLEE :

En service normal (ce qui est le cas sur les quais de station terminale, voies de garage ou voies menant à un garage), la zone de retournement se termine toujours par un signal de manoeuvre ; dans ce cas, un état restrictif du signal demande au train de s'arrêter. Simultanément, le conducteur est averti par la signalisation au moyen d'un repère qu'il doit effectuer un retournement.

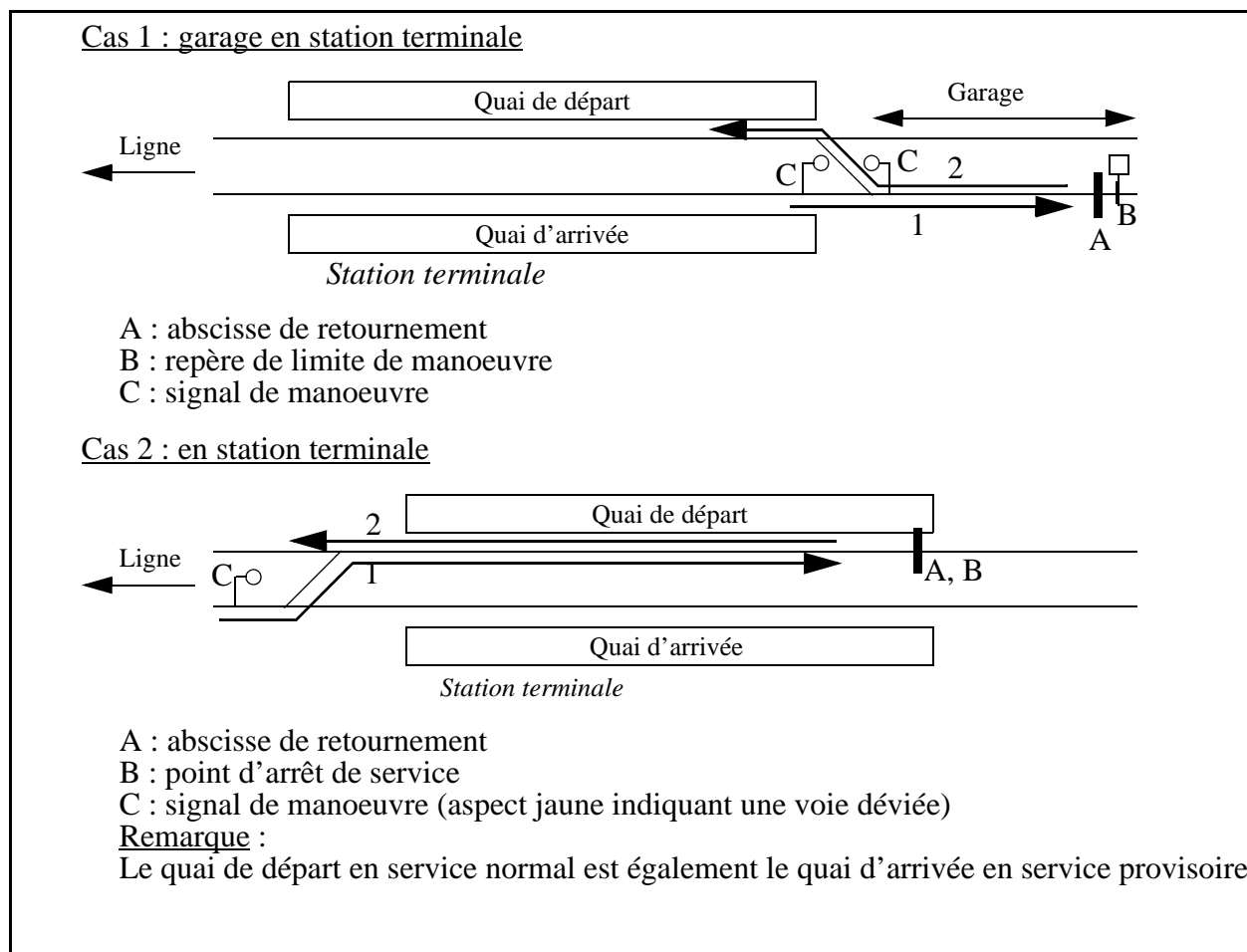


Figure. 38. Retournement en service normal

Pour les services provisoires (sur le quai d'une station intermédiaire ou en interstation), SACEM doit interdire au train de franchir la zone de retournement. Le conducteur est averti du retournement au moyen d'un repère spécifique qui peut selon le cas être un repère de limite de manoeuvre (pour l'interstation) ou une indication "Service provisoire" placée en tête de quai dans le sens normal de parcours. Ces repères sont décrits comme points d'arrêt restrictifs et positionnés de manière à ce qu'ils ne perturbent pas la séquence d'arrêt normale.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Cas d'un service provisoire en interstation :

Pendant la séquence 1 (cas normal) : le train s'arrête au quai d'arrivée et respecte le point d'arrêt de service; le signal de manoeuvre placé à l'extrémité du quai est permissif. L'équipement SACEM sol ne reçoit pas l'information "service provisoire" et positionne l'aiguille fictive pour que le train évite la zone de retournement en utilisant la voie E (Figure. 39.).

Pendant la séquence 1 (cas de service provisoire) : le train s'arrête au quai d'arrivée et respecte le point d'arrêt de service ; le signal de manoeuvre placé à l'extrémité du quai est au jaune indiquant au conducteur qu'il peut poursuivre sa route mais à vitesse réduite et qu'il devra s'arrêter sur la zone de retournement pour effectuer un service provisoire. L'équipement SACEM sol reçoit l'information "service provisoire" et positionne l'aiguille fictive pour que le train entre dans la zone de retournement. La plaque limite de manoeuvre en fin de zone de retournement est vue par SACEM comme un signal toujours restrictif. En cas d'annulation de service provisoire ou pour toute autre raison d'exploitation, le conducteur peut franchir ce signal en appuyant sur le bouton poussoir MAV (après s'être arrêté). Dans ce cas il part en Marche A Vue.

Au cours de la séquence 2, le signal de manoeuvre placé en avant de la nouvelle tête du train (sortie de la zone de retournement) présente un aspect jaune qui avertit le conducteur qu'il doit partir à vitesse réduite. Il poursuit donc, conformément aux indications de l'affichage cabine.

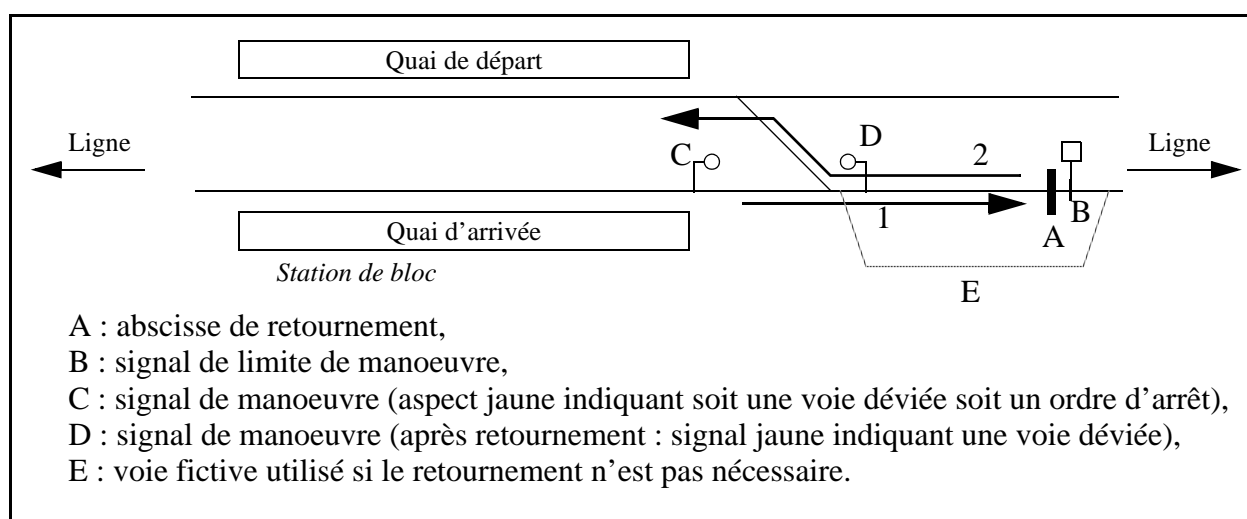


Figure. 39. Retournement en interstation

Remarque : En mode de conduite PA, le train s'arrêtera avec la queue du train alignée sur le signal de départ après retournement (repère D dans la Figure. 39.).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Cas d'un service provisoire en station :

Pendant la séquence 1, le train respecte le point d'arrêt de service. Le conducteur est informé qu'il doit effectuer un service provisoire par un repère spécifique à l'extrémité du quai. L'équipement SACEM sol qui reçoit l'information "service provisoire" met à l'état restrictif le point d'arrêt B ou le point d'arrêt C (qui correspond à l'extrémité aval du circuit de voie suivant Figure. 40.) ou un point d'arrêt fictif situé entre les 2 points d'arrêts précédents. La mise à l'état restrictif de ce point d'arrêt interdit au conducteur d'avancer au-delà de la station, sans perturber l'arrêt. En cas d'annulation de service provisoire ou pour toute autre raison d'exploitation, le conducteur peut franchir le point d'arrêt en appuyant sur le bouton poussoir MAV.

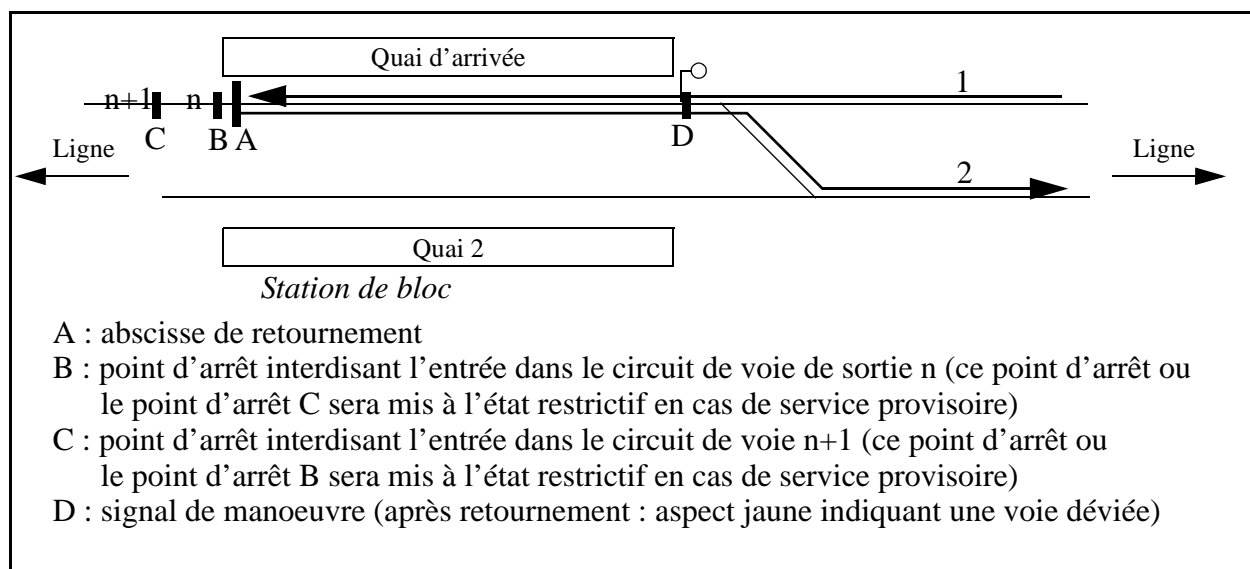


Figure. 40. Retournement dans une station intermédiaire

Pendant la séquence 2, le signal de manœuvre placé en avant de la nouvelle tête du train (sortie de zone de retournement) présente un aspect jaune qui avertit le conducteur qu'il peut partir à vitesse réduite (aiguille à franchir). Une fois l'aiguille franchie, le train poursuit sa route conformément aux indications données par l'affichage en cabine.

Remarque : En mode de conduite PA, le train s'arrêtera au point d'arrêt de service, selon sa longueur.

La Figure. 41. montre l'application des 2 cas précédents aux manœuvres possibles hors des terminus, sur les lignes 1, 2 et 5 du métro de Santiago.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

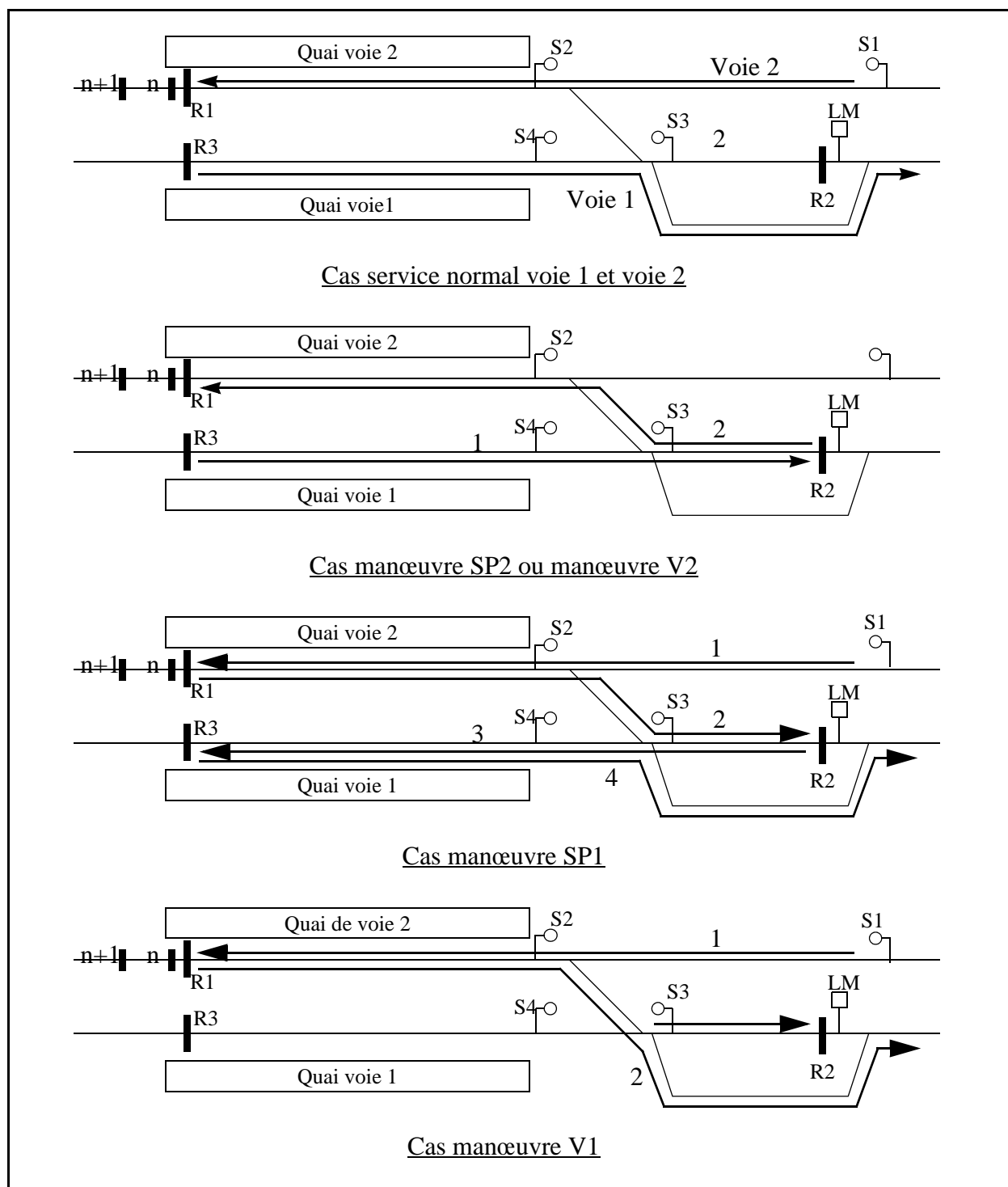


Figure. 41. Application des retournements aux différentes manœuvres hors des terminus

Dossier de Spécification Système de l'ATC

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol

Le calculateur de secteur SACEM reçoit les informations de service provisoire en provenance de l'enclenchement et transmet l'état de signalisation au train.

- Equipement ATC bord

En tout mode de conduite, se conformer aux informations transmises par l'équipement SACEM sol.

5.6. CONDUIRE CHAQUE TRAIN

5.6.1. Commande du train

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC bord

En mode de conduite PA, l'ATC calcule un ordre d'accélération dépendant de :

- la localisation du train (voir paragraphe 5.3.3),
- des limites de vitesse telles que contrôlées par l'ATP (voir paragraphe 5.7.2),
- du profil de la voie indiqué par les invariants (voir Annexe D),
- des points d'arrêt restrictifs en aval (voir paragraphe 5.5.4),
- des ordres de régulation en provenance de l'ATS (voir paragraphe 5.5.2),
- des points d'arrêt de service (voir Annexe D),
- des retournements (voir paragraphe 5.5.5),
- de l'algorithme d'arrêt à glissement réduit : cet algorithme permet au train, en mode de conduite PA, de s'approcher d'un point d'arrêt sécuritaire tels que décrits ci-dessous :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

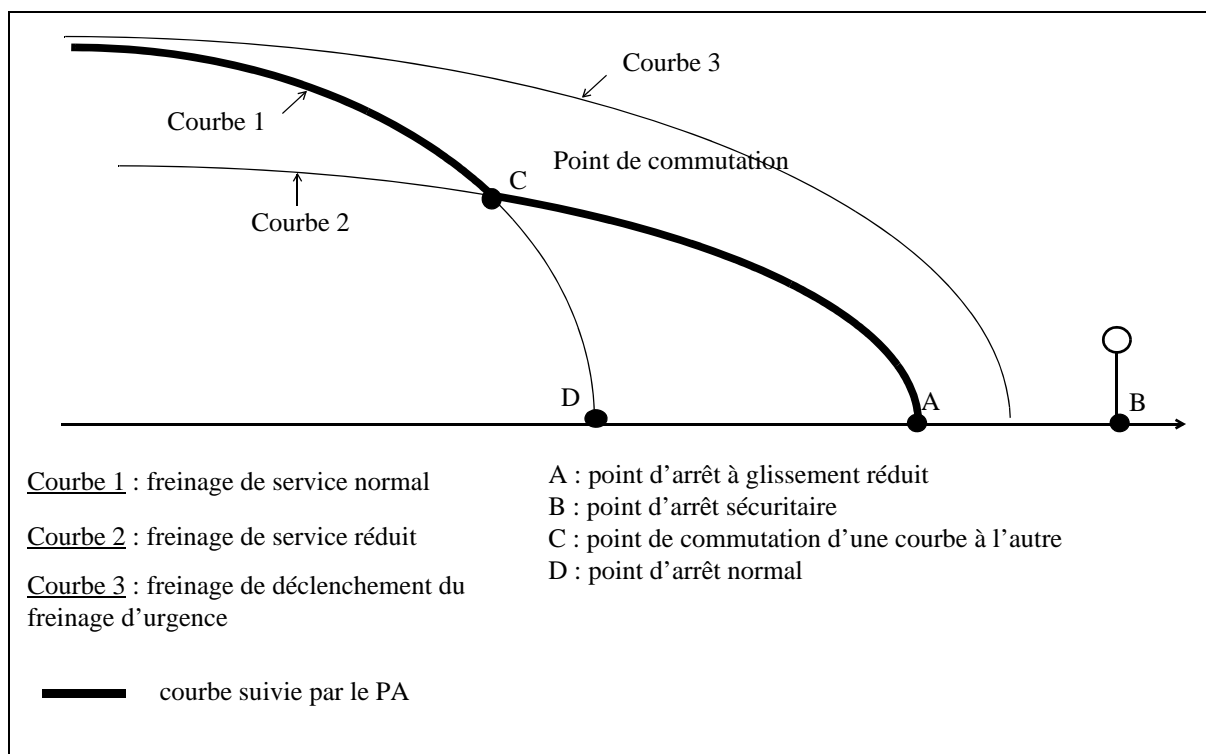


Figure. 42. Algorithme de point d'arrêt à glissement réduit

Remarque : l'algorithme d'arrêt à glissement réduit à 2 paraboles est appliqué à tous les points d'arrêts du métro de Santiago.

A partir de cet ordre d'accélération et conformément aux informations de composition du train, une commande est calculée et envoyée aux organes de traction/freinage.

Le calcul des commandes est fondé sur la différence entre l'ordre d'accélération et la mesure de l'accélération du train.

Une représentation schématique de la boucle d'asservissement est fournie ci-dessous :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

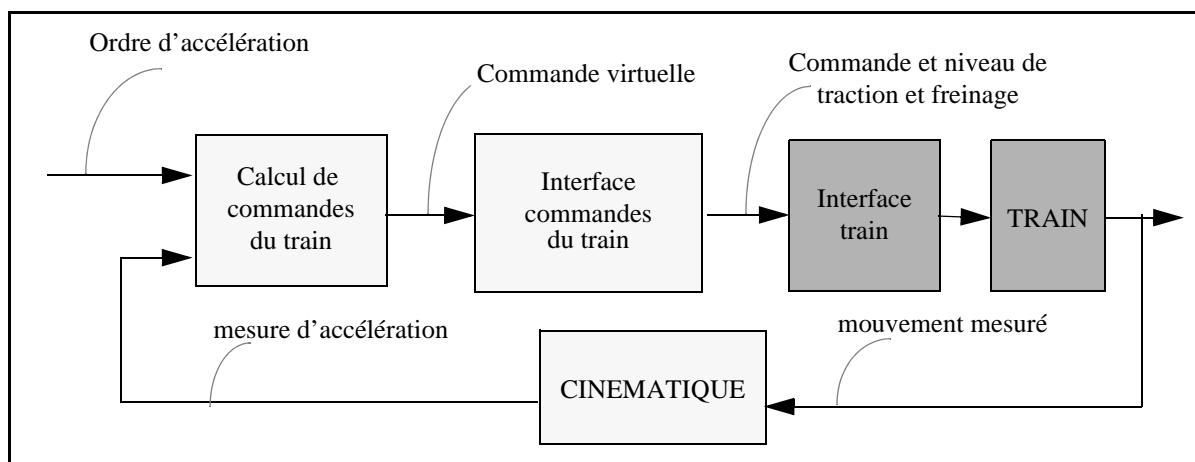


Figure. 43. Boucle d'asservissement de l'ATO

5.6.2. Ordre de départ

DESCRIPTION :

Cette fonction décrit le contrôle de l'ordre de départ en mode de conduite PA. Cet ordre est élaboré par l'ATP puis envoyé à l'ATO.

MISE EN OEUVRE :

En station ou en interstation (après arrêt dû à l'application du freinage d'urgence ou après arrêt devant un signal restrictif), l'ordre de départ est envoyé par l'ATP à l'ATO si :

- le mode de conduite PA est sélectionné,
- le mode de conduite PA est autorisé,
- le FU est inhibé,
- le contrôle d'immobilité est inactif (paragraphe 5.4.1),
- la vitesse du train est nulle,
- le conducteur a appuyé sur le bouton poussoir FD.

En station et en inter-station, le conducteur doit surveiller le départ du train et demander l'arrêt du train en freinage de service maximum (FSmax) en cas d'incident. Pour cela, il doit maintenir appuyé le bouton poussoir FD pendant les *TMaintienFD* secondes qui suivent le départ. En cas d'incident, le conducteur lâche ce bouton poussoir et SACEM arrête le train en FSmax.

Le conducteur est informé du contrôle par l'allumage fixe du voyant "Départ PA" tant que la temporisation de durée *TMaintienFD* n'est pas écoulée.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7. PROTEGER LES MOUVEMENTS DU TRAIN

5.7.1. Mesure de vitesse

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol

Les balises d'initialisation sont utilisées pour étalonner la roue phonique embarquée (détection de l'usure des roues).

- Equipement ATC bord

Le mouvement du train est mesuré par un odomètre : la roue phonique.

Cette dernière fournit un compte de dents qui représente le déplacement du train. Un étalonnage automatique par logiciel permet de tenir compte de l'usure des roues et du traitement enrayage/patinage (voir paragraphe 5.3.3.2).

5.7.2. Gestion des limites de vitesse

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol

Les limites permanentes de vitesse (fixes ou commutables) sont décrites dans les invariants. Les limites temporaires de vitesses sont décrites dans des messages spécifiques.

- Equipement ATC bord

L'équipement ATC bord assure le respect des limites de vitesse qui sont :

- la vitesse maximale du train (vitesse maximale autorisée pour le type de matériel roulant),
- la vitesse maximale en fonction du mode de conduite (CMP),
- les limites permanentes de vitesse (LPV),
- les limites temporaires de vitesse (LTV).

Les limites de vitesse en aval du train sont contrôlées en énergie (voir paragraphe 5.7.5.1). Les limites de vitesse permettent d'établir un second type de contrôle : contrôle de vitesse. Le traitement des limites de vitesse est différent selon que les vitesses sont permanentes ou temporaires. Le contrôle de vitesse (freinage d'urgence si la vitesse mesurée est supérieure ou égale à la vitesse contrôlée) reste cependant identique.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Pour prendre en compte les erreurs de mesure et d'affichage de la vitesse réelle du train, le contrôle de vitesse est effectué par rapport à une vitesse majorée. Cette majoration est la suivante :

si Vitesse imposée $\leq V_{SeuilMajor}$:

vitesse = Vitesse imposée + $VM_{Majoration}$

sinon

vitesse = Vitesse imposée + $VM_{Majoration}$

+ $((V_{SeuilMajor} - V_{SeuilMajor}) * CoefMojoration))$

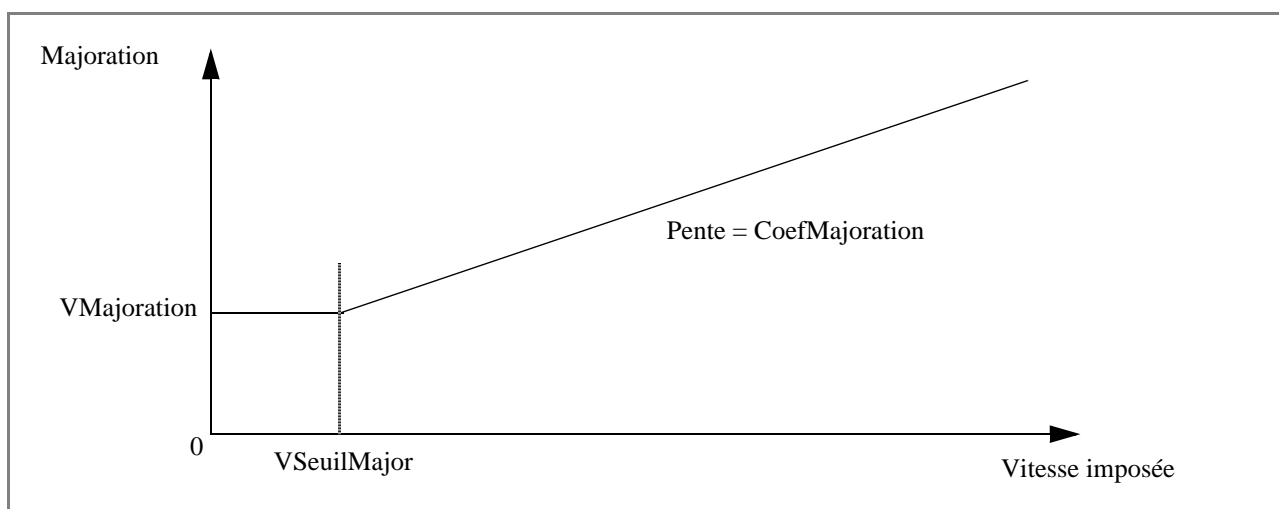


Figure. 44. Description de la majoration des vitesses à contrôler

5.7.2.1. Contrôle de la vitesse en fonction du mode de conduite

Lorsque le mode de conduite est CMP, seule la limite de vitesse Vit_{MAV} est contrôlée.

5.7.2.2. Contrôle des vitesses permanentes

Le contrôle de vitesse garantit que la vitesse du train ne dépasse pas les limites les plus restrictives sur toute la longueur du train.

Une limitation de vitesse permanente est définie dans les invariants par une abscisse de départ ainsi que la limite de vitesse applicable. La limite de vitesse est valable jusqu'à ce que la limite de vitesse suivante soit atteinte. Elle est répétée au début de chaque segment pour pouvoir initialiser le train sur ce segment.

5.7.2.3. Contrôle des vitesses temporaires

Les limitations temporaires de vitesse sont transmises par des messages spécifiques qui contiennent :

- la valeur de limite temporaire de vitesse,

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- l'abscisse du point d'application de la limite temporaire de vitesse,
- la longueur de la zone à parcourir à vitesse limitée.

La limite temporaire de vitesse est appliquée par segment. Comme une limite permanente de vitesse, elle est valide sous toute la longueur du train.

Remarque : La mise en place d'une Limite Temporaire de Vitesse doit être effectuée uniquement lorsqu'il n'y a pas de train sur :

- le (ou les) segment(s) concerné(s) par cette LTV,
- la zone de freinage pour respecter cette LTV.

Un train localisé sur un segment concerné par une LTV ne prend pas en compte la mise en place, la levée ou la modification de cette LTV.

La non prise en compte de la deuxième contrainte peut entraîner un freinage d'urgence résultant du contrôle d'énergie ou du contrôle des vitesses comme illustré sur la figure ci-dessous.

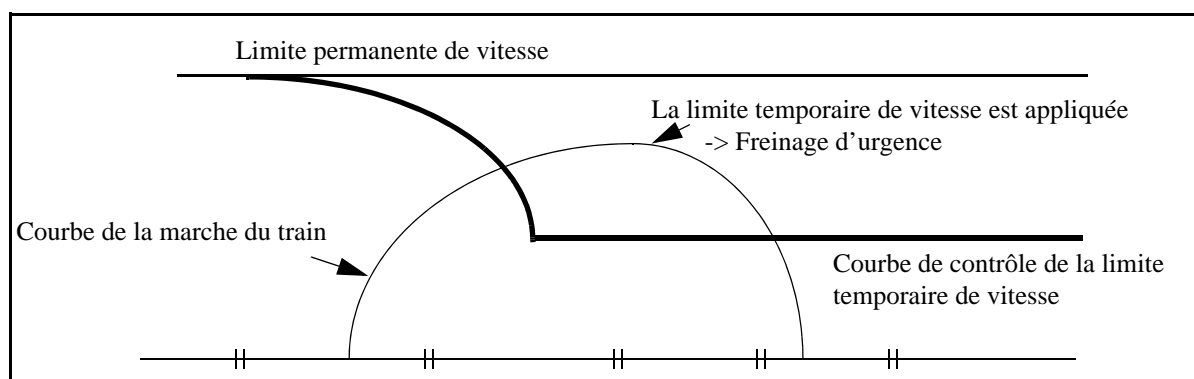


Figure. 45. Courbe de marche en cas d'application de la LTV sans prudence

Par conséquent, cette application nécessite une vérification par l'opérateur de la non occupation de la zone précédente (zone de ralentissement) et de la zone de limitation de service.

5.7.3. Limite temporaire de vitesse

DESCRIPTION DETAILLEE :

Dans le système SACEM, les LTVs sont gérées par segment avec au maximum une LTV par segment. Les données utilisées pour l'interface avec les opérateurs sont cependant des listes de circuits de voie. La correspondance entre les circuits de voie et les segments est mémorisée dans les terminaux de maintenance.

NOTE : Lorsqu'une portion de voie accepte une exploitation bidirectionnelle, les LTVs doivent être saisies pour les deux sens.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7.3.1. Application, inhibition ou modification d'une LTV

Etant donné que chaque segment SACEM est par défaut associé à une LTV (ainsi que, le cas échéant, à un attribut "LTV absente"), l'application ou la levée d'une LTV est assimilée à une modification de LTV. En conséquence, seule l'opération modification de LTV est décrite ci-après.

La levée ou la modification d'une LTV existante (c'est-à-dire une LTV qui a été appliquée par un opérateur) est une opération réalisée à partir du terminal de maintenance directement connecté au calculateur SACEM dans la SES.

La procédure de modification d'une LTV est la suivante :

- 1) Connexion du terminal de maintenance au panier calculateur SACEM sol.
- 2) Ouverture d'une session "LTV" et la sélection du menu "modification" :
Pour accéder au menu "modification", l'opérateur doit saisir son nom et un mot de passe. Si le mot de passe n'est pas correct, l'accès est refusé.
La sélection du menu "modification" déclenche une demande d'acquisition de l'état LTV par le terminal de maintenance et une réponse de la part du calculateur SACEM sol.
- 3) Saisie d'une modification de LTV :
L'opérateur donne le numéro de ligne, le numéro de secteur, la liste des CDV, la vitesse associée à la LTV (de 5 km/h à la limite de vitesse de la ligne, par incréments de 5 km/h). Le terminal de maintenance réalise les traitements suivants :
 - Vérification de la cohérence de la LTV : les CDV doivent appartenir à un même segment SACEM, ils doivent être contigus et il doit y avoir une seule vitesse limite sur le segment.
 - Conversion de la LTV au format SACEM (segment, branche, abscisse de début et longueur d'exécution, vitesse).
 - Envoi au calculateur de la demande fonctionnelle de modification de LTV (message contenant la LTV en format SACEM).La réception de ce message fournit au calculateur la valeur fonctionnelle de la LTV et entraîne l'émission de l'heure du calculateur.
- 4) Seconde saisie de la modification de LTV.
L'opérateur saisit la LTV dans un format différent : le premier CDV, le dernier CDV et la vitesse limite. Ensuite, le terminal de maintenance effectue alors les traitements suivants :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Calcul de redondance de la LTV, en y incorporant l'heure, et le numéro de secteur. (Le numéro de secteur permet de s'assurer que la modification est réalisée de manière fiable à partir du terminal de maintenance dans la SES).

Le calculateur vérifie alors la cohérence entre cette redondance et l'information fonctionnelle précédemment acquise.

5) Vérification de l'acquisition de la LTV.

Dans tous les cas, l'opérateur doit acquitter le résultat de l'opération.

Un compte-rendu lui est renvoyé.

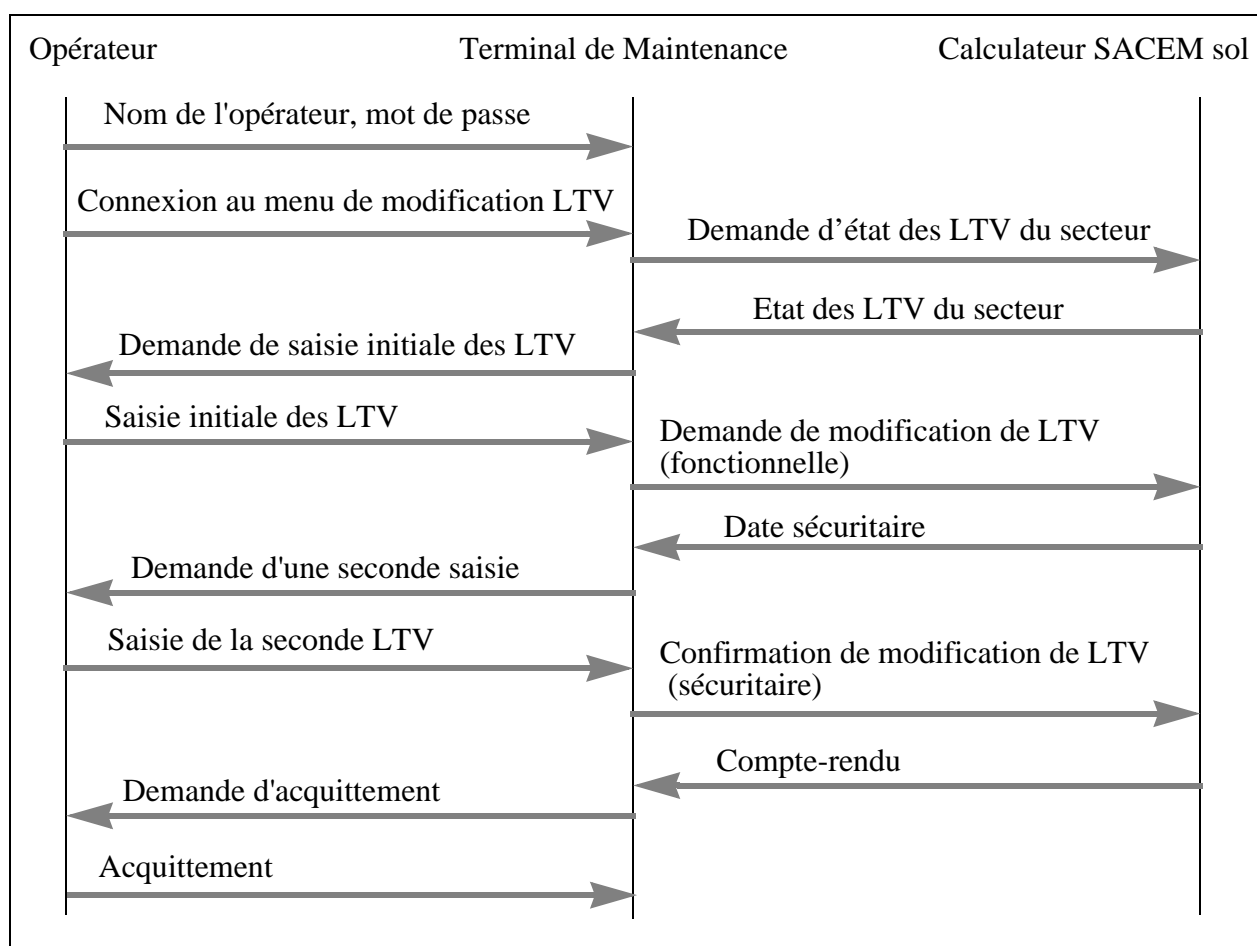


Figure. 46. Procédure de modification d'une LTV à partir du terminal de maintenance

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7.3.2. Levée des LTVs sur un secteur

Seules les LTVs qui n'auront pas été modifiées depuis l'initialisation du calculateur sont retirées par cet ordre. Cela permet d'appliquer des LTVs après réinitialisation des calculateurs, avant de libérer l'ensemble du secteur.

La procédure de levée des LTVs sur un secteur est la suivante :

- Connexion du terminal de maintenance au panier calculateur SACEM sol.
- Ouverture d'une session "LTV" et sélection du menu "démarrage secteur".

Pour accéder au menu "démarrage secteur", l'opérateur doit saisir son nom et un mot de passe. Si le mot de passe n'est pas correct, l'accès est refusé.

Un ordre de levée des LTVs sur le secteur est transmis par le terminal de maintenance au calculateur. En réponse, celui-ci lui renvoie l'heure.

- Confirmation de la levée des LTV.

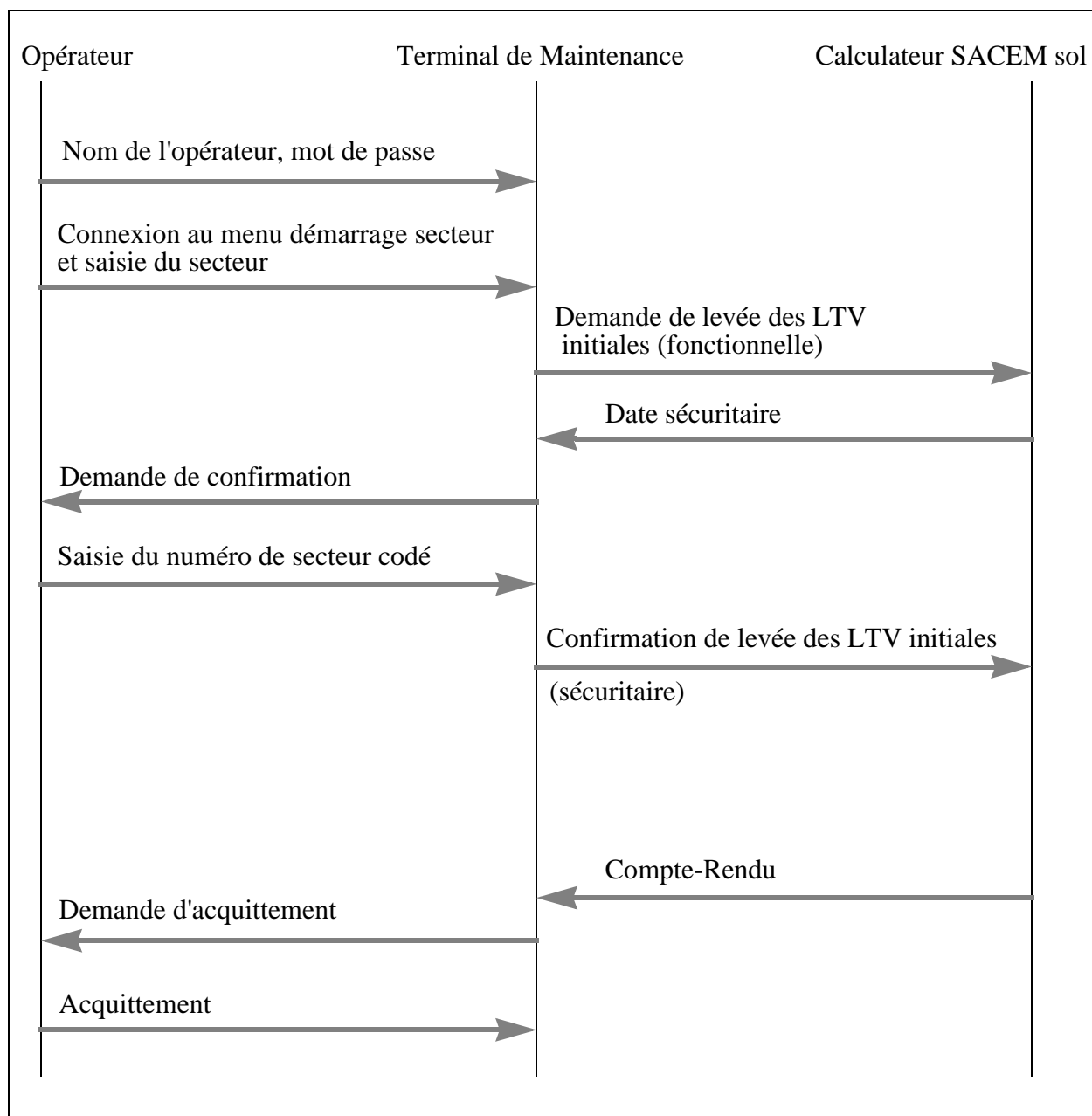
Le terminal calcule la redondance de la levée des LTVs, en y incluant l'heure et le numéro de secteur. Il envoie cette redondance vers le calculateur.

Le calculateur vérifie alors la cohérence entre cette redondance et l'information fonctionnelle précédemment acquise. Si la cohérence n'est pas démontrée, il envoie un compte-rendu négatif au terminal. Sinon, il met à jour sa configuration de LTV et peut alors envoyer un compte-rendu indiquant que la LTV a été acquise par le calculateur.

- Vérification du compte-rendu de l'ordre de levée des LTV par l'opérateur.

Dans tous les cas, l'opérateur doit acquitter le résultat de l'opération.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

*Figure. 47. Procédure de levée des LTV à partir du terminal de maintenance*

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7.3.3. Consultation de LTV

Le terminal de maintenance dans la SES peut émettre directement sur le calculateur SACEM sol une requête pour consulter l'état des LTV d'un secteur :

Cette demande est envoyée au calculateur SACEM sol dont la réponse suit le chemin inverse de la requête. L'état des LTVs sur un secteur donné est fourni au format "SACEM" (par segments) et le terminal destinataire doit le convertir au format "CDV".

5.7.3.4. Transitions

5.7.3.4.1. Démarrage d'un secteur après coupure du calculateur sécuritaire.

Après démarrage du calculateur sécuritaire, des limites temporaires de vitesses à *VitMAV* Km/h sont appliquées à tous les segments du secteur. Pour les annuler, l'opérateur doit appliquer la procédure de levée des LTVs.

5.7.3.4.2. Initialisation d'un calculateur sol sécuritaire

Identique à la mise sous tension d'un calculateur.

5.7.3.5. Mise en oeuvre de la fonction LTV

- Terminal de maintenance en station

Le terminal de maintenance en station (directement relié au calculateur secteur SACEM) permet d'éliminer, de modifier ou d'ajouter des LTVs. La validation de l'annulation de la LTV d'initialisation peut être envoyée par ce terminal.

- Equipement ATC sol

Le calculateur de secteur SACEM assure une gestion complète des LTVs. Ces limites de vitesses sont programmées à partir d'un terminal de maintenance directement relié au calculateur secteur SACEM (ajout, modification ou levée des LTV). Les messages de limite de vitesse sécuritaires sont envoyés par cycle aux trains par le calculateur de secteur SACEM, par l'intermédiaire du support de transmission.

- Equipement ATC bord

L'équipement ATC bord vérifie le respect (ATP) et applique (ATO) les limites de vitesse qui lui sont envoyées par le calculateur de secteur SACEM.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7.4. Détection de recul

Pour des raisons de sécurité, le recul est interdit en SACEM, car le système SACEM fait l'acquisition de l'état des circuits de voie (ou du signal protégeant un ou plusieurs circuit de voie) et considère que la voie est totalement libre entre la tête du train et le prochain point d'arrêt.

Pour cela et dans le but d'améliorer la disponibilité, lorsque le contrôle SACEM est actif le recul du train est contrôlé et limité. Un recul important peut toutefois être effectué, sous l'entière responsabilité du PCC, en isolant SACEM (mode de conduite CM).

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC bord.

Cette fonction est entièrement assurée par l'équipement ATC bord.

Le mouvement de recul est détecté au moyen de la roue phonique (voir paragraphe 5.3.3.2.1). Lorsque la distance maximale autorisée (1 mètre) est atteinte, la fonction de détection de recul provoque un freinage d'urgence jusqu'à l'arrêt du train. Plusieurs recul successifs sont donc possibles. Lorsque le recul cumulé est supérieur à l'erreur maximale de localisation (*DErrreurLocMax*), le train est délocalisé.

5.7.5. Contrôle du mouvement du train

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol.

Le calculateur de secteur SACEM prend en compte les états des circuits de voie, des aiguilles et des signaux. Il envoie au train (équipement ATC bord) ses états (variants), la description de la voie (invariants) ainsi que les limites temporaires de vitesse par l'intermédiaire de la transmission continue.

- Equipement ATC bord

Lorsque le mode de conduite est CMC ou PA, l'équipement ATC bord interdit tout franchissement de point d'arrêt restrictif, toute entrée sur une zone occupée, tout franchissement d'une aiguille non contrôlée. Ces informations sont fournies aux trains par l'intermédiaire des messages de variants.

Quelque soit le mode de conduite, la vitesse est contrôlée (vitesse plafond en CMP, LTV et LPV en CMC ou PA).

Cette fonction contrôle la progression du train et vérifie qu'il n'est pas en situation dangereuse. En fonction du mode de conduite, les contrôles suivants sont appliqués :

- contrôle d'énergie (CMC ou PA),
- contrôle de vitesse (MAV, CMC ou PA),
- contrôle d'espace (CMC ou PA).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7.5.1. Contrôle d'énergie

5.7.5.1.1. Principe

Le contrôle d'énergie garantit l'absorption de la somme des énergies cinétique et potentielle du train par les forces de freinage afin de respecter les contraintes de vitesse en aval du train (limites de vitesse et point d'arrêt).

Le schéma ci-dessous fournit une représentation graphique du bilan énergétique SACEM.

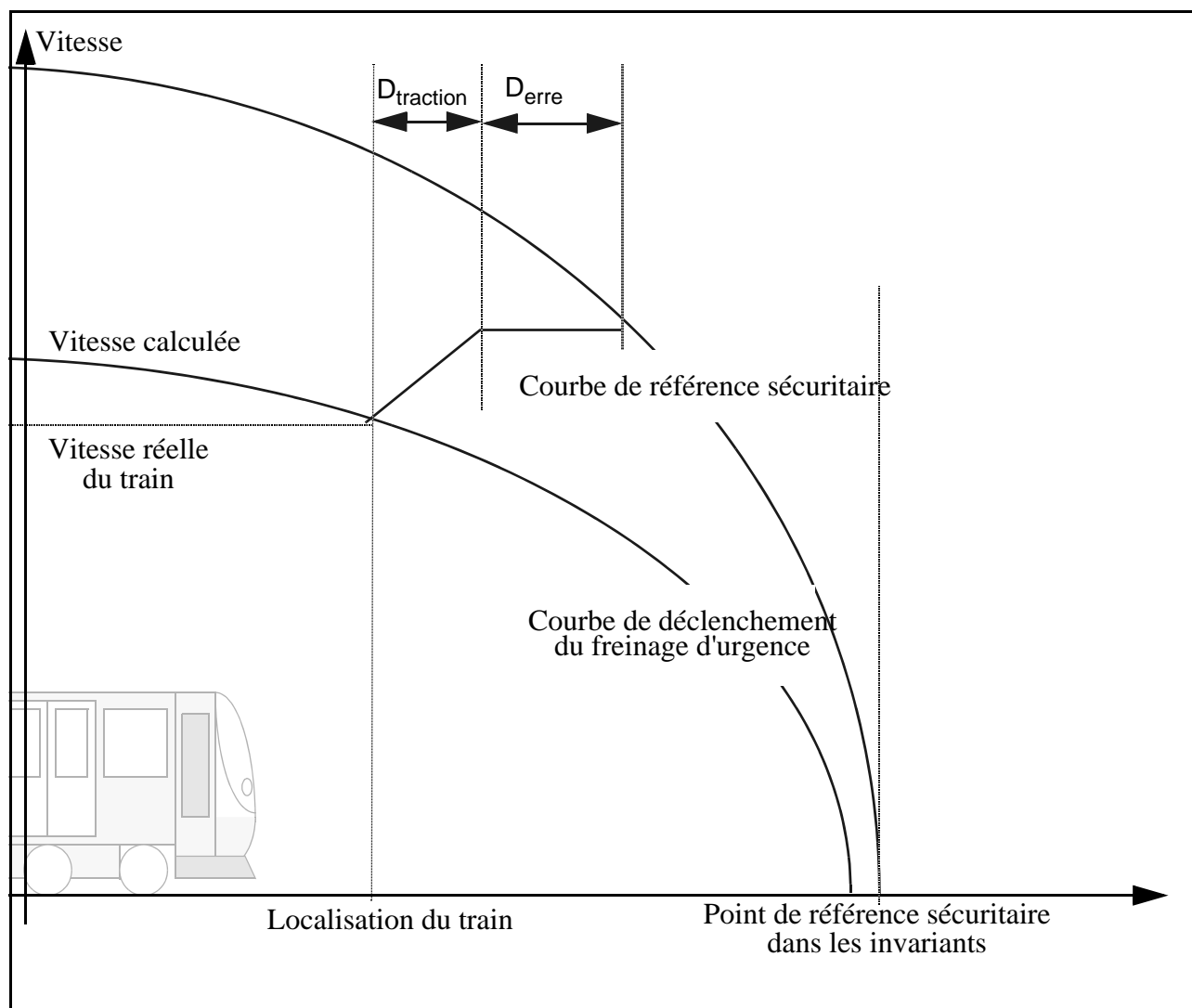


Figure. 48. Bilan énergétique SACEM

$D_{traction}$ est la distance parcourue avant arrêt de la traction (t_1 secondes à traction maximale). Cette distance correspond au terme "forces de traction" de la formule de bilan énergétique.

D_{erre} est la distance parcourue avant que le freinage ne soit appliqué (t_2 secondes).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Les calculs de bilan énergétique sont décrits de manière détaillée dans l'Annexe H CALCUL DE CONTROLE D'ENERGIE.

5.7.5.1.2. Calcul d'énergie

Le contrôle d'énergie est appliqué en modes de conduite CMC et PA. Il nécessite une connaissance des invariants, des variants (voir Annexe D DESCRIPTION DES MESSAGES SOL ATC -> BORD ATC) et des paramètres de localisation du train.

Les singularités suivantes imposent des contraintes en énergie :

- Caractéristiques fixes et variables,
- Limite de vitesse,
- Variations de pente,
- Points d'arrêt,
- Divergence et convergence,
- Extrémités de segments.

Le principe de contrôle d'énergie consiste à examiner les singularités en aval du train par rapport à l'abscisse de localisation. L'énergie associée à une singularité est calculée à partir des incréments d'énergie potentielle et d'énergie cinétique. Ces incréments sont calculés par rapport à la dernière singularité de contrainte, (appelée "origine de l'énergie").

La figure suivante illustre les principes d'incrément d'énergie :

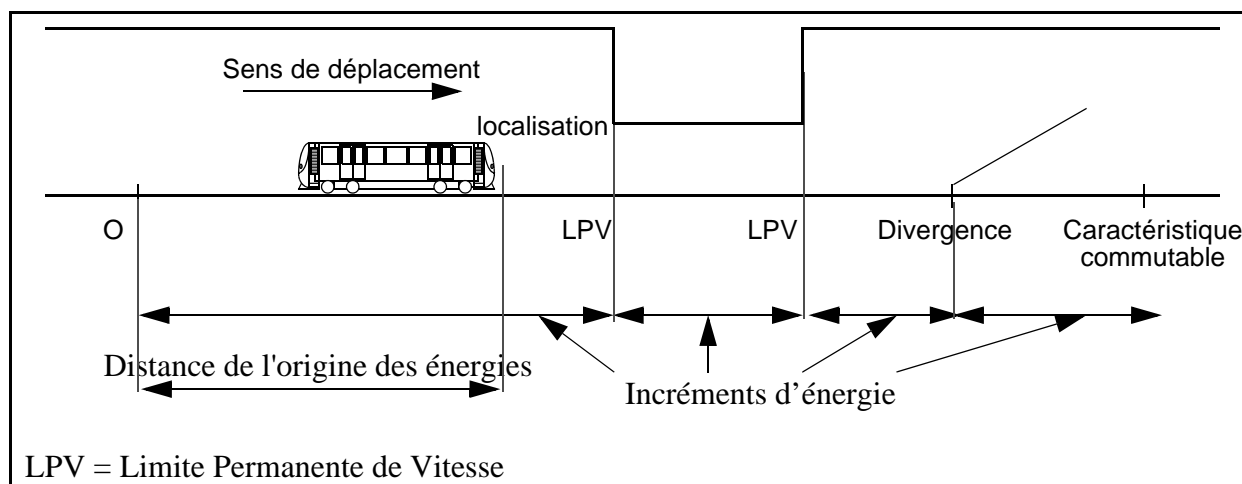


Figure. 49. Application du contrôle d'énergie

Remarque : Une aiguille non commandée ou décontrôlée est prise en compte comme un point d'arrêt restrictif sans section tampon.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7.5.1.3. Pente compensée

La pente compensée est une solution au problème d'utilisation d'une valeur de pente unique garantissant la sécurité, quelle que soit la longueur du train, de manière à s'affranchir des différents types de trains.

La description détaillée des principes de pentes compensées est fournie en Annexe I CALCUL DES PENTES COMPENSEES.

5.7.5.1.4. Déclenchement du freinage d'urgence

Dès que l'énergie du train devient excessive par rapport à une singularité, le freinage d'urgence est déclenché. Le freinage d'urgence est appliqué jusqu'à l'arrêt complet du train.

Lorsque le point d'arrêt n'est pas franchi, le mode de conduite reste inchangé.

Lorsqu'un point d'arrêt restrictif est franchi, le mode de conduite CMP (mode de contrôle MAV) devra être utilisé jusqu'à ce que le train arrive à proximité d'un point d'arrêt permissif. Un point d'arrêt restrictif peut être franchi dans les cas suivants :

- le point d'arrêt devient restrictif lorsque le train est entré dans sa distance de freinage (dans le cas de destruction d'itinéraire ou dans le cas de perte de transmission continue),
- le train ne freine pas correctement.

Rappel : En mode de conduite CMP, SACEM vérifie que la vitesse du train ne dépasse pas *VitMAV*. Le conducteur est responsable de l'espacement.

5.7.5.2. Contrôle de vitesse

Se reporter au paragraphe 5.7.2.

5.7.5.3. Contrôle d'espacement

Le contrôle d'espacement vérifie :

- pour un point d'arrêt restrictif, que le point à protéger n'a pas été franchi,
- pour un signal, que le train ne franchit pas le signal ou que le train n'est pas stationné dans une zone en aval du signal pendant une durée supérieure à un temps donné (appelé "temps moral").

Deux contrôles d'espacement sont mis en place :

- contrôle de franchissement d'un point but,
- contrôle du "temps moral".

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.7.5.3.1. Contrôle de franchissement d'un point but

Ce contrôle est activé lorsqu'une singularité du type "point d'arrêt d'espacement", "point d'arrêt simple", "point d'arrêt complexe" ou "point d'arrêt spécifique" est franchie alors que le ou les variants correspondant sont à l'état restrictif.

Lors du franchissement d'un point d'arrêt, si il ce point d'arrêt n'est pas passé à l'état restrictif devant le train, un défaut de freinage est mémorisé jusqu'à la prochaine mise sous tension.

Cette mémorisation n'est pas effectuée lorsque la clé C (commutateur de mode de conduite) est en position CM.

5.7.5.3.2. Contrôle du "temps moral"

Le "temps moral" (*TempsMoral*) est la durée pendant laquelle une aiguille ne peut être manoeuvrée si le(s) circuit(s) de voie de transit n'est/ne sont pas libre(s).

Si le train a franchi un point d'arrêt associé à un signal ("point d'arrêt simple" ou "point d'arrêt complexe"), et s'il demeure entre la position de ce point d'arrêt et un point situé à une distance au moins égale à l'erreur maximum de localisation, pendant une durée supérieure au temps moral, le freinage d'urgence est déclenché.

5.8. INFORMER LE CONDUCTEUR DU TRAIN

MISE EN OEUVRE :

Cette fonction est entièrement assurée par l'équipement ATC bord ("signalisation dans la cabine de conduite").

Les différents organes de la signalisation en cabine sont les suivants :

- Des voyants nécessaires au fonctionnement de l'ATC :

Ils fournissent au conducteur les indications sur l'état de l'ATC et sur les opérations à effectuer.

- Un indicateur de la vitesse de consigne :

Il fournit au conducteur la vitesse qu'il doit respecter aussi tôt que possible. La vitesse de consigne est affichée uniquement si le mode de conduite est CMC. Elle ne comprend pas de contrainte opérationnelle (arrêts en station, ordre de régulation).

- Un indicateur sonore :

Il est lié à l'affichage de la vitesse de consigne. Lorsque le mode de conduite est CMC, cet indicateur fournit au conducteur l'alerte sonore utilisée pour l'informer de tout changement restrictif de la consigne ou de l'application éventuelle du freinage d'urgence.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.8.1. Affichage des voyants

On utilise 5 voyants. Chaque voyant peut prendre 3 états qui sont "éteint", "clignotant" et "allumé fixe". La signification des voyants est la suivante :

- Voyant CMC : Ce voyant représente l'état de l'ATP.
 - éteint : ATP en panne, le conducteur doit effectuer un reset de l'ATP en appuyant sur le BP_FD (NS74) ou REARM ATP (NS93). Si après ce reset, le voyant est toujours éteint, le conducteur doit isoler SACEM (clé en position CM).
 - clignotant : l'ATP fonctionne mais n'est pas localisé.
 - allumé fixe : l'ATP fonctionne et est localisé.
- Voyant PA : Ce voyant représente l'état de l'ATO.
 - éteint : ATO en panne, l'ATP effectue automatiquement un reset de l'ATO. Si ce voyant reste éteint, le conducteur doit passer en CMC.
 - clignotant : l'ATO fonctionne mais n'est pas autorisé.
 - allumé fixe : l'ATO fonctionne et est autorisé.
- Voyant P.PA : Ce voyant permet de gérer le départ du train en PA.
 - éteint : Les conditions de clignotement ou d'allumage fixe ne sont pas remplies.
 - clignotant : Départ impératif, le conducteur doit démarrer au plus vite.
 - allumé fixe : Contrôle de départ, le conducteur doit maintenir le BP_FD appuyé.
- Voyant CMP : Ce voyant est utilisé pour indiquer que le mode de conduite est CMP ou que le train doit rester immobile pendant le retournement.
 - éteint : Les conditions de clignotement ou d'allumage fixe ne sont pas remplies.
 - clignotant : Le mode de conduite est CMP (mode contrôle MAV).
 - allumé fixe : L'ATP effectue un retournement de la localisation, le conducteur doit attendre l'extinction de ce voyant.
- Voyant SV :
 - éteint : Les conditions de clignotement ou d'allumage fixe ne sont pas remplies.
 - clignotant : Uniquement lorsque le mode de conduite est CMC. Le train est dans une zone d'alerte (voir Affichage de la vitesse consigne).
 - allumé fixe : Le FU est commandé.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.8.2. Affichage de la vitesse consigne

Les schémas suivants présentent les différents types d'informations qu'un conducteur peut recevoir sur l'afficheur en cabine ou par l'intermédiaire d'alertes sonores. On peut distinguer trois situations :

- portion de voie où il n'y a ni séquence d'arrêt, ni limite de vitesse,
- portion de voie où le train doit s'arrêter,
- portion de voie où il y a une limite de vitesse.

Sur tous les schémas, les zones sont définies de la manière suivante :

- zone 1 : fonctionnement normal, affichage de l'ordre de vitesse.
- zone 2 : zone d'alerte : la vitesse autorisée a été dépassée.
- zone 3 : zone d'alerte : freinage demandé jusqu'à ce que le train atteigne :
 - la vitesse de déclenchement de l'ordre d'arrêt (*VSeuilArrêt*) si le point but est un point d'arrêt à l'état restrictif,
 - la vitesse but si le point but est une limite de vitesse (permanente, commutable ou temporaire).
- zone 3 bis : Cette zone existe uniquement si la vitesse maximale autorisée est supérieure à "*VSeuilArrêt*" et que la vitesse du train est inférieure à "*VSeuilArrêt*". Dans tous les autres cas, cette zone est identique à la zone 1. Dans cette zone, il n'est pas possible de dépasser "*VSeuilArrêt*" ; en conséquence, c'est cette vitesse qui est affichée.
- zone 4 : zone d'alerte : l'arrêt immédiat est exigé.
- zone 5 : l'ATP déclenche le freinage d'urgence.

Fonctionnement de l'alerte visuelle :

- Tant que le train reste dans une zone d'alerte (zones 2, 3 ou 4), l'indicateur SV clignote.
- Tant que le train reste dans la zone de déclenchement du freinage d'urgence (zone5), l'indicateur SV est allumé fixe.

Fonctionnement de l'alerte sonore : Elle est activée lorsque les transitions suivantes ont lieu :

- de zone 1 en zone 3,
- de zone 1 en zone 3 bis,
- de zone 2 en zone 3,
- de zone 1 en zone 4,
- de zone 3 en zone 4.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Portion de voie où il n'y a ni séquence d'arrêt, ni limite de vitesse :

En fonctionnement normal, la vitesse affichée (vitesse de consigne) est la vitesse maximale que le train est autorisé à atteindre en assurant un respect total du point restrictif suivant. Le conducteur doit maintenir la marche du train sous cette vitesse (zone 1). Si la vitesse du train dépasse la vitesse de consigne (zone 2), le conducteur est informé qu'un freinage d'urgence peut être déclenché (zone d'alerte, l'indicateur SV clignote). Lorsque la vitesse du train diminue de sorte à atteindre la zone 1, l'alerte est annulée. Au contraire, si la vitesse du train augmente jusqu'à ce qu'il atteigne la vitesse de déclenchement FU (zone 5), le freinage d'urgence est déclenché (l'indicateur SV s'allume en fixe).

Portion de voie où le train doit s'arrêter :

Lorsque le train est proche d'un point d'arrêt :

- En zone 1 et à une vitesse supérieure à "*VSeuilArrêt*" ou en zone 2 :

Dans ce cas, lorsque le train passe en zone 3, une demande de "ralentissement à *VSeuilArrêt*" est affichée. Cette indication est maintenue aussi longtemps que le point d'arrêt est à l'état restrictif et que le train n'a pas atteint la zone 4. Lorsque le train passe en zone 4, la demande d'arrêt immédiat s'affiche. Cet ordre est maintenu tant que le signal est à l'état restrictif. Une indication d'alerte est fournie au conducteur. Celle-ci reste active tant que la vitesse demeure en zone 3.

- en zone 1 et à une vitesse inférieure ou égale à "*VSeuilArrêt*" :

Dans ce cas, lorsque le train passe en zone 3bis, "*VSeuilArrêt*" s'affiche pour informer le conducteur qu'il ne doit pas dépasser cette vitesse et qu'il recevra une demande d'arrêt. A partir de cette vitesse, le fonctionnement est identique au cas précédent.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

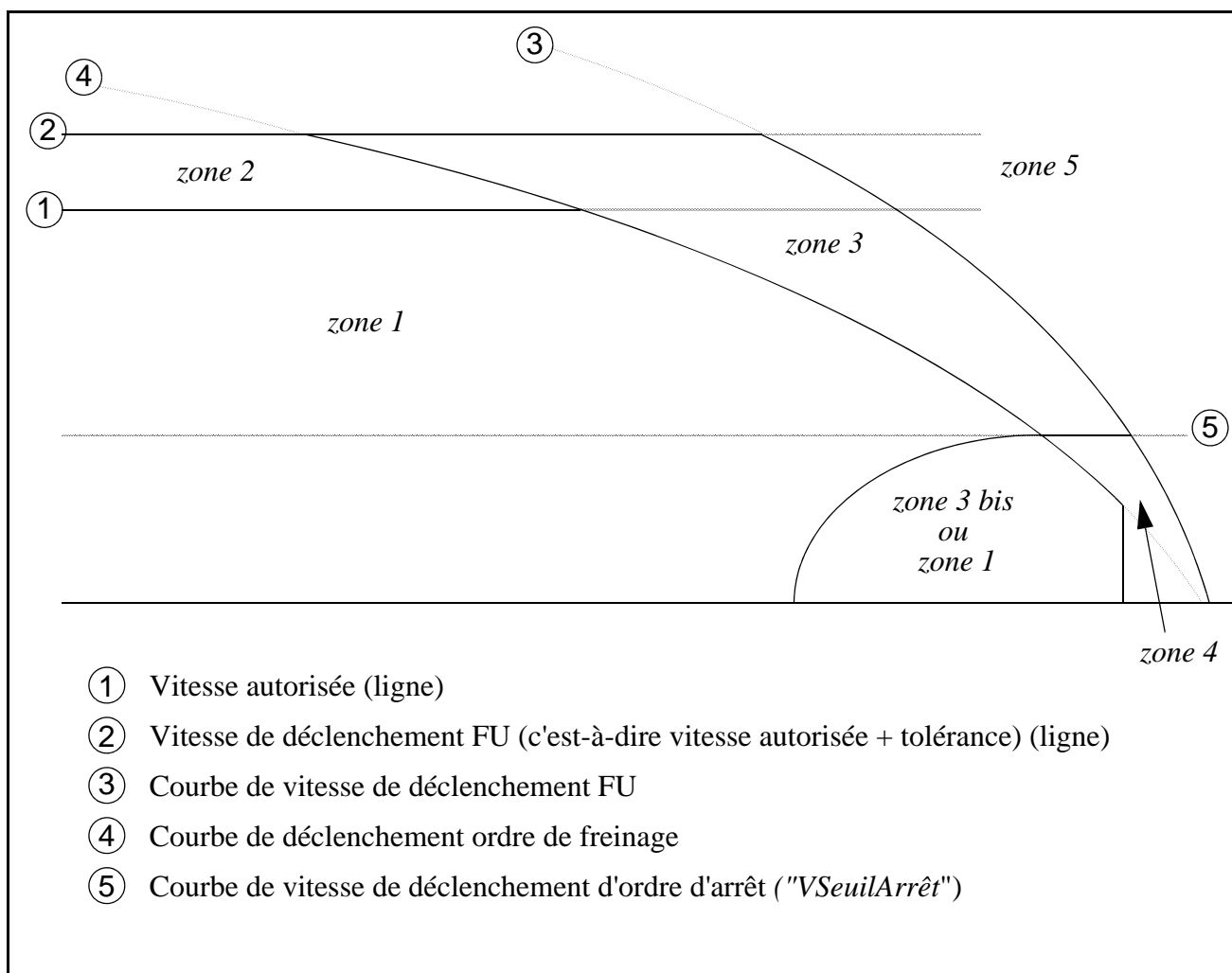


Figure. 50. Réaction de l'afficheur en cabine sur une séquence d'arrêt

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Portion de voie où il y a une limite de vitesse :

Lorsque le train est proche d'une zone où une limite de vitesse doit être appliquée, la vitesse but est affichée lorsque le train passe en zone 3. Une alerte est déclenchée tant que la vitesse reste en zone 3.

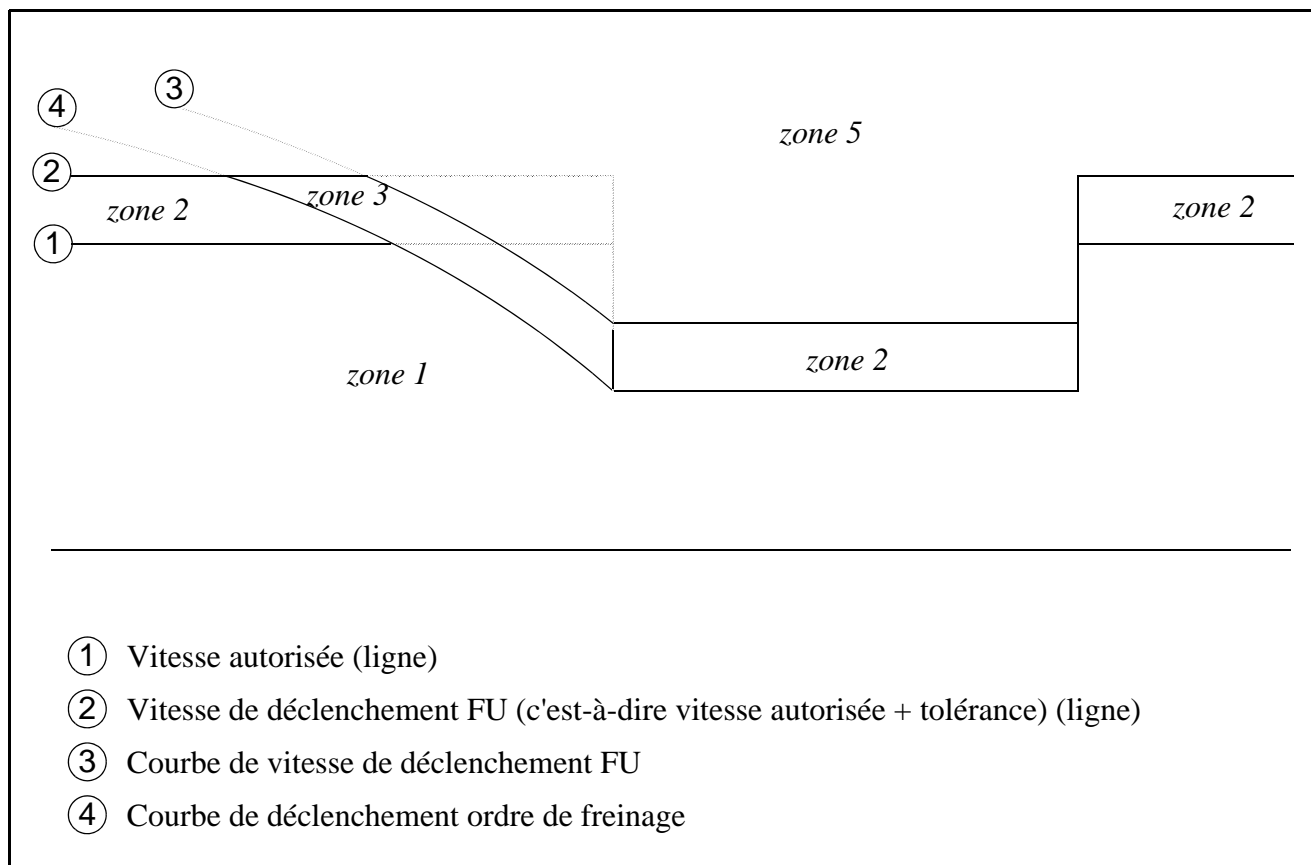


Figure. 51. Réaction de l'afficheur en cabine sur une séquence de limite de vitesse

Dossier de Spécification Système de l'ATC

5.9. RECONFIGURER ET MAINTENIR

5.9.1. Reconfiguration de la transmission continue

5.9.1.1. but de la fonction

Cette fonction est destinée à maintenir le mode de conduite PA ou CMC, dans la mesure du possible, en cas de défaillance de la transmission continue sur une zone de transmission donnée.

5.9.1.2. Description détaillée dans le cas de la défaillance d'un support de transmission

La reconfiguration de la transmission continue, consiste à faire parcourir au train une zone sur laquelle il ne reçoit plus les informations de description (invariants et LTV) et d'état de la voie (variants).

Cet état est acceptable uniquement dans certaines zones (pas d'aiguille donc pas de signal de protection d'itinéraire) et pendant une durée limitée à la durée de validité des informations transmises.

Pour assurer la reconfiguration de la transmission continue, il est nécessaire que le train dispose d'une description complète d'une zone **ZA** (Zone d'Anticipation) qui est constituée du support de transmission défectueux et de la distance de freinage du train à V_{max} de la voie au point de sortie de la zone défectueuse "arrondie au joint directement en aval" :

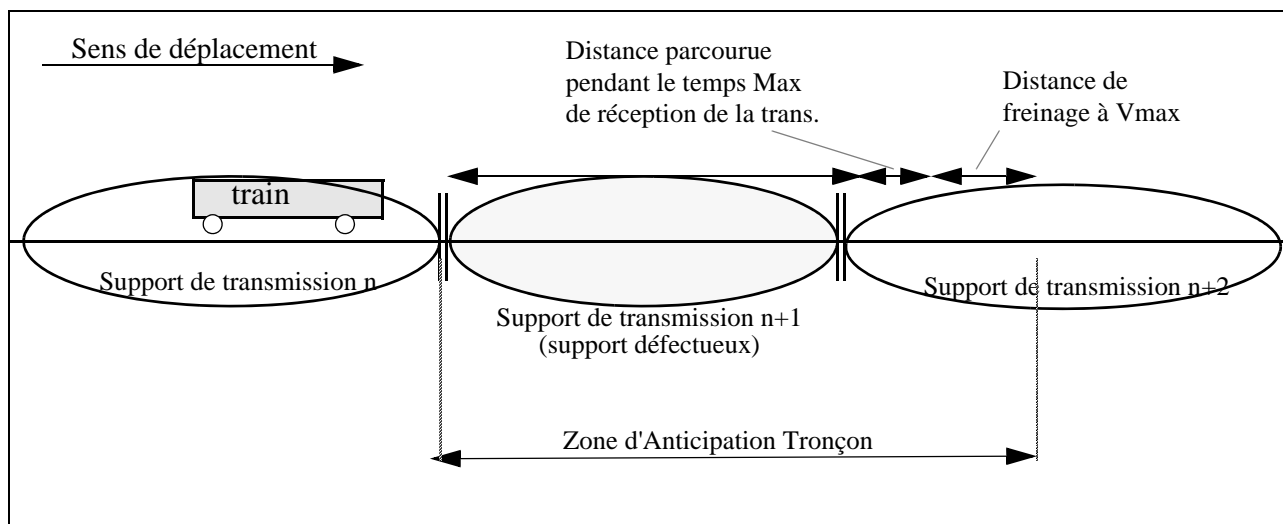


Figure. 52. Définition de la Zone d'Anticipation Tronçon

Note: Dans la figure précédente, le train récupère la transmission à l'entrée du support n+2; on doit cependant inclure la distance de freinage à V_{max} dans la zone d'anticipation afin d'éviter un freinage d'urgence intempestif dû à la mise à l'état restrictif d'un variant compris dans cette zone pendant que le train franchit le tronçon défectueux.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

L'anticipation des informations étant suffisante et la durée de vie des variants d'espacement étant de *TIVValidVariant*, le train peut donc franchir une zone en panne sans ralentir.

Ceci a les conséquences suivantes :

- un TIV commutable sur la zone en panne sera appliqué.
- une aiguille sur la zone en panne sera vue par le train à l'état décontrôlé.
- un signal sera vu par le train à son aspect le plus restrictif: ce qui correspond à un arrêt au pied du signal.

Il est à noter que les deux derniers cas limitent la marche du train en PA ou CMC au point kilométrique associé à la singularité concernée, le train continuant en marche à vue jusqu'à ce que les conditions soient établies pour qu'il reprenne automatiquement sa marche en CMC/PA.

5.9.1.3. Mise en oeuvre de la reconfiguration de la transmission continue

- Equipement ATC sol

L'équipement ATC sol doit anticiper une portion de voie suffisante.

- Equipement ATC bord

La durée de validité des variants d'espacement est de "*TIVValidVariant*".

Cette fonction n'est pas traitée en sécurité.

5.9.2. Fonction de maintenance

DESCRIPTION :

- Echelon de maintenance zéro

L'échelon de maintenance zéro est réalisé par les fonctions système qui réduisent les effets des défaillances (modes de conduite).

- Premier échelon de maintenance

Le premier échelon de maintenance (détection des fonctions défectueuses ou des URLS défectueux) est réalisé par les différents équipements (équipement ATC sol, équipement ATC bord) et les résultats sont accessibles sur les terminaux de maintenance à bord et en station.

- Second échelon de maintenance

Le second échelon de maintenance est réalisé à l'aide des simulateurs ATC sol et bord.

MISE EN OEUVRE :

- Equipement ATC sol :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

En cas de défaillance, une alarme est envoyée, permettant d'adopter immédiatement les mesures correctives (intervention d'un technicien, lecture du terminal de maintenance et dépannage).

Le premier échelon de maintenance est fondé sur des points d'essai matériel sur URL et une analyse intégrée du contexte et points d'essai des équipements.

Des valeurs de référence statiques et dynamiques sont comparées aux valeurs mesurées. Si une différence ou un comportement anormal est détecté, une alarme est envoyée à l'ATS.

L'alarme est enregistrée dans la mémoire de l'équipement pour analyse ultérieure sur PC portable. Ceci permet l'identification et la localisation de l'URL défectueuse (dans certains cas, ceci implique une analyse de points d'essai multiples)

Les mesures de points d'essai et de contexte de l'équipement sont stockées dans la mémoire de l'équipement pour analyse locale sur le terminal de maintenance station.

- Equipement ATC bord :

Les mêmes fonctions que celles de l'équipement ATC sol sont réalisées au niveau du premier échelon de maintenance à l'exception suivante : l'alarme identifie la fonction ou l'URL défectueuse ou encore une panne de l'équipement.

Des mesures de points d'essais et de contexte de l'équipement sont enregistrées dans la mémoire de l'équipement pour analyse locale sur le terminal de maintenance bord.

- Terminaux de maintenance sol :

Les alarmes peuvent être récupérées. Si le remplacement d'une URL défectueuse identifiée dans les alarmes, ne permet pas de réparer l'équipement, l'opérateur de maintenance peut accéder aux mesures de point d'essai et au contexte système.

Des alarmes en temps réel sont affichées. Elles permettent à l'opérateur de maintenance de vérifier le succès d'une réparation après remplacement de l'URL défectueuse.

L'effacement du contexte et des alarmes équipement peut être effectué sur ces terminaux de maintenance.

- Terminaux de maintenance bord :

même description et définition que pour les terminaux de maintenance sol.

5.9.3. UENR (Unité d'Enregistrement des paramètres d'exploitation)

Dans l'armoire bord, sur le matériel roulant NS74-88, NS93 ou NS2004, une unité d'enregistrement est mise en oeuvre pour sauvegarder les paramètres suivants lorsque le train est sous contrôle SA-CEM (modes de conduite PA, CMC ou MAV) :

- mode de conduite
- sens de parcours
- signal départ
- distance parcourue

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- vitesse réelle
- temps
- vitesse de consigne
- points d'arrêts restrictifs franchis
- action sur le BP-MAV
- déclenchement FU
- alarme émise pour le conducteur lorsqu'il franchit la courbe d'alerte

La mémoire est suffisante pour enregistrer ces événements, en service normal, pendant 48 heures.

Une Unité de Lecture (PC portable) permet de lire les informations contenues dans l'UENR.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CHAPITRE 6

SPECIFICATION OPERATIONNELLE

6.1. EXPLOITATION DU RESEAU

6.1.1. Mouvements équipés SACEM

Les mouvements possibles sous commande SACEM sont décrit dans le tableau suivant (la combinaison d'une séquence des mouvements ci-dessous est par conséquent possible).

Ce tableau décrit la situation avant et après les extensions des lignes 1, 2 et 5.

Ligne 5 :

Extension 1 : Les itinéraires supprimés sont repérés par l'indication "(A)" et sont barrés, les itinéraires ajoutés sont repérés par l'indication "(B)".

Extension 2 : Les itinéraires supprimés sont repérés par l'indication "(C)" et sont barrés, les itinéraires ajoutés sont repérés par l'indication "(D)".

Extension Sud : Les itinéraires supprimés sont repérés par l'indication "(G)" et sont barrés, les itinéraires ajoutés sont repérés par l'indication "(H)".

Extension Ouest (Plaza Maipu) : Les itinéraires supprimés sont repérés par l'indication "(K)" et sont barrés, les itinéraires ajoutés sont repérés par l'indication "(L)".

Ligne 2 :

Extensions Nord et Sud : Les itinéraires supprimés sont repérés par l'indication "(E)" et sont barrés, les itinéraires ajoutés sont repérés par l'indication "(F)".

Extensions Nord-Nord : Les itinéraires supprimés sont repérés par l'indication "(I)" et sont barrés, les itinéraires ajoutés sont repérés par l'indication "(J)".

Ligne 1 :

Extensions Los Dominicos : Les modifications des stations San Pablo et Pajaritos sont incluses dans cette extension. A Escuela Militar et Manquehue, tous les itinéraires ne sont pas parcourus en SACEM.

Les itinéraires supprimés sont repérés par l'indication "(M)" et sont barrés, les itinéraires ajoutés sont repérés par l'indication "(N)".

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
1	8 - Neptuno	9 - San Pablo
1	8 - Neptuno	Z - San Pablo
1	9 - San Pablo	10 - San Pablo
1	10 - San Pablo	12 - San Pablo
1	10 - San Pablo	22 - San Pablo
1	12 - San Pablo	14 - San Pablo
1	14 - San Pablo	22 - San Pablo
1	22 - San Pablo	14 - San Pablo
1	22 - San Pablo	24 - San Pablo
1	22 - San Pablo	20 - San Pablo
1	24 - San Pablo	22 - San Pablo
1	Z - San Pablo	10 - San Pablo
1	Z - San Pablo	18 - San Pablo
1	Z - San Pablo	38 - Neptuno
1	Z - San Pablo	58 - Neptuno
1	20 - San Pablo	18 - San Pablo
1	20 - San Pablo	38 - Neptuno
1	20 - San Pablo	58 - Neptuno
1 (N)	10 - Pajaritos	12 - Pajaritos
1 (N)	Z - Pajaritos	12 - Pajaritos
1 (N)	22 - Pajaritos	20 - Pajaritos
1 (N)	22 - Pajaritos	Z - Pajaritos
1	24 - Las Rejas	22 - Las Rejas
1	24 - Las Rejas	12 - Las Rejas

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
1	12 - Las Rejas	14 - Las Rejas
1	10 - Las Rejas	12 - Las Rejas
1 (M)	22 - Central	14 - Central
1 (N)	26 - Central	24 - Central
1	24 - Central	22 - Central
1 (M)	14 - Central	22 - Central
1	10 - Central	12 - Central
1	12 - Central	14 - Central
1 (M)	14 - Central	12 - Central
1	12 - Republica (Los Heroes)	Z - Republica (Los Heroes)
1	12 - Republica (Los Heroes)	13 - Republica (Los Heroes)
1	13 - Los Heroes	15 - Los Heroes
1	Z - Los Heroes	22 - Republica
1	Z - Los Heroes	46 - Raccordement
1	Z - Los Heroes	26 - Los Heroes
1	Z - Los Heroes	15 - Los Heroes
1	46 - Raccordement	Z - Republica
1	24 - Republica	22 - Republica
2 - 1	46 - Los Heroes	24 - Republica (Los heroes)
1	26 - Los Heroes	24 - Republica
1	26 - Los Heroes	Z - Los Heroes
1	15 - Los Heroes	Z - Republica
1	10 - La Moneda	12 - U. de Chile
1	14 - U. de Chile	22 - U. de Chile
1	24 - Santa Lucia	22 - U. de Chile

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
1	10 - U. de Chile	42 - U. de Chile
1	10 - U. de Chile	12 - U. de Chile
1	12 - U. de Chile	14 - U. de Chile
1	14 - U. de Chile	12 - U. de Chile
1	22 - U. de Chile	14 - U. de Chile
1	22 - U. de Chile	20 - U. de Chile
1	42 - U. de Chile	20 - U. de Chile
1	20 - U. de Chile	42 - U. de Chile
1	10 - Baquedano	12 - Baquedano
1	22 - Baquedano	14 - Baquedano
1	14 - Baquedano	12 - Baquedano
1	14 - Baquedano	22 - Baquedano
1	12 - Baquedano	14 - Baquedano
1	24 - Baquedano	22 - Baquedano
1	10 - Tobalaba	12 - Tobalaba
1	22 - Tobalaba	14 - Tobalaba
1	14 - Tobalaba	12 - Tobalaba
1	14 - Tobalaba	22 - Tobalaba
1	12 - Tobalaba	14 - Tobalaba
1	24 - Tobalaba	22 - Tobalaba
1 (M)	22 - Escuela M.	24 - Escuela M.
1	22 - Escuela M.	14 - Escuela M.
1	22 - Escuela M.	20 - Escuela M.
1	24 - Escuela M.	22 - Escuela M.
1 (N)	8 - Escuela M.	10 - Escuela M.

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
1	10 - Escuela M.	12 - Escuela M.
1	10 - Escuela M.	22 - Escuela M.
1	12 - Escuela M.	14 - Escuela M.
1	14 - Escuela M.	22 - Escuela M.
1 (N)	12 - Manquehue	Z - Manquehue
1 (N)	Z - Manquehue	22 - Manquehue
1 (N)	10 - Los Dominicos	12 - Los Dominicos
1 (N)	10 - Los Dominicos	22 - Los Dominicos
1 (N)	12 - Los Dominicos	14 - Los Dominicos
1 (N)	14 - Los Dominicos	22 - Los Dominicos
1 (N)	22 - Los Dominicos	14 - Los Dominicos
1 (N)	22 - Los Dominicos	20 - Los Dominicos
1 (N)	22 - Los Dominicos	24 - Los Dominicos
1 (N)	24 - Los Dominicos	22 - Los Dominicos
2 (J)	10 - A. Vespucio	12 - A. Vespucio
2 (J)	10 - A. Vespucio	22 - A. Vespucio
2 (J)	12 - A. Vespucio	14 - A. Vespucio
2 (J)	14 - A. Vespucio	16 - A. Vespucio
2 (J)	14 - A. Vespucio	22 - A. Vespucio
2 (J)	16 - A. Vespucio	14 - A. Vespucio
2 (J)	22 - A. Vespucio	14 - A. Vespucio
2 (J)	22 - A. Vespucio	20 - A. Vespucio
2 (J)	22 - A. Vespucio	24 - A. Vespucio
2 (J)	24 - A. Vespucio	22 - A. Vespucio
2 (J)	24 - A. Vespucio	26 - A. Vespucio

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
2 (J)	26 - A. Vespucio	24 - A. Vespucio
2 (J)	23A - A. Vespucio	22 - A. Vespucio
2 (J)	10 - Einstein	12 - Einstein
2 (J)	12 - Einstein	14 - Einstein
2 (J)	12 - Einstein	20 - Einstein
2 (J)	12 - Einstein	24 - Einstein
2 (J)	20 - Einstein	12 - Einstein
2 (J)	20 - Einstein	22 - Einstein
2 (J)	22 - Einstein	20 - Einstein
2 (J)	24 - Einstein	12 - Einstein
2 (J)	24 - Einstein	22 - Einstein
2 (J)	26 - Einstein	24 - Einstein
2 (F)	10 - Cerro Blanco	12 - Cerro Blanco
2 (F) (I)	10 - Cerro Blanco	22 - Cerro Blanco
2 (F)	12 - Cerro Blanco	14 - Cerro Blanco
2 (J)	12 - Cerro Blanco	24 - Cerro Blanco
2 (F) (I)	14 - Cerro Blanco	22 - Cerro Blanco
2 (F) (I)	22 - Cerro Blanco	14 - Cerro Blanco
2 (F) (I)	22 - Cerro Blanco	24 - Cerro Blanco
2 (F) (I)	22 - Cerro Blanco	20 - Cerro Blanco
2 (J)	24 - Cerro Blanco	12 - Cerro Blanco
2 (F)	24 - Cerro Blanco	22 - Cerro Blanco
2 (J)	26 - Cerro Blanco	24 - Cerro Blanco
2 (F)	10 - Cal y Canto	12 - Cal y Canto
2 (F)	12 - Cal y Canto	20 - Cal y Canto

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
2 (F)	20 - Cal y Canto	12 - Cal y Canto
2 (F)	20 - Cal y Canto	22 - Cal y Canto
2 (F)	22 - Cal y Canto	20 - Cal y Canto
2 (F)	24 - Cal y Canto	22 - Cal y Canto
2 (E)	10 - Cal y Canto	12 - Cal y Canto
2 (E)	10 - Cal y Canto	22 - Cal y Canto
2 (E)	12 - Cal y Canto	14 - Cal y Canto
2 (E)	14 - Cal y Canto	22 - Cal y Canto
2 (E)	22 - Cal y Canto	14 - Cal y Canto
2 (E)	22 - Cal y Canto	24 - Cal y Canto
2 (E)	22 - Cal y Canto	20 - Cal y Canto
2 (E)	24 - Cal y Canto	22 - Cal y Canto
2	8 - Los Heroes	44 - Los Heroes
2	8 - Los Heroes	10 - Los Heroes
2	46 - Los Heroes	44 - Los Heroes
2	44 - Los Heroes	12 - Los Heroes
2	44 - Los Heroes	18 - Los Heroes
2	44 - Los Heroes	46 - Los Heroes
2 (B)	44 - Los Heroes	42 - Los Heroes
2 (B)	42 - Los Heroes	44 - Los Heroes
2	20 - Los Heroes	44 - Los Heroes
2	22 - Los Heroes	20 - Los Heroes
2	10 - Los Heroes	12 - Los Heroes
2	12 - Los Heroes	20 - Los Heroes
2	24 - Los Heroes	22 - Los Heroes

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
2	20 - Los Heroes	12 - Los Heroes
2	20 - Los Heroes	18 - Los Heroes
2	20 - Los Heroes	22 - Los Heroes
2	10 - Franklin	12 - Franklin
2	12 - Franklin	14 - Franklin
2	14 - Franklin	22 - Franklin
2	24 - Franklin	22 - Franklin
2	22 - Franklin	14 - Franklin
2	14 - Franklin	12 - Franklin
2	7 - Lo Ovalle	Z - Lo Ovalle
2	7 - Lo Ovalle	9 - Lo Ovalle
2	8 - Lo Ovalle	10 - Lo Ovalle
2	10 - Lo Ovalle	12 - Lo Ovalle
2 (E)	10 - Lo Ovalle	22 - Lo Ovalle
2	12 - Lo Ovalle	14 - Lo Ovalle
2 (F)	14 - Lo Ovalle	12 - Lo Ovalle
2 (E)	14 - Lo Ovalle	15 - Lo Ovalle
2 (E)	15 - Lo Ovalle	14 - Lo Ovalle
2	14 - Lo Ovalle	22 - Lo Ovalle
2 (E)	22 - Lo Ovalle	24 - Lo Ovalle
2	22 - Lo Ovalle	14 - Lo Ovalle
2 (E)	24 - Lo Ovalle	25 - Lo Ovalle
2 (E)	25 - Lo Ovalle	24 - Lo Ovalle
2	24 - Lo Ovalle	22 - Lo Ovalle
2 (E)	22 - Lo Ovalle	20 - Lo Ovalle

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
2	20 - Lo Ovalle	Z - Lo Ovalle
2	20 - Lo Ovalle	18 - Lo Ovalle
2	Z - Lo Ovalle	10 - Lo Ovalle
2	Z - Lo Ovalle	38 - Lo Ovalle
2	38 - Lo Ovalle	18 - Lo Ovalle
2	38 - Lo Ovalle	Z - Lo Ovalle
2 (F)	10 - La Cisterna	12 - La Cisterna
2 (F)	10 - La Cisterna	22 - La Cisterna
2 (F)	12 - La Cisterna	14 - La Cisterna
2 (F)	14 - La Cisterna	22 - La Cisterna
2 (F)	22 - La Cisterna	14 - La Cisterna
2 (F)	22 - La Cisterna	24 - La Cisterna
2 (F)	22 - La Cisterna	20 - La Cisterna
2 (F)	24 - La Cisterna	22 - La Cisterna
5 (L)	10 - Plaza Maipu V2	12 - Plaza Maipu V2
5 (L)	10 - Plaza Maipu V2	22 - Plaza Maipu V1
5 (L)	12 - Plaza Maipu V2	14 - Plaza Maipu V2
5 (L)	14 - Plaza Maipu V2	22 - Plaza Maipu V1
5 (L)	22 - Plaza Maipu V1	20 - Plaza Maipu V1
5 (L)	10 - Las Parcelas V1	12 - Las Parcelas V1
5 (L)	12 - Las Parcelas V1	20 - Las Parcelas V2
5 (L)	24 - Las Parcelas V2	22 - Las Parcelas V2
5 (L)	22 - Las Parcelas V2	20 - Las Parcelas V2
5 (L)	20 - Las Parcelas V2	12 - Las Parcelas V1
5 (L)	20 - Las Parcelas V2	22 - Las Parcelas V2

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
5 (L)	10 - Pudahuel V1	12 - Pudahuel V1
5 (L)	12 - Pudahuel V1	14 - Pudahuel V1
5 (L)	12 - Pudahuel V1	24 - Pudahuel V2
5 (L)	26 - Pudahuel V2	24 - Pudahuel V2
5 (L)	24 - Pudahuel V2	22 - Pudahuel V2
5 (L)	24 - Pudahuel V2	12 - Pudahuel V1
5 (L)	10 - San Pablo V1	12 - San Pablo V1
5 (L)	12 - San Pablo V1	14 - San Pablo V1
5 (L)	14 - San Pablo V1	12 - San Pablo V1
5 (L)	14 - San Pablo V1	22 - San Pablo V2
5 (L)	22 - San Pablo V2	14 - San Pablo V1
5 (L)	24 - San Pablo V2	22 - San Pablo V2
5 (L)	10 - Quinta Normal V1	12 - Quinta Normal V1
5 (L)	12 - Quinta Normal V1	14 - Quinta Normal V1
5 (L)	12 - Quinta Normal V1	24 - Quinta Normal V2
5 (L)	12 - Quinta Normal V1	Z - Quinta Normal Vz
5 (L)	26 - Quinta Normal V2	24 - Quinta Normal V2
5 (L)	24 - Quinta Normal V2	22 - Quinta Normal V2
5 (L)	24 - Quinta Normal V2	12 - Quinta Normal V1
5 (L)	22 - Quinta Normal V2	20 - Quinta Normal V2
5 (L)	22 - Quinta Normal V2	Z - Quinta Normal Vz
5 (L)	Z - Quinta Normal Vz	12 - Quinta Normal V1
5 (L)	Z - Quinta Normal Vz	22 - Quinta Normal V2
5 (D) (K)	10 - Quinta Normal V2	12 - Quinta Normal V2
5 (D) (K)	10 - Quinta Normal V2	22 - Quinta Normal V1

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
5 (D) (K)	12 - Quinta Normal V2	14 - Quinta Normal V2
5 (D) (K)	14 - Quinta Normal V2	22 - Quinta Normal V1
5 (D) (K)	22 - Quinta Normal V1	14 - Quinta Normal V2
5 (D) (K)	22 - Quinta Normal V1	20 - Quinta Normal V1
5 (D) (K)	22 - Quinta Normal V1	24 - Quinta Normal V1
5 (D) (K)	24 - Quinta Normal V1	22 - Quinta Normal V1
5 (D)	06 - Santa Ana	08 - Santa Ana
5 (D)	08 - Santa Ana	11 - Santa Ana
5-2 (D)	08 - Santa Ana	42 - Los Heroes
5 (D)	10 - Santa Ana	12 - Santa Ana
5 (D)	12 - Santa Ana	14 - Santa Ana
5 (D)	12 - Santa Ana	20 - Santa Ana
5 (D)	12 - Santa Ana	24 - Santa Ana
5-2 (D)	18 - Santa Ana	42 - Los Heroes
5 (D)	20 - Santa Ana	12 - Santa Ana
5 (D)	20 - Santa Ana	18 - Santa Ana
5 (D)	20 - Santa Ana	22 - Santa Ana
5 (D)	22 - Santa Ana	20 - Santa Ana
5 (D)	24 - Santa Ana	12 - Santa Ana
5 (D)	24 - Santa Ana	22 - Santa Ana
5 (D)	26 - Santa Ana	24 - Santa Ana
5-2 (D)	42 - Los Heroes	08 - Santa Ana
5-2 (D)	42 - Los Heroes	18 - Santa Ana
5 (C)	10 - Santa Ana	12 - Santa Ana
5 (C)	10 - Santa Ana	22 - Santa Ana

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
5 (C)	12 - Santa Ana	14 - Santa Ana
5 (C)	14 - Santa Ana	22 - Santa Ana
5 (C)	22 - Santa Ana	14 - Santa Ana
5 (C)	22 - Santa Ana	24 - Santa Ana
5 (C)	22 - Santa Ana	20 - Santa Ana
5 (C)	24 - Santa Ana	22 - Santa Ana
5 - 2 (C)	24 - Santa Ana	42 - Los Heroes
5 - 2 (C)	42 - Los Heroes	24 - Santa Ana
5 (A)	10 - Baquedano	22 - Baquedano
5 (A)	22 - Baquedano	24 - Baquedano
5 (A)	24 - Baquedano	22 - Baquedano
5 (A)	22 - Baquedano	20 - Baquedano
5 (B)	10 - Baquedano	12 - Baquedano
5 (B)	12 - Baquedano	14 - Baquedano
5 (B)	12 - Baquedano	24 - Baquedano
5 (B)	22 - Baquedano	24 - Baquedano
5 (B)	24 - Baquedano	22 - Baquedano
5 (B)	24 - Baquedano	12 - Baquedano
5 (B)	26 - Baquedano	24 - Baquedano
5 (D)	12- Ñuble	20- Ñuble
5 (D)	12- Ñuble	40- Ñuble
5 (D)	24 - Ñuble	22- Ñuble
5 (D)	40 - Ñuble	22 - Ñuble
5	8 - Ñuble	10 - Ñuble
5	8 - Ñuble	40 - Ñuble

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Début	Fin
5	10 - Ñuble	12 - Ñuble
5	22 - Ñuble	20 - Ñuble
5	22 - Ñuble	40 - Ñuble
5	40 - Ñuble	20 - Ñuble
5	40 - Ñuble	12 - Ñuble
5 (G)	10 - La Florida	12 - La Florida
5 (G)	10 - La Florida	22 - La Florida
5	12 - La Florida	14 - La Florida
5	14 - La Florida	22 - La Florida
5	22 - La Florida	14 - La Florida
5 (G)	22 - La Florida	24 - La Florida
5 (G)	22 - La Florida	20 - La Florida
5	24 - La Florida	22 - La Florida
5 (H)	10 - Vincente Valdes	12 - Vincente Valdes
5 (H)	10 - Vincente Valdes	22 - Vincente Valdes
5 (H)	12 - Vincente Valdes	14 - Vincente Valdes
5 (H)	14 - Vincente Valdes	22 - Vincente Valdes
5 (H)	22 - Vincente Valdes	14 - Vincente Valdes
5 (H)	22 - Vincente Valdes	24 - Vincente Valdes
5 (H)	22 - Vincente Valdes	20 - Vincente Valdes
5 (H)	24 - Vincente Valdes	22 - Vincente Valdes

Tableau 10 : Liste des itinéraires SACEM

Remarques :

- Sur la ligne 5, les itinéraires suivants ne sont pas parcourus en SACEM :
 - Plaza Maipu, 14-16, 16-14, 22-14, 22-24, 24-26, 26-24 et 24-22.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Sur la ligne 1, les itinéraires suivants ne sont pas parcourus en SACEM :
 - San Pablo (Neptuno), 38-40, 58-40, 40-38, 40-58 et 40-18.
 - Pajaritos, 12-Z.
 - Escuela Militar, 14-12 et 22-10
 - Manquehue, 22-Z, Z-ZC et ZC-Z.

6.1.2. Gestion du retournement

Voir paragraphe 5.5.5

Le tableau ci-dessous énumère les zones de retournement équipées en SACEM.

Il décrit la situation avant et après les extensions des lignes 2 et 5.

- Les retournements supprimés après l'extension 1 de la ligne 5 sont repérés par l'indication "(A)", les retournements ajoutés sont repérés par l'indication "(B)".
- Les retournements supprimés après l'extension 2 de la ligne 5 sont repérés par l'indication "(C)", les retournements ajoutés sont repérés par l'indication "(D)".
- Les retournements supprimés après les extensions Nord et Sud de la ligne 2 sont repérés par l'indication "(E)", les retournements ajoutés sont repérés par l'indication "(F)".
- Les retournements supprimés après l'extension Sud de la ligne 2 sont repérés par l'indication "(G)", les retournements ajoutés sont repérés par l'indication "(H)".
- Les retournements supprimés après l'extension Nord-Nord de la ligne 2 sont repérés par l'indication "(I)", les retournements ajoutés sont repérés par l'indication "(J)".
- Les retournements supprimés après l'extension Ouest de la ligne 5 sont repérés par l'indication "(K)", les retournements ajoutés sont repérés par l'indication "(L)".
- Les retournements supprimés après l'extension de la ligne 1 vers Los Dominicos sont repérés par l'indication "(M)", les retournements ajoutés sont repérés par l'indication "(N)".

Dans la colonne "Sens de parcours avant retournement", "1" indique que le train se déplace dans le sens de parcours de la voie 1 (mais n'est pas obligatoirement sur la voie 1), "2" indique que le train se déplace dans le sens de parcours de la voie 2, "1 et 2" indique que le retournement existe dans les 2 sens de parcours.

Dans la colonne "Comportement par défaut de l'ATO", le terme "Arrêt de service" signifie que l'ATO arrêtera le train au point d'arrêt précis défini dans les invariants. Le terme "Queue alignée" signifie que l'ATO arrêtera le train avec la queue du train alignée sur le signal de départ après retournement. Le terme "Non applicable" signifie que le retournement n'est pas faisable en mode de conduite PA (il est effectué en mode de conduite CMC).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Station ou Interstation	Sens de parcours avant retournement	Comportement par défaut de l'ATO
1	San Pablo - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
1	San Pablo - cdv 24	2	Queue alignée
1	San Pablo - cdv 14	2	Queue alignée
1	San Pablo - cdv Z	2	Queue alignée
1 (N)	Pajaritos - cdv Z	2	Queue alignée
1	Las Rejas - cdv 12	2	Arrêt de service
1 (M)	Central - cdv 22	2	Arrêt de service
1 (M)	Central - cdv 14	1	Queue alignée
1 (M)	Central - cdv 12	2	Arrêt de service
1	Los Heroes - voie Z	1 et 2	Queue alignée
1	U. de Chile - cdv 20	2	Queue alignée
1	U. de Chile - cdv 22	2	Arrêt de service
1	U. de Chile - cdv 14	1	Queue alignée
1	U. de Chile - cdv 12	2	Arrêt de service
1	Baquedano - cdv 22	2	Arrêt de service
1	Baquedano - cdv 14	1	Queue alignée
1	Baquedano - cdv 12	2	Arrêt de service
1	Tobalaba - cdv 22	2	Arrêt de service
1	Tobalaba - cdv 14	1	Queue alignée
1	Tobalaba - cdv 12	2	Arrêt de service
1	Escuela M. - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
1 (M)	Escuela M. - cdv 24	1	Queue alignée
1	Escuela M. - cdv 14	1	Queue alignée
1 (N)	Manquehue - cdv Z	1	Queue alignée

Tableau 11 : Liste des zones de retournements SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Station ou Interstation	Sens de parcours avant retournement	Comportement par défaut de l'ATO
1 (N)	Los Dominicos - cdv 14	1	Queue alignée
1 (N)	Los Dominicos - cdv 24	2	Queue alignée
1 (N)	Los Dominicos - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
2 (J)	A. Vespucio - cdv 14	2	Queue alignée
2 (J)	A. Vespucio - cdv 16	2	Queue alignée
2 (J)	A. Vespucio - cdv 24	1	Queue alignée
2 (J)	A. Vespucio - cdv 26	1	Queue alignée
2 (J)	A. Vespucio - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
2 (J)	Einstein - cdv 12	1 et 2	Arrêt de service
2 (J)	Einstein - cdv 20	2	Queue alignée
2 (J)	Einstein - cdv 22	1	Arrêt de service
2 (J)	Einstein - cdv 24	1	Queue alignée
2 (J)	Cerro Blanco - cdv 12	2	Arrêt de service
2 (J)	Cerro Blanco - cdv 24	1	Queue alignée
2 (F) (I)	Cerro Blanco - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
2 (F) (I)	Cerro Blanco - cdv 24	2	Queue alignée
2 (F) (I)	Cerro Blanco - cdv 14	2	Queue alignée
2 (E)	Cal y Canto - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
2 (E)	Cal y Canto - cdv 24	2	Queue alignée
2 (E)	Cal y Canto - cdv 14	2	Queue alignée
2 (F)	Cal y Canto - cdv 12	1	Arrêt de service
2 (F)	Cal y Canto - cdv 20	2	Queue alignée
2 (F)	Cal y Canto - cdv 22	1	Arrêt de service
2	Los Heroes - cdv 20	2	Queue alignée
2	Los Heroes - cdv 12	1	Arrêt de service

Tableau 11 : Liste des zones de retournements SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Station ou Interstation	Sens de parcours avant retournement	Comportement par défaut de l'ATO
2	Los Heroes - cdv 22	1	Arrêt de service
2 (B)	Los Heroes - cdv 44	1 et 2	Queue alignée
2	Franklin - cdv 14	1	Queue alignée
2	Franklin - cdv 22	2	Arrêt de service
2	Franklin - cdv 12	2	Arrêt de service
2 (F)	Lo Ovalle - cdv 12	2	Arrêt de service
2 (E)	Lo Ovalle - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
2 (F)	Lo Ovalle - cdv 22	2	Arrêt de service
2 (E)	Lo Ovalle - cdv 24	1	Queue alignée
2	Lo Ovalle - cdv 14	1	Queue alignée
2	Lo Ovalle - cdv Z	2	Queue alignée
2 (F)	La Cisterna - cdv 14	1	Queue alignée
2 (F)	La Cisterna - cdv 24	1	Queue alignée
2 (F)	La Cisterna - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
5 (L)	Plaza Maipu - cdv 14	2	Queue alignée
5 (L)	Plaza Maipu - cdv 22	2	Arrêt de service
5 (L)	Las Parcelas - cdv 12	1	Arrêt de service
5 (L)	Las Parcelas - cdv 20	2	Queue alignée
5 (L)	Las Parcelas - cdv 22	1	Arrêt de service
5 (L)	Padahuel - cdv 12	2	Arrêt de service
5 (L)	Padahuel - cdv 24	1	Queue alignée
5 (L)	San Pablo - cdv 12	2	Arrêt de service
5 (L)	San Pablo - cdv 14	1	Queue alignée
5 (L)	San Pablo - cdv 22	2	Arrêt de service
5 (L)	Quinta Normal - cdv 12	1 et 2	Arrêt de service

Tableau 11 : Liste des zones de retournements SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Station ou Interstation	Sens de parcours avant retournement	Comportement par défaut de l'ATO
5 (L)	Quinta Normal - cdv 24	1	Queue alignée
5 (L)	Quinta Normal - cdv 22	1	Arrêt de service
5 (L)	Quinta Normal - cdv Z	2	Queue alignée
5 (D) (K)	Quinta Normal - cdv 14	2	Queue alignée
5 (D) (K)	Quinta Normal - cdv 24	2	Queue alignée
5 (D) (K)	Quinta Normal - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
5 (D)	Santa Ana - cdv 20	2	Queue alignée
5 (D)	Santa Ana - cdv 12	1 et 2	Arrêt de service
5 (D)	Santa Ana - cdv 22	1	Arrêt de service
5 (D)	Santa Ana - cdv 24	1	Queue alignée
5 (D)	Santa Ana - cdv 18	2	Queue alignée
5 (C)	Santa Ana - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
5 (C)	Santa Ana - cdv 24	2	Queue alignée
5 (C)	Santa Ana - cdv 14	2	Queue alignée
5 (A)	Baquadano - cdv 22 V1	2	Arrêt de service
5 (B)	Baquadano - cdv 22 V2	2	Arrêt de service
5 (B)	Baquadano - cdv 24	1	Queue alignée
5 (B)	Baquadano - cdv 12	2	Arrêt de service
5 (D)	Ñuble - cdv 12	1	Arrêt de service
5 (D)	Ñuble - cdv 22	1	Arrêt de service
5	Ñuble - cdv 40	1 et 2	Queue alignée
5	La Florida - cdv 14	1	Queue alignée
5 (G)	La Florida - cdv 24	1	Queue alignée
5 (G)	La Florida - cdv 22	1 et 2	Arrêt de service
5 (H)	La Florida - cdv 22	2	Arrêt de service

Tableau 11 : Liste des zones de retournements SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Ligne	Station ou Interstation	Sens de parcours avant retournement	Comportement par défaut de l'ATO
5 (H)	Vincente Valdes- cdv 14	1	Queue alignée
5 (H)	Vincente Valdes- cdv 24	1	Queue alignée
5 (H)	Vincente Valdes- cdv 22	1 et 2	Arrêt de service

Tableau 11 : Liste des zones de retournements SACEM

Dossier de Spécification Système de l'ATC

6.2. MOUVEMENT EN DEPOT ET SORTIE

6.2.1. Sortie d'un atelier

Les étapes suivantes permettent la mise en service d'un train :

- 1) Le conducteur active la cabine avant et place le commutateur de mode de conduite (clé C) en position CMC. Les tests intégrés (PROM, RAM) sont lancés. Si le résultat de ces tests est incorrect, le FU n'est pas inhibé et le conducteur doit isoler SACEM (commutateur de mode de conduite en position CM). Le mode conduite est alors CML et les étapes 2, 3 et 4 ne peuvent pas être effectuées.
- 2) Le conducteur appuie sur le bouton poussoir MAV, ce qui lui permet de débloquent le train. Il peut conduire le train à vue en mode de conduite CMP (mode contrôle MAV). Lorsque ce mode de conduite est actif, le conducteur est responsable de l'espacement et respecte la signalisation latérale si elle existe, SACEM contrôle que la vitesse du train ne dépasse pas *VitMAV*.
- 3) Lorsque le train est sur la zone équipée SACEM, la procédure d'initialisation au vol est réalisée automatiquement (sans intervention du conducteur). Le mode conduite CMC (mode de contrôle CMC-PA) est automatiquement activé dès que le train est localisé et qu'il se trouve à proximité d'un point d'arrêt permissif. Lorsque le mode de conduite CMC est actif, SACEM contrôle la progression du train et la vitesse de consigne est affichée. Le conducteur conduit le train en CMC jusqu'à la prochaine station en respectant les indications en cabine.
- 4) Une fois arrêté en station, le conducteur peut manoeuvrer le commutateur de mode de conduite (clé C) pour passer en PA (attention, il est interdit de manoeuvrer ce commutateur lorsque le train n'est pas à l'arrêt). Dans ce cas, le mode de conduite est PA (mode de contrôle inchangé), la vitesse de consigne n'est plus affichée et l'ATO conduit le train.

6.2.2. Entrée à l'atelier

Les trains sont conduits en mode de conduite PA ou CMC jusqu'à l'extrémité de la zone équipée SACEM qui se termine toujours par un signal restrictif. Le conducteur (ou l'ATO) arrête le train devant ce signal. Une fois le train arrêté, le conducteur manoeuvre le commutateur de mode de conduite sur la position CMC si il est en PA et appuie sur le bouton poussoir MAV pour passer en mode de conduite CMP (mode contrôle MAV). Les mouvements dans l'atelier sont alors effectués à vue et le conducteur est responsable de l'espacement.

6.3. MOUVEMENT SUR LA LIGNE PRINCIPALE

Sur la ligne principale :

- Si le mode de conduite est CMC (mode de contrôle CMC-PA), le conducteur conduit le train. Il se conforme strictement aux indications présentées sur l'afficheur en cabine pour respecter l'espacement mais effectue les arrêts de service indépendamment de l'affichage.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Si le mode de conduite est PA (mode de contrôle CMC-PA), le conducteur commande le départ du train, l'ATO conduit le train. Il respecte l'espacement et les arrêts de service.
- En cas d'anomalie, le mode de conduite CMP (mode de contrôle MAV) est utilisé. Ce mode de conduite est activé :
 - automatiquement en cas de perte de localisation ou de franchissement intempestif de point d'arrêt (dans ce cas, le conducteur doit acquiescer ce nouveau mode de conduite par un appui sur le BP_MAV),
 - par une action volontaire du conducteur (appui sur le BP_MAV) lorsque le train est à l'arrêt devant un point d'arrêt restrictif.

Lorsque ce mode de conduite est actif, le conducteur est responsable de l'espacement et respecte la signalisation latérale si elle existe, SACEM contrôle que la vitesse du train ne dépasse pas *VitMAV*. Si la localisation est perdue, la phase d'initialisation (point 2 du paragraphe 6.2.) doit être exécutée à nouveau. Dans le cas contraire, dès que le train est à proximité d'un point d'arrêt permissif, le mode de conduite CMC (mode de contrôle CMC-PA) est automatiquement activé.

6.4. CIRCULATION SUR LES VOIES DE RACCORDEMENT

Les voies de raccordement étant équipées en SACEM, le conducteur est autorisé à circuler sur cette voie en mode de conduite CMC ou PA. Les principes sont les mêmes que sur la ligne principale.

6.5. PROCEDURE DE RETOURNEMENT

Pour effectuer un retournement, le conducteur (ou l'ATO) arrête le train sur la zone de retournement et change de cabine. Lorsque le conducteur active la cabine de départ après retournement, SACEM effectue le retournement de la localisation. Cette opération n'est pas instantanée et le train doit rester immobile pendant la recherche de sa position sur la branche inverse. Une procédure de retournement est donc établie :

- Lorsque le conducteur active la cabine de départ (en CMC ou PA) :
 - Le train ne se voit pas sur une zone de retournement :
 - le FU est déclenché,
 - le voyant CMP est éteint,
 - le voyant SV est allumé en fixe,
 - le conducteur doit revenir en CMC si il était en PA et appuyer sur le BP_MAV pour lever le FU et partir en CMP.
 - Le train se voit sur une zone de retournement :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- le FU est déclenché,
- le voyant CMP est allumé en fixe,
- le voyant SV est allumé en fixe,
- le conducteur attend.
- Une fois le retournement terminé :
 - la localisation sur la branche inverse est valide, le train est en amont du signal de départ et ce signal est permissif :
 - le FU est inhibé,
 - le voyant CMP est éteint,
 - le voyant SV est éteint,
 - le train peut partir en CMC ou en PA.
 - la localisation sur la branche inverse est valide, le train est en amont du signal de départ et ce signal est restrictif ou la localisation sur la branche inverse est valide et le train est en aval du signal de départ (quelque soit l'état du signal), ou la localisation sur la branche inverse est invalide :
 - le FU est toujours actif,
 - le voyant CMP clignote,
 - le voyant SV est allumé en fixe,
 - le conducteur doit revenir en CMC si il était en PA et appuyer sur le BP_MAV pour lever le FU et partir en CMP.

Le voyant CMP allumé en fixe est donc utilisé pour indiquer que le retournement de la localisation est en cours et que le conducteur doit attendre.

6.6. CARACTERISTIQUES DE SIGNALISATION

6.6.1. Signaux au rouge

L'aspect du signal rouge indique que le train doit s'arrêter. Une lumière de couleur blanche lunaire peut être fournie avec le signal principal : lorsque cette lumière est allumée, l'aspect rouge est considéré comme un signal d'espacement; lorsque la lumière est éteinte, l'aspect au rouge doit être considéré comme un signal d'itinéraire utilisé principalement pour la protection des aiguilles.

SACEM considère ces deux aspects comme étant un seul aspect : le signal rouge est un point d'arrêt à l'état restrictif (non franchissable si le mode de contrôle est CMC-PA). La position du point protégé dépendra de la présence éventuelle d'une section tampon (voir paragraphe 5.5.4).

Le signal n'est pas annulé.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

6.6.2. Signal vert

Ce signal indique que l'itinéraire est formé et qu'il n'y a aucun train sur le ou les circuit(s) de voie aval. L'affichage en cabine indique la vitesse maximale que le train peut atteindre en respectant le prochain point d'arrêt.

SACEM considère le signal vert comme un point d'arrêt à l'état permissif (non pris en compte quelque soit le mode de contrôle). Il est à noter que cet aspect peut être donné par un signal normal de ligne principale ou par un répétiteur (non utilisé par SACEM).

6.6.3. Signal simple - aspect jaune

Ce signal indique qu'il n'y a aucun train sur le ou les circuit(s) de voie aval mais que la vitesse du train doit être réduite pour prendre une voie déviée ou effectuer un service provisoire.

Dans les deux cas, l'opérateur doit réduire la vitesse du train et respecter la limite de 15 km/h, si aucune autre limite de vitesse n'est fournie par un indicateur IVA.

L'afficheur en cabine indique une vitesse de consigne qui prend en compte la nouvelle limite de vitesse.

SACEM considère le signal simple jaune comme un point d'arrêt à l'état permissif avec une limite de vitesse (équivalent à une LPV).

nota : la présence du feu de couleur blanche lunaire n'est pas prise en compte.

6.6.4. Signal double jaune

Cette indication ne peut être donnée que sur un répétiteur de signal et indique que l'aspect fourni par le prochain signal n'est pas vert.

SACEM ignore le signal double jaune.

6.6.5. Signal vert clignotant

Ce signal indique que l'itinéraire est formé et qu'il n'y a aucun train sur le circuit ou les circuit(s) de voie aval mais que la station en aval est occupée. L'affichage en cabine indique la vitesse maximale que le train peut atteindre en respectant le prochain point d'arrêt.

SACEM considère le signal vert clignotant comme un point d'arrêt à l'état permissif (non pris en compte quelque soit le mode de contrôle). Ce signal devra être suivi d'un point d'arrêt SACEM pour protéger la station.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

**ANNEXE A
MODELE SADT**

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE B

DEFINITION DES DONNEES

B.1. Identification des stations et des secteurs SACEM

L'identification des stations est composée uniquement d'un "numéro de station":

ligne 1			ligne 2			ligne 5		
numéro de station	nom de la station	numéro de secteur	numéro de station	nom de la station	numéro de secteur	numéro de station	nom de la station	numéro de secteur
1	San Pablo	21	31	Cal y Canto	11	51	Baquadano	1
2	Neptuno	21	32	Santa Ana	11	52	P. Bustamante	1
3	Pajaritos	22	33	Los Heroes	12	53	Santa Isabel	2
4	Las Rejas	22	34	Toesca	12	54	Irrarrazaval	2
5	Ecuador	22	35	Parque O'Higgins	13	55	Nuble	3
6	Pila Del Ganso	23	36	Rondizzoni	13	56	Rodrigo de Araya	3
7	U. Santiago	23	37	Franklin	14	57	C. Valdovinos	4
8	Est. Central	24	38	El Llano	14	58	Camino Agrícola	4
9	U.L.A.	24	39	San Miguel	15	59	San Joaquin	5
10	Republica	25	40	Lo Vial	15	60	Pedrerros	5
11	Los Heroes	25	41	Departamental	15	61	Mirador Azul	6
12	La Moneda	26	42	Ciudad del Nino	16	62	La Florida	6
13	U. de Chile	26	43	Lo Ovalle	16	63	Bellas - Artes	1
14	Santa Lucia	26	44	El Parron	17	64	Plaza de armas	7

Dossier de Spécification Système de l'ATC

15	U. Catolica	27	45	La Cisterna	17	65	Santa Ana	7
16	Baquedano	27	46	La Recoleta	18	66	R.Cumming	8
17	Salvador	28	47	Cerro Blanco	18	67	Libertad	8
18	M. Montt	28	48	Cementerios	19	68	Quinta Normal	8
19	P. De Vadiivia	28	49	Einstein	19	69	Vincent Valdes	9
20	Los Leones	29	50	Dorsal	19	70	Gruta de Lourdes	41
21	Tobalaba	29	81	Zapadores	20	71	Blanqueado	41
22	El Golf	29	82	A. Vespucio	20	72	Lo Prado	41
23	Alcantara	30				73	San Pablo	42
24	E. Militar	30				74	Pudahuel	42
25	Manquehue	30				75	Barranca	43
26	Hernando de Magallanes	31				76	Laguna Sur	43
27	Los Dominicos	31				77	Las Parcelas	43
						78	Monte Tabor	44
						79	Del Sol	44
						91	Santiago buenas	45
						92	Plaza de Maipu	45

- Dans les messages sol/bord, l'identification de la station est codée sur deux 2 quartets (MSB en premier).

B.2. Numéro de circuit de voie

Le circuit de voie est défini par son numéro dans les schémas de signalisation. Un même numéro pouvant référencer deux circuits de voie différents dans deux stations différentes, le circuit de voie est identifié à la fois par son numéro et par l'identifiant de station.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

B.3. Identification des trains

L'identification des trains est donnée au travers d'un bouchon codeur. Cette identification est composée :

- du type de train codé sur 2 bits,
- de la composition du train codée sur 2 bits,
- du numéro d'élément au sein de sa série codé sur 6 bits (0 à 63).

Les valeurs de codage sont les suivantes :

Train	Code sur le bouchon		Valeur sécuritaires prises en compte	
	Type	Composition	Type	Composition
NS74 rénové 7 voitures	01	00	Train 1	0
NS74, NS88 5 voitures	01	01	Train 1	1
NS74 6 voitures	01	10	Train 1	2
NS74 7 voitures	00	11	Train 1	4
NS74 8 voitures	01	11	Train 1	3
NS93 5 voitures	10	00	Train 2	0
NS93, NS93I 6 voitures	10	01	Train 2	1
NS93I 7 voitures	10	10	Train 2	2
NS93I 8 voitures	10	11	Train 2	3
NS2004 7 voitures	11	00	Train 3	0
NS2004 8 voitures	11	01	Train 3	1

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Remarques :

- Le train NS74 de 7 voitures est codé type 00, composition 11 dans le bouchon, mais les valeurs prises en compte dans la somme de contrôle sont type "Train 1", composition "4".
- Le train NS74 de 4 voitures n'existe pas. Son codage est réutilisé pour le train NS74 rénové de 7 voitures.

Après chaque changement de composition, les agents de maintenance ou d'exploitation doivent changer le bouchon codeur de manière à ne pas conserver une composition inadéquate qui pourrait avoir pour conséquence de dégrader la sécurité du système (longueur du train, et position de l'antenne : données sécuritaires).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE C
VALEURS NUMERIQUESC**CoefMajoration :**

Valeur : 1/35

signification : Coefficient de majoration de la vitesse imposée utilisé en plus de la majoration constante au dessus de VSeuilMajor.

CranLimitN8 :

A définir ultérieurement.

D**DArretPA :**

valeur : 3 m;

signification : distance entre le point d'arrêt PA et le signal avec zone tampon.

DArretPA_NS2004Tunnel :

valeur : 1 m;

signification : distance entre le point d'arrêt PA et la singularité de description du signal avec zone tampon, pour un train de type NS2004 en tunnel.

DBalAvantArret :

valeur : 65 m;

signification : distance maximale parcourue par l'antenne de lecture des balises entre la dernière balise de localisation et l'arrêt précis en station.

DBalAvantRetourn :

valeur : 150 m;

signification : distance maximale parcourue par l'antenne de lecture des balises avant un arrêt en fin d'une zone de retournement.

DEntre3Balises :

valeur : + 600 m;

signification : distance maximale entre 3 balises consécutives.

DErreurLocMax :

valeur : + 10 m;

signification : erreur maximale de la localisation.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

DGlissementPA :

valeur : 25 m;

signification : distance minimale entre le point protégé et le point visé par le PA pour assurer l'arrêt du train sans appliquer le FU. Cette valeur correspond à la plus grande des distances minimales pour tout les types de train dans toutes les conditions d'adhérence.

DGlissementPA_NS2004Tunnel :

valeur : 22 m;

signification : distance entre le point protégé et le point visé par le PA pour assurer l'arrêt du train sans appliquer le FU. Cette valeur correspond à la distance minimale pour un train de type NS2004 en adhérence normale (tunnel).

Cette valeur est donnée à titre indicatif pour expliquer l'utilisation de "DArretPA_NS2004Tunnel". La valeur prise en compte dans les contrôles pour tous type de train, doit être "DGlissement PA".

DistAntCabineXX :

valeur : Voir ANNEXE H;

signification : distance qui sépare l'antenne de lecture des balises de la tête du train (en fonction du types et de la composition du train).

DistMinPortes :

valeur : 2,11 m;

signification : plus petite distance entre l'extrémité du train et la première porte voyageur (parmi tous les types de train). Cette valeur n'est pas changée pour le NS 2004 (2,81).

DLongTrainXX :

valeur : Voir ANNEXE H;

signification : longueur du train (en fonction du types et de la composition du train).

DMaxRecalage :

valeur : **DErreurLocMax**;

signification : distance de relocalisation maximale.

DMinRecalage :

valeur : - 1 m;

signification : distance de relocalisation minimale.

DNonShunt :

valeur : 14,59 m;

signification : Cette distance est égale à la plus grande distance, pour les trois types de trains, entre l'extrémité de la voiture de tête et l'axe médian du second bogie de cette même voiture. Cette valeur n'est pas changée pour le NS 2004 (14,24 m).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

DPreciArretNS74 :

valeur : 0,5 m;

signification : tolérance en arrêt précis pour les rames NS74 et NS88.

DPreciArretNS93 :

valeur : 0,2 m;

signification : tolérance en arrêt précis pour les rames NS93.

DPreciArretNS2004 :

valeur : 0,2 m;

signification : tolérance en arrêt précis pour les rames NS2004.

DProxJoint :

valeur : + 20 m;

signification : distance de proximité d'un joint de CDV.

Cette distance, utilisée lors de l'activation du contrôle SACEM, est la distance à partir de laquelle on peut garantir que la voie est libre entre la tête du train et le joint de CDV.

DProxJointRet :

valeur : + 76 m;

signification : distance de proximité d'un joint de CDV.

Cette constante est utilisée à la place de *DProxJoint* uniquement après un retournement de localisation.

DTolerTete :

valeur : **DistMinPortes - DMinRecalage;**

signification : Tolérance sur le positionnement du train en station afin d'autoriser l'ouverture des portes.

E

ErreurLoc :

valeur : 1,69%;

signification : Valeur relative de l'erreur de localisation.

G

GammaFSTunnel :

valeur : voir ANNEXE H;

signification : valeur du gamma lors d'un freinage de service avec une adhérence en tunnel.

GammaFSAerien :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

valeur : voir ANNEXE H;

signification : valeur du gamma lors d'un freinage de service avec une adhérence en aérien.

M

MaxTransRatio :

valeur : 0,5;

signification : taux maximal de variants sécuritaires par rapport à l'ensemble des messages transmis.

MinTransRatio :

valeur : 0,1;

signification : taux minimal de variants sécuritaires par rapport à l'ensemble des messages transmis.

soit $(3 \times 84) / (5 \times 500) = 0,1$

T

TempsMoral :

valeur : 30 s;

signification : temps pendant lequel un itinéraire ne peut pas être annulé lorsqu'un train est sur le circuit de voie d'approche.

TMaintienFD :

valeur : 10 s;

signification : temps de contrôle du départ en PA.

TOuvPortesNS93 :

valeur : 7,5 s;

signification : temps d'application de la commande d'ouverture des portes du NS93.

TOuvPortesNS2004 :

valeur : 0,936 s; (3 cycles)

signification : temps d'application de la commande d'ouverture des portes du NS2004.

TOuvPortesNS2004 :

valeur : 0,936 s; (3 cycles)

signification : temps d'application de la commande d'ouverture des portes du NS2004.

TReactCond :

valeur : 2 s;

Dossier de Spécification Système de l'ATC

signification : temps de réaction du conducteur.

TRetardPortes :

valeur : 5,6 s; (18 cycles)

signification : Temps maximal entre l'ouverture des portes et l'arrêt complet du train. Ce temps correspond à un arrêt à 0,4 m/s² à partir de *VSeuilPorte* à laquelle on rajoute une marge de 3 cycles bord.

TRetardVibreurs :

valeur : 7,5 s;

signification : Temps minimal entre la commande d'ouverture des portes et la commandes des vibreurs (si ce temps n'est pas respecté, les portes d'un train NS74 ne s'ouvrent pas totalement).

TRetardN1 :

valeur : 0 s;

signification : différence de temps entre la marche tendue et la marche courante par km.

TRetardN2 :

valeur : 4 s;

signification : différence de temps entre la marche tendue et la marche courante par km.

TRetardN3 :

valeur : 6 s;

signification : différence de temps entre la marche tendue et la marche courante par km.

TRetardN4 :

valeur : 8 s;

signification : différence de temps entre la marche tendue et la marche courante par km.

TRetardN5 :

valeur : 10 s;

signification : différence de temps entre la marche tendue et la marche courante par km.

TValidLTV :

valeur : 20 minutes;

signification : durée de validité d'une LTV.

T1ValidVariant :

valeur : 3 minutes;

signification : durée de validité des variants concernant un point d'arrêt d'espacement.

T2ValidVariant :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

valeur : 5 s;

signification : durée de validité des variants "non liés" à un point d'arrêt d'espacement.

T1ValidVarIntersec :

valeur : 2 s;

signification : durée de validité des variants transmis sur une liaison intersecteur.

V

VitTIV1 :

valeur : 25 km/h + tolérance soit 29 Km/h;

signification : vitesse limite à appliquer au franchissement d'un "arrêt complexe" à l'état TIV1.

VitTIV2 :

valeur : 35 km/h + tolérance soit 39 Km/h;

signification : vitesse limite à appliquer au franchissement d'un "arrêt complexe" à l'état TIV2.

VLimitN7 :

valeur : 40 km/h;

signification : vitesse limite pour la marche N7.

VLimitN8 :

valeur : 30 km/h;

signification : vitesse limite pour la marche N8.

VitMAV :

valeur : 35 km/h + tolérance soit 39 Km/h;

signification : vitesse limite en Marche à vue.

VMajoration :

valeur : 4 km/h;

signification : Valeur de la majoration de vitesse en dessous de VSeuilMajor.

VSeuilArret :

valeur : 30 km/h;

signification : vitesse limite à partir de laquelle peut être déclenchée l'ordre d'arrêt.

VSeuilMajor :

valeur : 30 km/h;

signification : Seuil de vitesse à partir duquel on passe d'une majoration de vitesse constante à une majoration fonction de la vitesse.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

VSeuilPortes :

valeur : 3,4 km/h;

signification : seuil vitesse d'ouverture des portes (ouverture si Vitesse \leq VSeuilPortes).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE D
DESCRIPTION DES
MESSAGES SOL ATC -> BORD ATC

Les messages échangés entre l'équipement SACEM bord et l'armoire SACEM sol sont les suivants :

- invariants sécuritaires,
- variants sécuritaires,
- limitations temporaires de vitesse,
- invariants non-sécuritaires (non utilisés dans le cas de Santiago),
- variants non-sécuritaires,

Le tableau ci-dessous liste les types de messages utilisés :

Nom	But et type de l'information fournie	Type du message
LTV	Limitation temporaire de vitesse	long sécuritaire informations variables
variant	état de la signalisation et caractéristiques d'exploitation variables	court sécuritaire informations variables
synchrodate	synchronisation d'horloge entre matériel bord et sol	court non-sécuritaire informations variables
régulation	ordre de régulation et ordre "pas d'arrêt"	court non-sécuritaire informations variables
invariants	description de la voie	long sécuritaire informations fixes

Tableau 12 : Liste des messages

D.1 Description des invariants sécuritaires

Ces messages contiennent la description des "singularités" sécuritaires de la voie et le contrôle d'erreur assurant la sécurité du contenu informationnel de ces messages.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Il y a un message (≤ 512 bits) par segment; ainsi, on trouve autant de messages par tronçon qu'il y a de segments dans une tronçon (voir Principes SACEM de description de la voie page 32 pour la définition des sections et sous-sections).

La figure suivante décrit le format de la partie "INF" des éléments d'un message d'invariants sécuritaires :

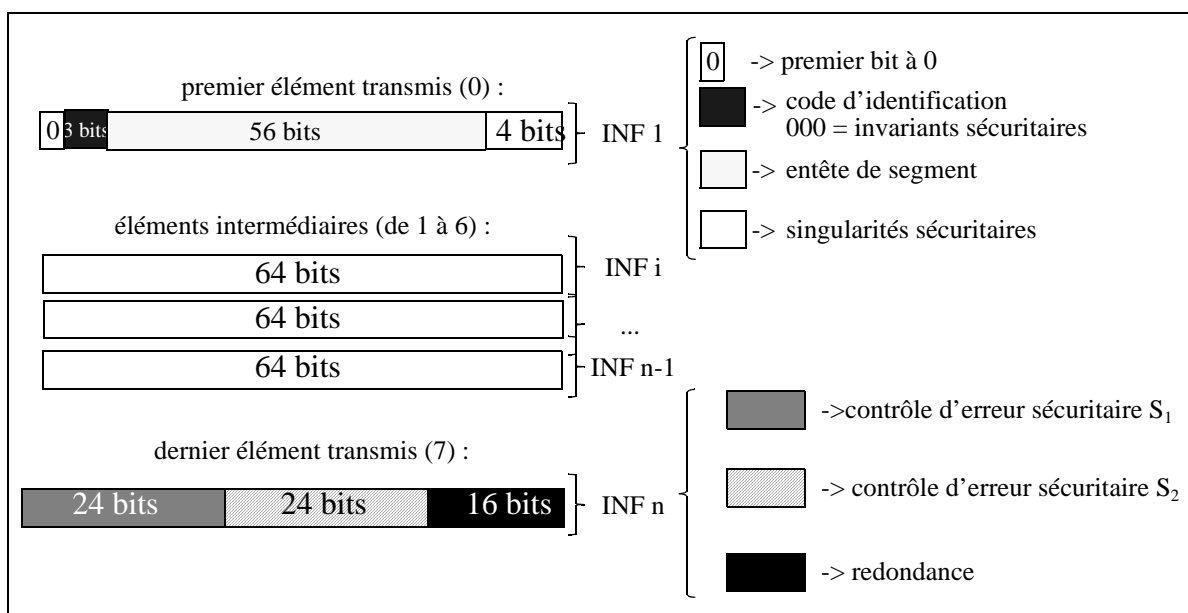


Figure. 53. partie "INF" des invariants sécuritaires

Chaque singularité¹ est décrite avec le format suivant :

- Format** : Format² de la singularité concernée
But : Présentation des fonctions remplies par la singularité,
Description : Description détaillée de chaque champ de la singularité.

Une singularité consiste en :

- un code indiquant la nature du bloc.
 Le code peut comprendre 4 bits (code 1 à 14, à l'exclusion du code 0), ou huit bits. Dans ce dernier cas, les quatre premiers sont affectés à 1111, tandis que les quatre derniers peuvent être affectés à une valeur de 0 à 15. En conséquence, le codage de 30 codes est possible.

1. Les singularités associées aux variants sécuritaires sont marquées par un ou plusieurs "*".
2. L'unité du format de base des invariants compactés est le "quartet" (formé de 4 bits consécutifs), les singularités sont présentées quartet par quartet.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- des données qui spécifient les attributs de la singularité décrite. Le chaînage d'abscisse indique l'incrément d'abscisse par rapport à la singularité précédente; l'entête étant l'origine des abscisses pour un segment.

Toutes les singularités utilisées au sein du système SACEM, listées dans le tableau suivant, sont décrites dans les pages suivantes.

Nom	But et type de l'information fournie	Nombre de variants	Code
Entête de segment	initialisation du train sur un segment; numéro de segment, numéro de canal + variants	0	1
Convergence	position d'aiguille convergente	0	2
Caractéristiques fixes	caractéristiques constantes de la ligne : PA autorisé/interdit, zone d'adhérence réduite, zone de manoeuvre	0	3
Caractéristiques commutables	réserve	1 / car.	4
Limitation permanente de vitesse	indication de vitesse permanente	0	5
Limitation de vitesse commutable	indication de vitesse commutable	1	6
Pente compensé	point de variation de la pente	0	9 ou 10
Point d'arrêt d'espace-ment	type et position de signal	1	11
Point d'arrêt simple	type et position de signal	2	12
Point d'arrêt complexe	réserve	3	13
Balise	type et position de balise	0	15-1
Retournement	retournement	0	15-2
Voie retour	NON UTILISE DANS L'APPLICATION SANTIAGO	0	15-3

Tableau 13 : Liste des singularités

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Nom	But et type de l'information fournie	Nombre de variants	Code
Station	caractéristique de station (quai et caractéristiques d'arrêt de service)	1 option	15-4
Report	distance entre deux invariants si nécessaire	0	15-5
Divergence	position d'une aiguille divergente	2	15-6
Extrémité simple	fin de segment et information anticipée sur le segment suivant	0	15-7
Extrémité chaînée	fin de segment et information anticipée sur le segment suivant	0	15-8
Point d'arrêt précis simple	position de point d'arrêt simple en station	0	15-9
Point d'arrêt précis double	position de point d'arrêt double en station	0	15-10
Point d'arrêt précis triple	position de point d'arrêt triple en station	0	15-11
Changement de canal	changement de canal de transmission	0	15-12
Point d'arrêt spécifique	description d'un signal fictif ou d'un signal réel rouge fixe (toujours restrictif)	0 ou 1	15-13

Tableau 13 : Liste des singularités

Le contenu du dernier élément d'un message (contrôle d'erreur + redondance) apparaît à la fin de chaque description.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.1.1. Description des singularités

ENTETE DE SEGMENT

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	0	0	1	Code (1)
quartet 2					Numéro de segment
quartet 3					
quartet 4					
quartet 5					
quartet 6					Numéro de canal
quartet 7					Numéro d'indice
quartet 8					Premier rang de variant
quartet 9					Caractéristique fixe
quartet10					Vitesse limite
quartet11					Réserve
quartet12					
quartet13					
quartet14					Valeur de la pente compensée initiale

But

Cette singularité est utilisée pour initialiser le train sur le segment concerné.

Description

- Numéro de segment :
Les secteurs et segments sont numérotés et chaînés entre eux. Les numéros de secteurs sont définis sur 10 bits, et les numéros de segments (0 à 3) sur les deux derniers bits.
- Numéro de canal :
Il s'agit d'un numéro compris de 0 à 15 donnant la fréquence et le mode du canal de transmission à compter de l'origine d'un segment.
- Numéro d'indice :
Il doit correspondre au numéro de version donné dans les messages LTV (voir Description des messages de variants sécuritaires page 33).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Rang du premier variant :
Cela correspond au rang du premier variant du segment dans les variants du tronçon courant (0 .. 15).
- Caractéristiques fixes :
Voir la définition du bloc d'information de caractéristiques fixes.
- Vitesse limite
Voir la définition du bloc d'information Limitation Permanente de Vitesse.
- Valeur de la pente compensée initiale (voir Annexe I CALCUL DES PENTES COMPENSEES) :

$$\text{Quantum : } \frac{1}{128} \text{ m/s}^2 = 0.0078125 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Champ : } [0.9921875 \text{ } \dots -1] \text{ m/s}^2$$

$$\left[\frac{101}{1000} , - \frac{101.9}{1000} \right] \text{ exprimé en } \text{‰}$$

NOTE

Les caractéristiques fixes, vitesse limite et valeurs de pente compensée doit être compatible avec les valeurs des segments amont.

Introduction des trains NS2004

Les invariants sont générés en prenant en compte les caractéristiques des trains pouvant circuler sur la ligne. Afin de permettre l'introduction des trains NS2004 sans perturber l'exploitation, il faut distinguer les invariants générés avec et sans prise en compte de ce train. Pour cela, le "Numéro d'indice" (ou "Numéro de version") est utilisé de la manière suivante :

- Indice 1, invariants sans train NS2004
- Indice 2, invariants avec train NS2004.

A la réception des invariants, le train applique le décompactage correct en fonction du "Numéro d'indice" (ou "Numéro de version").

En cas d'erreur de prise en compte du type de décompactage ou de discordance entre le "Numéro d'indice" dans l'entête du segment et le "Numéro de version" dans la LTV associée, les invariants obtenus après décompactage seront inutilisables. L'utilisation de ces invariants provoquera une mise hors code du logiciel ATP.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CONVERGENCE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	0	1	0	Code (2)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					

But

Utilisée pour indiquer l'abscisse d'une aiguille vers laquelle la fin d'un segment converge. En conséquence, cela définit l'origine d'une nouvelle branche où le numéro est incrémenté par rapport à la précédente.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5m.
: champ = [0 .. 127.5m].

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CARACTERISTIQUES FIXES

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	0	1	1	Code (3)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					Caractéristiques fixes

But

Cette singularité définit les zones suivantes :

- Zone PA :
indique si le PA est autorisé ou interdit sur la zone,
- Zone d'adhérence réduite :
les valeurs de freinage garanti dépendent de l'adhérence,
- Zone IFS
indique si l'IFS est autorisé ou non.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 8m,
: champ = [0 ..120m]
- Définition des caractéristiques fixes :
Ceci indique qu'une caractéristique au moins change au point kilométrique considéré.

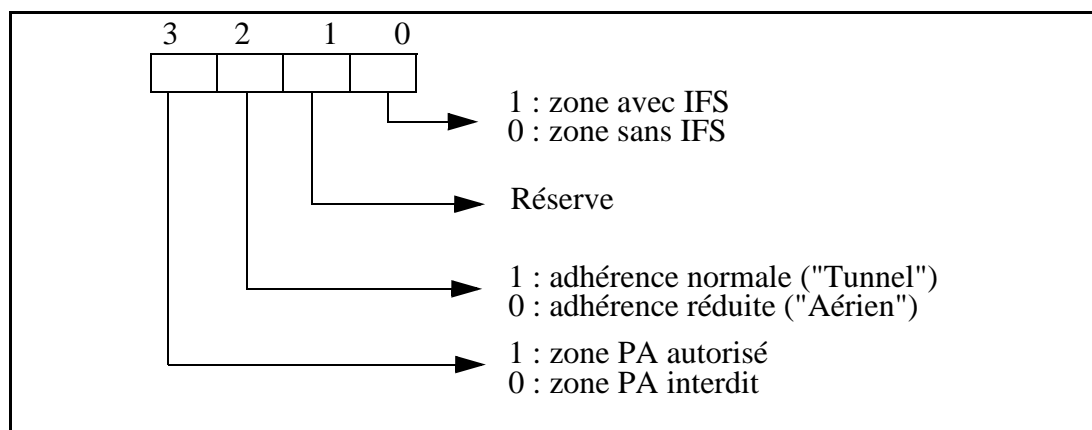


Figure. 54. Définition des caractéristiques fixes

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CARACTERISTIQUES COMMUTABLE *

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	1	0	0	Code (4)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					

But

conservé à des fins de compatibilité.

Description

identique aux caractéristiques fixes.

L'état des caractéristiques est donné par un variant. Ces caractéristiques sont valides tant que aucune caractéristique du même type (fixe ou commutable) n'est rencontrée.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

LIMITATION PERMANENTE DE VITESSE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	1	0	1	Code (5)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					
quartet 4					Valeur de vitesse

But

Indique le point d'exécution d'une limite permanente de vitesse ainsi que la vitesse à appliquer.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 8m,
: champ = [0 ..120m]

Valeur de vitesse :

quantum = 5 km/h, sauf pour le code 5 qui correspond à 28km/h au lieu de 25.

champ = [0 .. 31] soit [0 .. 160 km/h]

Cette vitesse limite est valide jusqu'à la prochaine limitation de vitesse.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

LIMITATION DE VITESSE COMMUTABLE *

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	1	1	0	Code (6)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					
quartet 4					Valeur de vitesse

But

Indique le point d'exécution d'une limite de vitesse applicable en fonction de l'état du variant associé ainsi que la vitesse à appliquer.

Exemple d'utilisation : limite de vitesse en fonction d'un itinéraire.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 8m,
: champ = [0 ..120m]
- Valeur de vitesse :
voir la définition de la singularité "Limitation Permanent de Vitesse".
- Un variant sécuritaire est associé à chaque limitation de vitesse commutable. Il indique si le train doit respecter ou non la limitation de vitesse :
 - variant = 0 => limitation appliquée,
 - variant = 1 => limitation ignorée.

Limite d'utilisation et précautions à considérer :

- La valeur de vitesse indiquée par la limitation commutable doit être inférieure à la précédent limite de vitesse.
- Si une limite de vitesse commutable est située entre l'entête de segment et le premier signal après la balise d'initialisation, la limite de vitesse est appliquée pour tous les trains qui s'initialisent sur cette balise.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

PENTE COMPENSEE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	0	0	1	Code (9) : rampe; (10) : pente.
	1	0	1	0	
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					
quartet 4					Valeur de pente compensée

But

Indique un point de rupture de pente, son signe (au travers du code) et sa nouvelle valeur.
Se référer à l'annexe I pour le calcul des pentes compensées.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 8m.
: champ = [0 ..120m]
- Valeur de la pente compensée :
quantum = 0.0078125 m/s² i.e. 0.79/100
champ = [0 ..+1.9921875 m/s²] i.e. [0 ..+203/1000]

NOTE :

Le profil compensé établi à partir des pentes compensées peut être utilisé directement pour calculer l'énergie des trains (voir l'Annexe I CALCUL DES PENTES COMPENSEES).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

POINT D'ARRÊT D'ESPACEMENT *

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	0	1	1	Code (11)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					

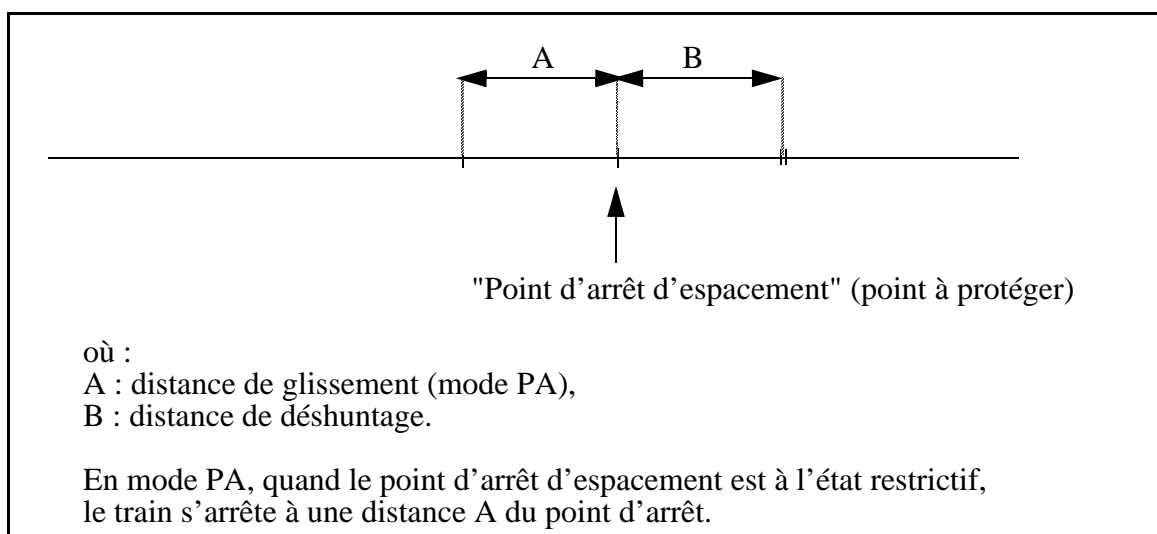


Figure. 55. Définition du point d'arrêt d'espacement

But

Indique la localisation d'un point d'arrêt sans signal. La déclaration de ces points inclue la distance de déshuntage. Le conducteur s'arrête après avoir reçu un ordre d'arrêt.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5 m.
champ = [0.. 127.5m]
- Un bit de variant sécuritaire est associé à chaque point d'arrêt d'espacement (voir D.2 "Description des messages de variants sécuritaires"). Il indique l'état d'occupation de la voie jusqu'au prochain point d'arrêt :
 - variant = 0 → point d'arrêt restrictif,
 - variant = 1 → point d'arrêt permissif.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

POINT D'ARRÊT SIMPLE **

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	0	0	Code (12)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					
quartet 4					Caractéristique du point d'arrêt

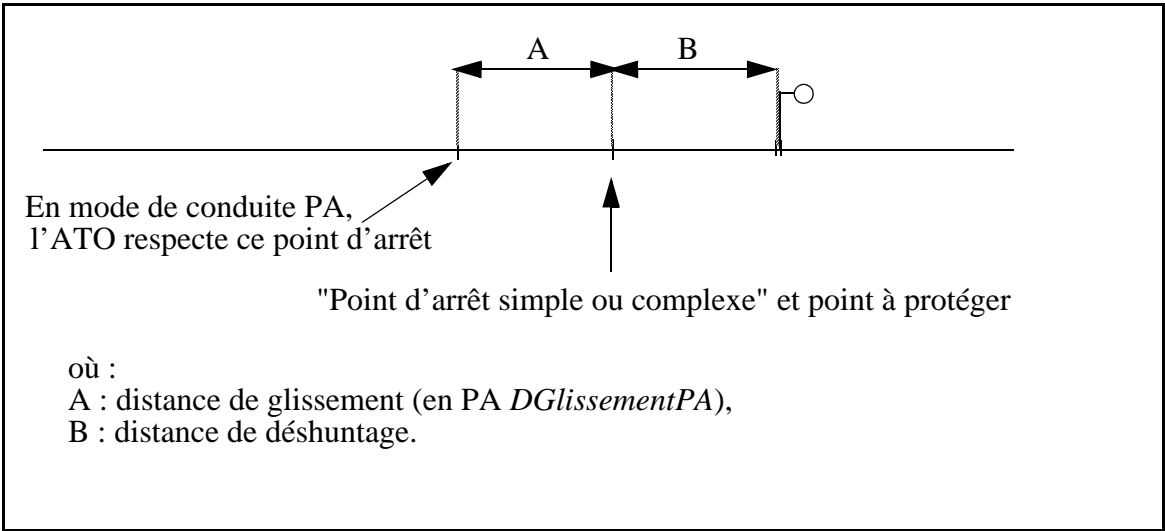


Figure. 56. Définition d'un point d'arrêt simple ou complexe sans section tampon

Dossier de Spécification Système de l'ATC

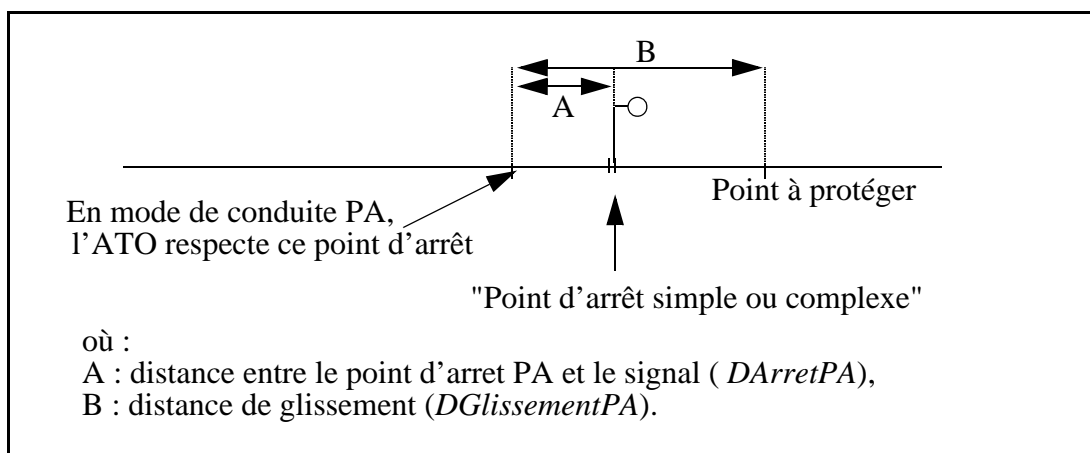


Figure. 57. Définition d'un point d'arrêt simple ou complexe avec section tampon

But

Indique la présence et la position d'un point d'arrêt associé à un signal simple.

En fonction de l'existence d'une zone tampon, la déclaration doit inclure la distance de déshuntage ou cette dernière est incluse dans la zone tampon.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5 m.
champ = [0 .. 127.5m]
- Deux bits de variants sécuritaires sont associés à chaque point d'arrêt spécial (voir "D.2, Description des messages de variants sécuritaires").
 - premier variant = 0/1 → état restrictif / état permissif,
 - second variant → non utilisé dans l'application Santiago.
- caractéristique :
 - bit 0 : réserve,
 - bit 1 : indication de zone tampon,
 - bit 2 : réserve,
 - bit 3 : présence d'une aiguille avec un enclenchement temporisé entre le début de la section tampon et le point à protéger.

Remarque : lorsque le bit 3 est à 1 (vrai), la section tampon est prise en compte quel-que soit l'état du bit 1.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

POINT D'ARRÊT COMPLEXE ***

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	0	1	Code (13)
quartet 2					Chaînage d'abscisse
quartet 3					
quartet 4					Caractéristiques

But

indique l'existence d'un point d'arrêt associé à un signal.

Ce point correspond à la localisation d'un signal pour un arrêt précis.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5 m.
champ = [0 .. 127.5m]
- Trois bits de variants sécuritaires sont associés à chaque point d'arrêt complexe (voir "D.2, Description des messages de variants sécuritaires) indiquant :
 - variants = 000 → point d'arrêt restrictif,
 - variants = 001 → non utilisé dans l'application Santiago,
 - variants = 010 → non utilisé dans l'application Santiago,
 - variants = 011 → non utilisé dans l'application Santiago,
 - variants = 100 → permissif avec restriction de vitesse *VitTIV1*,
 - variants = 101 → permissif avec restriction de vitesse *VitTIV2*,
 - variants = 110 → permissif,
 - variants = 111 → non utilisé dans l'application Santiago.
- caractéristique :
 - bit 0 : réserve,
 - bit 1 : indication de zone tampon,
 - bit 2 : réserve,
 - bit 3 : réserve.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

BALISE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-1)
quartet 2	0	0	0	1	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					Type de balise

But

indique la localisation et le type de la balise (voir "5.3.3, Localisation SACEM", pour l'utilisation des différents types de balise).

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5m
champ = [0 .. 127.5m].
Les balises d'initialisation et de relocalisation sont décrites dans les invariants à leur abscisse réelle + "une fenêtre de relocalisation".
- Type de balise
 - 2 → Relocalisation, code 1
 - 4 → Relocalisation, code 2
 - 7 → Initialisation au vol.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

RETOURNEMENT

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-2)
quartet 2	0	0	1	0	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					Numéro de segment inverse
quartet 6					
quartet 7					
quartet 8					Numéro de branche inverse
quartet 9					Abscisse sur la branche inverse
quartet10					
quartet11					
quartet12					Longueur de la zone de retournement
quartet13					

But

Indiquer la localisation d'un point de retournement et fournir les informations nécessaires à la localisation dans la direction inverse.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0,5 m
champ = [0 ..127,5 m]

Le chaînage d'abscisse donne le point de début de zone de retournement.

- Numéro de segment inverse
- Numéro de branche inverse
- Abscisse sur la branche inverse
: quantum = 0,25 m
: champ = [0 ..1023,75 m]

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Longueur de la zone de retournement
 - : quantum = 2 m
 - : champ = [0 .. 510 m].

Dossier de Spécification Système de l'ATC

STATION

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-4)
quartet 2	0	1	0	0	
quartet 3					Chaînage d'abscisse (Début du quai)
quartet 4					
quartet 5					Longueur du quai
quartet 6					
quartet 7					Caractéristiques de la station
quartet 8					
quartet 9					Numéro de station
quartet10					

But

utilisé pour décrire les caractéristiques de la station.

Description

- Chaînage d'abscisse "début de quai" : Marque le point d'entrée en station.
: quantum = 0,5 m.
: champ = [0 .. 511,5 m].
- Longueur du quai :
: quantum = 0,5 m.
: champ = [0 .. 511,5 m].

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Caractéristiques de la station :

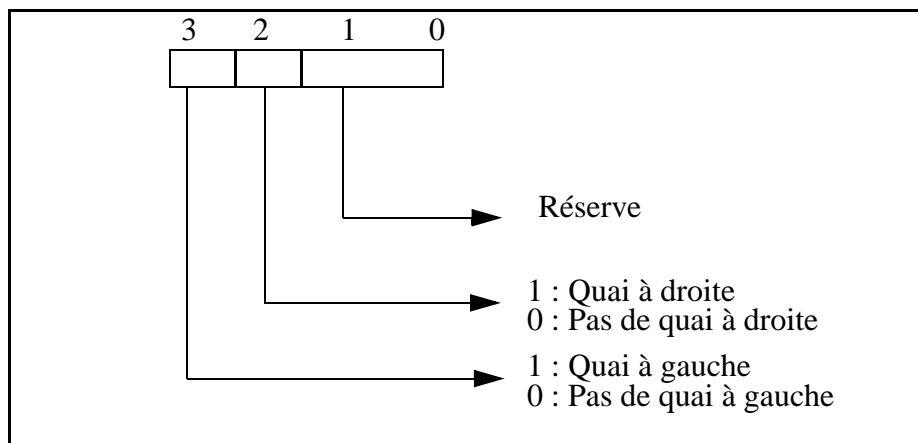


Figure. 58. Caractéristiques de station

- Numéro de station (Voir annexe B.1. "Identification des stations et des secteurs SACEM").

Dossier de Spécification Système de l'ATC

REPORT

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-5)
quartet 2	0	1	0	1	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					

But

Ceci permet de chaîner deux invariants lorsqu'ils sont trop distants.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 4 m.
champ = [0 .. 1020 m].

Dossier de Spécification Système de l'ATC

DIVERGENCE **

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-6)
quartet 2	0	1	1	0	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					Réserve
quartet 6					
quartet 7					Numéro de branche normale

But

indique l'abscisse où se situe une aiguille divergente et le numéro de la branche normale, puisque le numéro de branche déviée est obtenu par simple incrémentation (voir "5.3.1, Principes SACEM de description de la voie").

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5m.
: champ = [0 .. 127.5m].
- Numéro de branche normale
Cette information redondante facilite le chaînage après une divergence.
- Les deux bits de variants donnent l'état de la divergence :
 - 00 = décontrôlée,
 - 01 = position normale,
 - 10 = position déviée,
 - 11 = erreur.

Seules les combinaisons "01" et "10" permettent d'assurer une circulation des trains correcte en aval de la divergence. Si "00" ou "11" est détectée, l'équipement bord ATC considérera la divergence comme un point d'arrêt restrictif.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

EXTREMITE SIMPLE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-7)
quartet 2	0	1	1	1	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					Incrément du numéro de segment
quartet 6					Rang du premier variant anticipé
quartet 7					Nombre de variants anticipés

But

définit la fin d'un segment en terme de localisation et de chaînage avec le segment suivant.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5m.
: champ = [0 .. 127.5m].
- Incrément du numéro de segment :
Valeur de + 1 à + 15 additionnée au numéro de segment pour obtenir le numéro suivant.
La valeur 0 signifie que le segment suivant est 0, i.e. que l'extrémité concernée correspond à une fin de zone équipée SACEM.
- Rang du premier variant anticipé :
La connaissance anticipée d'un ou plusieurs variants appartenant au(x) secteur(s) aval(s) est quelquefois nécessaire. Ceci constitue l'anticipation (voir section 5.3.2.2.1). L'information "rang du premier variant anticipé" auquel on ajoute + 8 donne la position, dans le message de variant courant, du premier variant anticipé.
- Nombre de variants anticipés :
La somme du rang du premier variant d'anticipation et du nombre de variants anticipés ne doit pas excéder 22.
Une valeur de ce champ égale à 0 indique qu'il n'y a pas d'anticipation, i.e. l'extrémité est chaînée sur un segment appartenant au même tronçon.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

EXTREMITE CHAINEE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-8)
quartet 2	1	0	0	0	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					Numéro de segment aval
quartet 6					
quartet 7					
quartet 8					Numéro de branche
quartet 9					Rang du premier variant anticipé
quartet10					Nombre de variants anticipés

But

définit l'extrémité d'un segment en regard de la localisation et du chaînage du segment suivant.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5m.
: champ = [0 .. 127.5m].
- Numéro de segment aval :
Ce numéro est exprimé sur 12 bits (numérotation absolue).
Le numéro zero indique que l'extrémité correspond à une fin de zone équipée SACEM.
- Numéro de branche :
Il s'agit de la branche du segment sur lequel l'extrémité définie est chaînée. Si ce numéro est différent de zéro, cela signifie que "l'extrémité chaînée" est associée à une aiguille convergente.
- Rang du premier variant d'anticipation (idem extrémité simple),
- Nombre de variants anticipés (idem extrémité simple).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

CHANGEMENT DE CANAL

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-12)
quartet 2	1	1	0	0	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					Numéro de canal

But

Singularité permettant d'effectuer un changement de canal de transmission qui n'est pas localisé à un changement de segment.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 8m.
: champ = [0 .. 120m].
- Numéro de canal de transmission continue :
Cette valeur de 4 bits peut représenter une valeur de 0 à 15. Cela permet de déduire la valeur de la fréquence porteuse à partir de la table de correspondance suivante :

Numéro de canal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Fréquence porteuse (kHz)	20 P	25 P	30 P	35 P	40 P	45 P	50 P	55 P	60 P	65 P	70 P	75 P	30 D	35 D	40 D	45 D

Les valeurs de canaux de transmission utilisés dans l'application de Santiago sont 12, 13 et 15.

Remarque :

- P signifie transmission parallèle,
- D signifie transmission différentielle.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

POINT D'ARRET PRECIS SIMPLE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-9)
quartet 2	1	0	0	1	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					

But

utilisé pour décrire les caractéristiques du point d'arrêt précis simple. Cette singularité fonctionnelle n'intervient pas dans le calcul de la somme de contrôle des invariants.

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0,125 m.
: champ = [0 .. 511,5 m].

Dossier de Spécification Système de l'ATC

POINT D'ARRÊT PRECIS DOUBLE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-10)
quartet 2	1	0	1	0	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					
quartet 6					Longueur max. du train pour 1er arrêt
quartet 7					
quartet 8					Chaînage d'abscisse vers le deuxième point d'arrêt

But

décrit les caractéristiques d'un point d'arrêt précis double. Cette singularité fonctionnelle n'intervient pas dans le calcul de la somme de contrôle des invariants.

Description

- Chaînage d'abscisse :
quantum = 0,125m.
champ = [0 .. 511,5 m].
- Longueur de train maximale pour prise en compte du premier point d'arrêt :
quantum = 4 m.
talon = 50 m.
champ = [50 .. 174 m].

Cette information est utilisée par le train pour choisir son point d'arrêt en fonction de sa longueur.

- Chaînage d'abscisse pour le second point d'arrêt : cette distance est donnée entre le premier et le deuxième point.
quantum = 0,5 m.
champ = [0 .. 63,5 m].

Dossier de Spécification Système de l'ATC

POINT D'ARRÊT PRECIS TRIPLE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-11)
quartet 2	1	0	1	1	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					
quartet 6					Longueur min. du train pour 1er arrêt
quartet 7					Chaînage d'abscisse vers le deuxième point d'arrêt
quartet 8					
quartet 9					Longueur min. du train pour 2ème arrêt
quartet10					Chaînage d'abscisse vers le troisième point d'arrêt
quartet11					

But

décrit les caractéristiques d'un point d'arrêt précis donnant la position de la queue du train. Ce point d'arrêt est utilisé à contre sens dans les terminus (retournement en avant gare) pour garantir un arrêt des trains au même point quelque soit le sens de parcours. Cette singularité n'intervient pas dans le calcul de la somme de contrôle des invariants.

Description

- Chaînage d'abscisse :
 quantum = 0,125m.
 champ = [0 .. 511,5 m].
- Longueur de train minimale pour prise en compte du premier point d'arrêt :
 quantum = 4 m.
 talon = 50 m.
 champ = [50 .. 174 m].

Cette information est utilisée par le train pour déterminer le point d'arrêt qu'il doit considérer en fonction de sa longueur.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Chaînage d'abscisse pour le second point d'arrêt : il s'agit de la distance entre premier et deuxième point d'arrêt :
quantum = 0,5 m.
champ = [0 .. 63,5 m].
- Longueur de train minimale pour prise en compte du second point d'arrêt :
quantum = 4 m.
talon = 50 m.
champ = [50 .. 174 m].

Cette information est utilisée par le train pour déterminer le point d'arrêt qu'il doit considérer en fonction de sa longueur.

Remarque : cette information n'est pas utilisée dans cette application et doit toujours contenir la valeur 50.

- Chaînage d'abscisse pour le troisième point d'arrêt : il s'agit de la distance entre deuxième et troisième point d'arrêt :
quantum = 0,5 m.
champ = [0 .. 63,5 m].

Remarque : cette information n'est pas utilisée dans cette application et doit toujours contenir la valeur 0.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

POINT D'ARRET SPECIFIQUE (*)

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1	1	Code (15-13)
quartet 2	1	1	0	1	
quartet 3					Chaînage d'abscisse
quartet 4					
quartet 5					Caractéristiques

But

indique l'existence d'un point d'arrêt associé à :

- un signal fictif,
- un signal réel rouge fixe (toujours restrictif).

Description

- Chaînage d'abscisse : quantum = 0.5 m.
champ = [0 .. 127.5m]
- Si ce point d'arrêt n'est pas un signal rouge fixe, un bit de variant sécuritaire lui est associé (voir D.2 "Description des messages de variants sécuritaires"). Il indique l'état du point d'arrêt :
 - variant = 0 → point d'arrêt restrictif,
 - variant = 1 → point d'arrêt permissif.
- caractéristique :
 - bit 0 : réserve,
 - bit 1 : indication de zone tampon,
 - bit 2 : indication signal rouge fixe sans variant,
 - bit 3 : présence d'une aiguille avec un enclenchement temporisé entre le début de la section tampon et le point à protéger.

Remarque : lorsque le bit 3 est à 1 (vrai), la section tampon est prise en compte quelque-soit l'état du bit 1.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.1.2. Dernier élément d'un message d'invariants

- Contrôle d'erreur sécuritaire :
Les invariants sécuritaires ne sont pas datés.
Leur validité temporelle est assurée par les LTV correspondantes (à chaque segment, donc message d'invariants, est associé une LTV).
Une somme de contrôle sécuritaire assure la protection de chaque champ de n invariants Invar(i) (avec l'indice i variant de 1 à n) contenus dans le message ainsi que des valeurs d'énergies potentielle et cinétique précalculées.
- Champ redondance :
La redondance des messages longs est basée sur l'utilisation d'un code BCH cyclique (511, 492); les puissances successives des racines du polynôme générateur étant p=0,1, 3.
Le polynôme générateur est :

$$G(x) = x^{19} + x^{18} + x^{16} + x^{15} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 + x + 1$$

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.2 Description des messages de variants sécuritaires

Ces messages consistent en un unique élément (d'où leur dénomination de messages courts), les champs "INF" et "DECOD" (voir "5.3.2.2.3, Description des messages de transmission continue") sont décrits dans la figure suivante :

Messages de variants sécuritaires

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	1			Identification
quartet 2					Variants courants
quartet 3					+
quartet 4					Variants anticipés
quartet 5					
quartet 6					
quartet 7					
quartet 8					
quartet 9					Champ 1 de la somme de contrôle S
quartet10					
quartet11					
quartet12					
quartet13					
quartet14					Champ 2 de la somme de contrôle S
quartet15					
quartet16					
quartet17	1	0	0	x	"DECOD"
quartet18	x	x			

But

Les variants sécuritaires donnent l'état de la signalisation et les caractéristiques d'exploitation variables. Le format des variants ne dépend pas de la position des trains (la transmission est dite "décantonnée").

Dossier de Spécification Système de l'ATC

L'équipement bord ATC utilise le contenu des invariants pour décoder la signification de chaque bit de variant (correspondance "invariants/variants").

Description

- Variants (courant + anticipé)
Les variants courants correspondent aux singularités du segment courant.
Les variants anticipés correspondent aux singularités des segments suivants (un ou deux segments).
Le nombre de variants courants est inférieur ou égal à 15 (rang du premier variant sur 4 bits)
Le nombre de variants anticipés est inférieur à 15 (rang du premier variant anticipé ≥ 8 , rang du dernier variant anticipé, ≤ 22).
Le nombre réel de variants (courant et anticipé) est spécifique à chaque tronçon. Le nombre de variants anticipés dépend de la distance d'anticipation requise.
- La somme de contrôle S assure la sécurité du message de variants en comprenant :
 - le **rang i** de l'information variable envoyée dans le message (i varie de 1 à 22), sous la forme de coefficients $\theta_1^{(24-i)}$ et $\theta_2^{(24-i)}$ où θ_1 et θ_2 sont les deux champs d'une constante codée.
Ceci évite toute **confusion entre variants**.
 - les champs de contrôle des **22 informations variables** envoyés.
Ceci permet d'assurer la détection de toute **altération dans les valeurs** des variants.
 - les champs de contrôle associés au **numéro de tronçon**.
Ceci assure la **correspondance entre les invariants et les variants associés**.
 - les champs de contrôle associés à la **date de création du message de variants**.
Cette information est utilisée en embarqué pour vérifier périodiquement le rafraîchissement des variants sécuritaires, en comparant la date de l'élément transmis et la date de la "transmission locale" train.
- DECOD
Le champ "DECOD" pour les messages de variants sécuritaires est composé des :
 - 3 premiers bits : 100 ("message sécuritaire court")
 - 3 derniers bits : bits de poids faible de la date de création. La date de création est utilisée pour garantir la validité temporelle des messages de variants sécuritaires (voir "5.3.2.2.9, Durée de validité de messages sécuritaires")

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.3 Description des messages LTV (Limitation Temporaire de Vitesse)

La figure suivante donne la structure de la partie "INF" des éléments d'un message de limitation temporaire de vitesse :

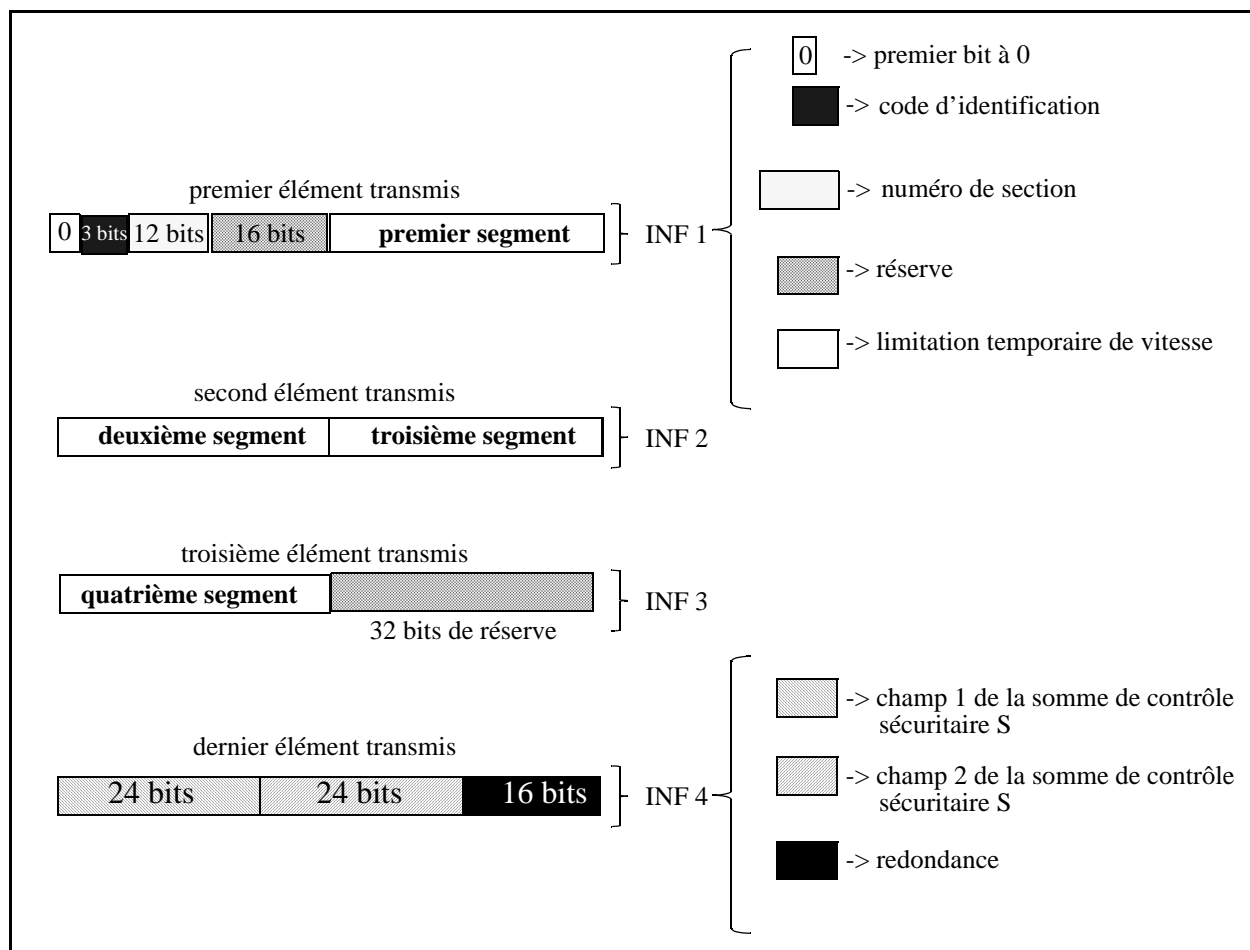


Figure. 59. Partie "INF" de message de Limitation Temporaire de Vitesse

La partie informationnelle (trois premiers éléments de message) est décrite ci-dessous.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.3.1. Partie informationnelle

LTV

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	0	0	1	Code (1)
quartet 2	Numéro de tronçon				
quartet 3					
quartet 4					
quartet 5	Réserve				
quartet 6					
quartet 7					
quartet 8					
quartet 9,17, 25, 33	Numéro de version				
quartet 10, 18, 26, 34					
quartet 11, 19, 27, 35	Vitesse				
quartet 12, 20, 28, 36					
quartet 13, 21, 29, 37	Abscisse				
quartet 14, 22, 30, 38					
quartet 15, 23, 31, 39	Longueur				
quartet 16, 24, 32, 40					
	Numéro de branche				

But

Les limitations temporaires de vitesse permettent la modification des caractéristiques des limitations de vitesse des invariants sécuritaires.

De plus, puisque les invariants peuvent être modifiés, on doit s'assurer que la version utilisée est bien la version opérationnelle. Ainsi, les messages de LTV contiennent le numéro de version des invariants utilisés.

Description

- Pour l'ensemble des LTV :

- Numéro de tronçon

Ce numéro désigne le tronçon sur lequel les LTV sont appliquées.

Le numéro de tronçon est défini sur 12 bits, parmi lesquels 10 sont significatifs. Les deux

Dossier de Spécification Système de l'ATC

derniers bits sont affectés au numéro de segment. Quatre segments sont décrits dans un message de LTV même si le tronçon comprend moins de 4 segments. Dans ce cas, des valeurs par défaut sont données aux "segments inexistants".

- Pour chaque LTV :

- Numéro de version

Il s'agit du numéro de version du segment. Ce numéro doit correspondre à celui donné dans les entêtes de segments pour pouvoir utiliser les invariants et leurs modifications associées. Le numéro 0 indique qu'il n'y a pas d'index et ne permet pas l'utilisation des invariants sur le segment concerné.

Voir la note sur l'introduction des trains NS2004 dans la description de l'entête d'un segment (paragraphe D.1 D.1 "Description des invariants sécuritaires").

- Vitesse tabulée

Voir la définition d'un bloc d'information Limitation Permanente de Vitesse.

Si il n'y a pas de LTV sur le segment, la valeur de la vitesse tabulée est sans importance.

- Abscisse sur une branche : quantum = 8m.

: champ = [0, 2040 m].

Il s'agit de l'abscisse à partir de laquelle la limitation s'applique. L'origine des abscisses correspond à celle de la branche. Si il n'y a pas de LTV sur le segment, la valeur de l'abscisse sur la branche est sans importance.

- Longueur : quantum = 8m.

: champ = [0, 2040m].

Il s'agit de la longueur de validité de la limitation de vitesse. Si il n'y a pas de LTV sur le segment, la valeur de "Longueur" est sans importance.

- Numéro de branche

Il s'agit de la branche à partir de laquelle la limitation de vitesse s'applique.

Le numéro de branche 15 indique qu'il n'y a pas de LTV sur le segment.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.3.2. Dernier élément du message LTV

- Somme de contrôle sécuritaire
Ceci permet de vérifier la validité informationnelle et temporelle en relation avec la date d'élaboration de message. Les 3 bits de poids faible de la partie DECOD des quatre éléments permettent de retrouver cette date.
Le marquage par le code de numéro de tronçon n'est pas nécessaire, puisque ce dernier est inclus dans la partie information du message.
Cette somme de contrôle assure la protection de chaque champ des données LTV contenus dans le message. Notons que contrairement aux messages d'invariants, il n'y a pas de valeur d'énergies potentielle et cinétique précalculées.
- Redondance
identique à la redondance des invariants sécuritaires.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.4 Description des messages courts non sécuritaires

Les messages courts non sécuritaires sont constitués d'un seul élément.

La composition de la partie "INF" des messages courts non sécuritaires est décrite dans la figure suivante :

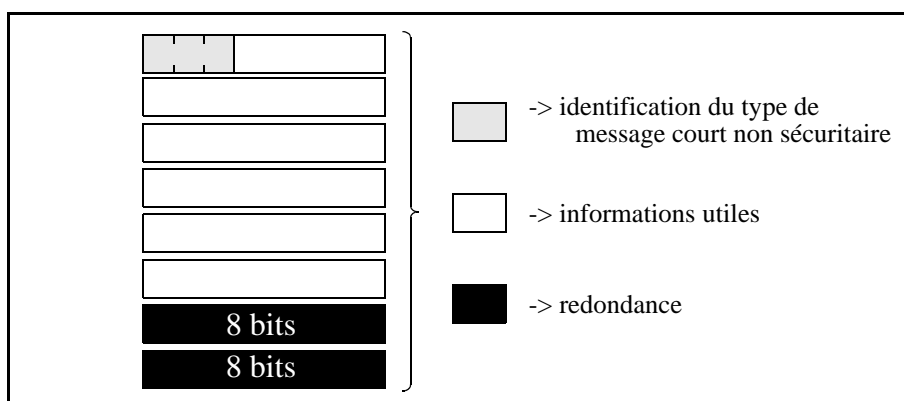


Figure. 60. Partie "INF" des messages de variants non-sécuritaires

Ces messages ne sont pas datés. Les trois premiers bits du message permettent d'identifier le type de message court non sécuritaire :

- 000 : Synchro date
- 111 : Regulation
- autres valeurs : pas utilisées

Le champ informations utiles de chaque type de message est décrit dans les paragraphes suivants.

Les deux octets du champ redondance sont calculés à l'aide d'un code cyclique BCH C (63-48) de 15 bits de redondance permettant la détection des erreurs de transmission.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.4.1. Description du champ informations utiles du message de synchro date

SYNCHRODATE

bit	3	2	1	0	
quartet 1	0	0	0		IDENTIFICATION / RESERVE
quartet 2					RESERVE
quartet 3					
quartet 4					
quartet 5					HEURE SECURITAIRE
quartet 6					
quartet 7					
quartet 8					
quartet 9					
quartet10					
quartet11					
quartet12					

But

utilisé pour synchroniser les horloges des équipements sol et bord. Cette synchronisation est nécessaire afin d'assurer que les messages sécuritaires datés (variants et messages LTV) soient pris en compte par l'équipement bord de manière sécuritaire.

Description

- heure sécuritaire
L'heure sécuritaire de l'équipement bord se voit affectée de cette valeur. L'heure est rafraîchie à chaque cycle sol et mise à jour quand une valeur d'horloge plus "avancée" est reçue.

NOTE :

1. L'heure d'élaboration des messages de transmission continue utilisée pour calculer la somme de contrôle est régénérée à partir de cette valeur. Les bits de poids faible de la partie DECOD des éléments de transmission continue représentent les bits de poids faible de cette heure.
2. L'heure sécuritaire est la valeur de l'horloge interne SACEM.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

D.4.2. Description du champ informations utiles du message de régulation

REGULATION

bit	3	2	1	0	
quartet 1	1	1	1		IDENTIFICATION
quartet 2					NUMERO DE STATION
quartet 3					
quartet 4					NUMERO DE MARCHE-TYPE
quartet 5			X	Y	INFORMATION COMPLEMENTAIRE
quartet 6					RESERVE
quartet 7					
quartet 8					
quartet 9					
quartet10					
quartet11					
quartet12					

But

recevoir de l'ATS les ordres de régulation.

Description

- Identification de la station : Numéro de la station où la régulation doit être appliquée (voir annexe B.1. "Identification des stations et des secteurs SACEM").
- Numéro de marche-type : indique le niveau de régulation à appliquer.
- Information complémentaire :
 - X = état du DSO.
 - 0 : DSO éteint; le train peut quitter la station.
 - 1 : DSO allumé; le train est maintenu en station.
 - Y = ordre "Pas d'arrêt dans la station suivante" : le train reçoit cet ordre pour respecter l'arrêt normal ou pour ne pas s'y arrêter. Cette information est transmise par le système ATS.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE E

MESSAGES TERMINAL DE MAINTENANCE SACEM SOL

E.1. Protocoles utilisés

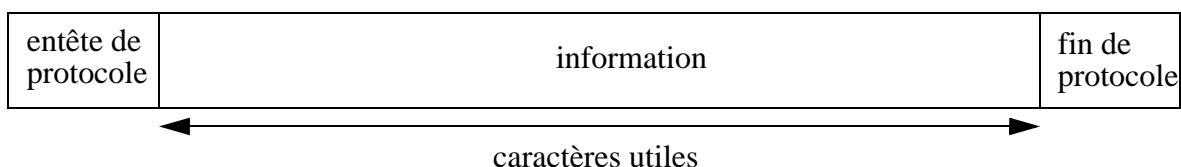
- **Protocoles utilisés pour les fonctions de terminal de maintenance :**

sur liaison série type RS 232

Le protocole utilisé est le NF F 72 010 avec les caractéristiques suivante :

- «procédure point à point étendu»
- vitesse de transmission : 9600 bits/seconde
- transmission de 4 bits utiles par caractère. Les bits non significatifs sont affectés à 1.
- pour 1 octet (2 caractères), le caractère le plus significatif est transmis en premier.
- le retard de transmission Θ_R est égal à 600 ms (ce retard est supérieur au temps nécessaire pour envoyer le plus long des messages sur cette liaison).
- le retard d'acquittement Θ_A est de 700 ms
- la parité longitudinale est effectuée par un XOR des caractères du message à l'exclusion du STX, de la parité (PL), du nombre de caractères (Nb char) et du CR; le bit 7 est affecté à 1.

Le format de message est le suivant :



Les caractères utiles sont ceux décrits pour chaque message dans les sections suivantes (sections E.3. et après). Ils sont représentés sur 8 bits bien que, avec le protocole NF F 72 010, des caractères de 7 bits seulement soient transmis : avant la transmission, les valeurs de ces 8 bits sont codées en 2*4 bits ou 6+2 bits.

Les fonctions réalisées par le terminal de maintenance sont :

- d'une part, la récupération de status ou compte-rendu d'alarme générés par l'armoire ATC sol après défaillance de l'une de ses composantes (voir par. E.3),
- d'autre part, le terminal de maintenance permet à un opérateur d'effectuer les modifications touchant les Limites Temporaires de Vitesse sur une armoire calculateur sol (voir par. E.3).

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- Pour les fonctions temps-réel ou de débogage, le protocole suivant est utilisé :
 - Du TM vers l'ATC, aucun message,
 - sol ATC à TM: un message tous les cycles qui permet de transmettre les données temps-réel sol.
- protocole "BREAK" avec les caractéristiques suivantes :

format des messages de mise au point échangés entre l'armoire sol et le terminal de mise au point

	1	2	209	N
BREAK	Données utiles				PL

- vitesse de transmission : 9600 bits/s.
- le break doit durer au moins deux caractères.
- un caractère comprend 1 bit de start, 8 bits de données, 1 de stop, 1 bit de parité (paire).
- les messages sont de longueur fixe. La longueur maximale est de 209 caractères, ainsi décomposés:
 - 80 bits pour les entrées sécuritaires soit 8 octets,
 - 128 bits pour les entrées fonctionnelles soit 16 octets,
 - 1 bit pour la sortie fonctionnelle soit 1 octet,
 - 7 (tronçons) x 2 (messages) x 9 (octets) = 126 octets pour les messages émis,
 - 3 (liaisons intersecteur) x 2 (messages) x 9 (octets) = 54 octets pour les messages reçus,
 - 2 octets pour les numéros de version et checksum.
- la parité longitudinale ("PL") est un XOR sur les caractères "information utile".

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.2. Notations

Pour ce qui concerne les messages de LTV, les valeurs logiques des champs sont identiques à celles des messages échangés entre l'équipement sol et l'équipement bord (voir Appendix D.2 page 33).

E.3. Liste de messages

Message	Emetteur	Récepteur	Code
Demande d'acquisition de l'état LTV	TM	SACEM	01
Demande de modification LTV (fonctionnelle)	TM	SACEM	02
Demande de modification LTV (somme de contrôle en sécurité)	TM	SACEM	03
Demande de suppression LTV sur un secteur	TM	SACEM	04
Demande de suppression LTV sur un secteur (en sécurité)	TM	SACEM	05
Etat LTV	SACEM	TM	10
Heure sécuritaire	SACEM	TM	11
Compte-rendu d'opération sur LTV	SACEM	TM	12
Demande d'acquisition de contenu mémoire	TM	SACEM	40
Demande d'effacement de contenu mémoire	TM	SACEM	41
Demande d'acquisition d'alarme temps-réel	TM	SACEM	42
Demande de numéro de version SACEM sol	TM	SACEM	43
Eléments de contenu mémoire	SACEM	TM	50
Alarme SACEM sol	SACEM	TM	51
Numéro de version SACEM sol	SACEM	TM	52

Tableau 14 : Liste des différents messages TM <-> SACEM sol

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.4. Demande d'acquisition d'état LTV

But	: acquérir l'état d'une LTV sur un secteur,
Nature	: non-sécuritaire,
Interface physique	: liaison série
Format	

Demande d'acquisition d'état LTV

Requête d'acquisition d'état LTV
terminal de maintenance sol -> calculateur sol SACEM

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (1)

Dossier de Spécification Système de l’ATC

E.5. Demande de modification LTV (fonctionnelle)

But : application d’une LTV
Nature : sécuritaire
Interface physique : liaison série
Format

Demande de modification LTV (fonctionnelle)

Demande de modification LTV (fonctionnelle)
terminal de maintenance sol -> calculateur sol SACEM

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (2)
byte 2									
byte 3									
byte 4									Abscisse de début de la LTV
byte 5									Longueur de la LTV
byte 6	Vitesse de la LTV								
byte 7									
byte 8									
byte 9									
byte 10									
byte 11									
byte 12									
byte 13									
byte 14									

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.6. Demande de modification LTV (somme de contrôle en sécurité)

But	: confirmation de l'application d'une LTV
Nature	: sécuritaire
Interface physique	: liaison série
Format	

demande de modification LTV (sécuritaire)

message de demande de modification LTV (partie redondante)
terminal de maintenance sol -> calculateur sol SACEM

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (3)
byte 2									Somme de contrôle en sécurité du champ 1
byte 3									
byte 4									
byte 5									Somme de contrôle en sécurité du champ 2
byte 6									
byte 7									
byte 8									Numéro de Transaction
byte 9									
byte 10									
byte 11									

Les champs sont déterminés à partir des variables suivantes :

- Numéro de segment,
- Numéro de branche,
- Abscisse de début de LTV,
- Longueur d'une LTV,
- Vitesse de LTV
- Message code
- Heure sécuritaire
- Numéro de calculateur du secteur.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.7. Demande de suppression LTV (fonctionnelle)

- But

: demande de suppression des LTV établie par défaut lors de l'initialisation.
- Nature

: sécuritaire
- Interface physique

: liaison série
- Format

Demande de suppression LTV (fonctionnelle)

Demande de suppression LTV (fonctionnelle)
terminal de maintenance sol -> calculateur sol SACEM

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (4)
byte 2									Nom de l'opérateur
byte 3									
byte 4									
byte 5									
byte 6									
byte 7									
byte 8									
byte 9									

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.8. Demande de suppression LTV (sécuritaire)

But	: confirmer le retrait des LTV placée par défaut lors de l'initialisation
Nature	: sécuritaire
Interface physique	: liaison série
Format	

Demande de suppression LTV (fonctionnelle)

Demande de suppression LTV (sécuritaire)
terminal de maintenance sol -> calculateur sol SACEM

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (5)
byte 2									Somme de contrôle en sécurité du champ 1
byte 3									
byte 4									
byte 5									Somme de contrôle en sécurité du champ 2
byte 6									
byte 7									

Les champs sont déterminés à partir des variables suivantes :

- Message code,
- Numéro de calculateur secteur,
- Heure sécuritaire.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.9. Etat LTV

But	: informer l'opérateur de l'état du secteur.
Nature	: non sécuritaire
Interface physique	: liaison série
Format	

Etat LTV

Etat LTV
Calculateur sol SACEM --> terminal de maintenance sol

	8	7	6	5	4	3	2	1	
byte 1									Message code (10)
byte 2									Nombre de messages pour état LTV / Index du message courant.
byte 3									Index du message
byte 4									Numéro de début de branche et de segment de la première LTV du message (segment 0)
byte 5									
byte 6									Présence LTV, réserve et premier taux LTV
byte 7									Abscisse de début de la première LTV
byte 8									Longueur de la première LTV
byte
byte
byte 19									Numéro de début de branche et de segment de la dernière LTV du message (segment 3).
byte 20									
byte 21									Présence LTV, réserve et dernier taux LTV
byte 22									Abscisse de début de la dernière LTV
byte 23									Longueur de la dernière LTV (segment 3)

La taille de ce message dépend du nombre de LTV décrites. Pour chaque segment, l'état de la LTV actuelle est donné.

Présence LTV est un champ indiquant si la LTV existante a été appliquée (valeur 1) ou si elle a été appliquée par défaut (valeur 0).

Dossier de Spécification Système de l’ATC

E.10. Heure sécuritaire

- But : informer le terminal de maintenance de l’heure.
- Nature : sécuritaire
- Interface physique : liaison série
- Format

Heure sécuritaire du calculateur sol

Heure sécuritaire calculateur sol
Calculateur SACEM sol --> terminal de maintenance sol

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (11)
byte 2									Heure
byte 3									
byte 4									
byte 5									

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.11. Compte-rendu d'opération sur LTV

But	: pour informer le terminal du résultat des manipulations actuelles
Nature	: non sécuritaires
Interface physique	: liaison série
Format	

Compte-rendu d'opération sur LTV

Compte-rendu d'opération sur LTV
 Calculateur SACEM sol --> terminal de maintenance sol

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (12)
byte 2									
byte 3									Numéro de segment et branche de début LTV
byte 4									
byte 5									Abscisse de début LTV
byte 6									
byte 7									Longueur LTV
byte 8									
byte 9									Vitesse LTV
byte 10									
byte 11									
byte 12									
byte 13									
byte 14									
byte 15									
byte 16									
byte 17									Compte-rendu
byte 18									
									Nom de l'opérateur

Dossier de Spécification Système de l'ATC

byte 19

byte 20

--

Report

= 0 : modification LTV non prise en compte

= 1 : modification LTV prise en compte par le calculateur sol.

Dossier de Spécification Système de l’ATC

E.12. Demande d’acquisition du contenu mémoire

- But : acquisition de l’information mémorisée dans le calculateur sol SACEM.
- Nature : non sécuritaire
- Interface physique : liaison série
- Format

Demande d’acquisition du contenu mémoire

Demande d’acquisition du contenu mémoire
Terminal de maintenance sol -> calculateur SACEM sol

byte 1	7	6	5	4	3	2	1	0	Message code (40)

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.13. Demande d'effacement de contenu mémoire

But	: effacement du contenu de la mémoire
Nature	: non sécuritaire
Interface physique	: liaison série
Format	

Demande d'effacement du contenu de la mémoire

Demande d'effacement du contenu de la mémoire

Terminal de maintenance sol -> calculateur SACEM sol

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (41)

Dossier de Spécification Système de l’ATC

E.14. Demande d’acquisition d’alarmes temps-réel

- But : connaissance des alarmes générées par le calculateur sol.
- Nature : non sécuritaire
- Interface physique : liaison série
- Format

Demande d’acquisition d’alarmes temps-réel

demande d’acquisition des alarmes
Terminal de maintenance sol -> calculateur SACEM sol

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (42)

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.15. Demande de numéro de version logiciel SACEM sol

- But : acquisition du numéro de version du logiciel SACEM sol.
- Nature : non sécuritaire
- Interface physique : liaison série
- Format

Demande de numéro de version logiciel SACEM sol

Demande de numéro de version logiciel SACEM sol
Terminal de maintenance sol -> calculateur SACEM sol

byte 1	7	6	5	4	3	2	1	0	Message code (43)

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.16. Elément de mémoire sauvegardée

But	: transmission d'un élément de mémoire sauvegardée
Nature	: non sécuritaire
Interface physique	: liaison série
Format	

Elément de mémoire sauvegardée

Elément de mémoire sauvegardée
Calculateur SACEM sol -> terminal de maintenance sol

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (50)
byte 2									
byte 3									Localisation du constituant défaillant
byte 4									
byte 5									Etat de l’alarme
byte 6									
byte 7									Etat du calculateur SACEM sol
byte 8									
byte 9									Date alarme
byte 10									
byte 11									Date alarme
byte 12									
byte 13									
byte 14									
byte 15									

Dossier de Spécification Système de l'ATC

E.17. Alarme SACEM sol

But	: transmission d'une alarme
Nature	: non sécuritaire
Interface physique	: liaison série
Format	

Alarme SACEM sol

Alarme SACEM sol

Calculateur SACEM sol -> terminal de maintenance sol

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (51)
byte 2									Nature de l’alarme
byte 3									Localisation du constituant défaillant
byte 4									
byte 5									Etat de l’alarme
byte 6									
byte 7									Etat du calculateur SACEM sol
byte 8									
byte 9									Date alarme
byte 10									
byte 11									

Dossier de Spécification Système de l’ATC

E.18. Numéro de version du logiciel SACEM sol

- But : transmission du numéro de version
- Nature : non sécuritaire
- Interface physique : liaison série
- Format

Numéro de version du logiciel sol

Numéro de version du logiciel sol
Calculateur SACEM sol -> terminal de maintenance sol

	7	6	5	4	3	2	1	0	
byte 1									Message code (52)
byte 2									Version
byte 3									
byte 4									
byte 5									
byte 6									
byte 7									
byte 8									
byte 9									

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE F
MESSAGES DU TERMINAL DE MAINTENANCE BORD**F.1. Protocole utilisé**

Deux protocoles sont utilisés pour assurer l'échange de données entre l'équipement bord SACEM et le terminal de maintenance :

- **Messages de maintenance ATC ´ TM :**

Le protocole NF F 72 010 possède les caractéristiques suivantes :

- «procédure point-à-point étendue»,
- vitesse de transmission : 9600 bits/s,
- transmission de 6 bits utiles par caractère (le bit 7 est forcé à 1 sauf dans les caractères de service).
- pour 1 octet (2 caractères), le caractère le plus significatif est transmis en premier.
- le temps de transmission Θ_R est égal à 400 ms (ce temps est supérieur au temps nécessaire à l'envoi du plus long message sur la liaison).
- le temps d'acquittement Θ_A (temps maximal) est de 1 seconde.
- la parité longitudinale est effectuée par un XOR sur l'ensemble des octets du message à l'exclusion du STX, de la parité (PL), du nombre de caractères (Nb char) et du CR; le bit 7 est forcé à 1.

- **Messages de mise au point ATP :**

Le protocole suivant est utilisé sur une liaison spécifique :

- vitesse de transmission : 4800 bits/s,
- synchronisation par BREAK,
- le format de caractère utilisé est un octet,
- les messages ont une taille constante,
- la parité longitudinale est effectuée par un XOR sur l'ensemble des octets du message.

Le message sera défini en phase de Conception Système.

- **Messages de mise au point ATO :**

Dans le sens ATO vers MAP, le protocole suivant est utilisé sur une liaison spécifique :

- vitesse de transmission : 9600 bits/s,
- synchronisation par BREAK,

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- le format de caractère utilisé est un octet,
- les messages ont une taille constante,
- la parité longitudinale est effectuée par un XOR sur l'ensemble des octets du message.

Le message sera défini en phase de Codage.

Dans le sens MAP vers ATO, le protocole suivant est utilisé sur une liaison spécifique :

- vitesse de transmission : 9600 bits/s,
- synchronisation par STX, ETX,
- le format de caractère utilisé est un octet,
- les messages ont une taille constante de 2 caractères.

Le message sera défini en phase de Codage.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

F.2. Liste des messages de maintenance

Message	Emetteur	Récepteur	Message code
Demande d'acquisition du contenu mémoire	TM	SACEM bord	40
Demande d'effacement mémoire	TM	SACEM bord	41
Demande d'acquisition des alarmes temps-réel	TM	SACEM bord	42
Demande de numéro de version ATP et ATO	TM	SACEM bord	43
Annulation de la demande d'acquisition des alarmes temps réel	TM	SACEM bord	44
Demande d'acquisition partielle du contenu mémoire	TM	SACEM bord	45
Eléments de mémoire sauvegardée	SACEM bord	TM	50
Alarme temps-réel	SACEM bord	TM	51
Version des logiciels ATO et ATP	SACEM bord	TM	52
Demande de trame de mise au point	MAP ATO	SACEM bord - ATO	sans objet
Demande de modification de constante ATO	MAP ATO	SACEM bord - ATO	sans objet
Trame de mise au point ATO	SACEM bord - ATO	MAP ATO	sans objet
Trame de mise au point ATP	SACEM bord - ATP	MAP ATP	sans objet

Tableau 15 : Liste des messages TM <-> SACEM bord

Dossier de Spécification Système de l'ATC

F.2.1. Demande d'acquisition du contenu mémoire

But : acquisition de données sauvegardées dans l'équipement bord

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	0	1	0	1	0	0	0	Message code (40)

F.2.2. Demande d'effacement mémoire

But : effacer le contenu de la mémoire.

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	0	1	0	1	0	0	1	Message code (41)

F.2.3. Demande d'acquisition d'alarme temps-réel

But : acquisition des alarmes générés par l'ATC bord

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	0	1	0	1	0	0	1	Message code (42)

Dossier de Spécification Système de l'ATC

F.2.4. Demande de numéro de version ATP et ATO

But : acquisition du numéro de version du logiciel ATO et ATP

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	0	1	0	1	0	1	1	Message code (43)

F.2.5. Annulation de la demande d'acquisition des alarmes temps réel

But : annuler l'acquisition des alarmes générés par l'ATC bord

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	0	1	0	1	1	0	0	Message code (44)

F.2.6. Demande d'acquisition partielle du contenu mémoire

But : acquisition des n dernier élément de données sauvegardées dans l'équipement bord

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	0	1	0	1	1	0	1	Message code (45)
									Nombre d'alarmes à lire

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Remarque : La demande de vidage de 0 éléments correspond à une de mande de vidage total de la mémoire. Dans ce cas, le message code 40 est envoyé par le terminal de maintenance.

F.2.7. Élément de mémoire sauvegardée

But : transmission du contenu d'un élément de mémoire sauvegardée

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format : **idem F.2.8.**

F.2.8. Alarme temps-réel ATC bord

But : transmission des alarmes temps-réel

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
octet 1	0	0	1	1	0	0	0	1	Message code (51)
octet 2									Identification d’alarme
octet 3									
octet 4	Org	Mode de Ctrl		C1	C2	CM C	PA	Contexte	
octet 5									Vitesse du train
octet 6									
octet 7									Branche de localisation
octet 8									
octet 9									Abscisse sur la branche
octet 10									
octet 11									Heure
octet 12									
octet 13									

Dossier de Spécification Système de l'ATC

octet 14

Le champ "Identification d'alarme" sera décrit pendant la phase de conception.

Le champ "Contexte" est constitué de la manière suivante :

bit 7 : origine des informations vitesse, branche et abscisse (0 -> ATO, 1 -> ATP)

bits 6..4 : mode de ctrl SACEM

bit 3 : cabine 1 active

bit 2 : cabine 2 active

bit 1 : clé C en position CMC

bit 0 : clé C en position PA

Le champ "Heure" permet dater l'alarme.

F.2.9. Version des logiciels ATP et ATO

But : transmission du numéro de version du logiciel

Nature : non sécuritaire

Interface physique : liaison série

Format :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
octet 1	0	0	1	1	0	0	1	0	Message code (52)
octet 2									Version du logiciel ATO
octet 3									
octet 4									
octet 5									Version du logiciel ATP
octet 6									
octet 7									
octet 8	c				c	c	t	t	Composition et Type de train
octet 9			n	n	n	n	n	n	Numéro train

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE G
MESSAGES ENTRE DEUX EQUIPMENTS SOL**G.1. Fonction de l'interface**

Cette interface a pour rôle d'échanger des messages entre deux secteurs adjacents.

La transmission a une vitesse de transmission de 500 bits/s. Les messages de format identique à ceux envoyés au train (80 bits + 4 d'entête) sont transmis en 168 ms : deux messages peuvent donc être envoyés par cycle sol.

G.2. Description de données

Les messages échangés entre 2 secteurs adjacents sont les suivants :

- invariants sécuritaires,
- LTV sécuritaires,
- variants sécuritaires,
- variants non sécuritaires (synchrodate).

G.2.1 Interfaces physiques

- Messages provenant d'un autre secteur :

Les messages sont acquis sur la carte CRO010.

- Messages à destination d'un autre secteur :

Ces messages sont envoyés au travers de la carte CEO010 de manière identique aux messages envoyés vers les trains.

G.2.2 Messages d'un secteur adjacent.**G.2.2.1. invariants sécuritaires**

Ces messages contiennent la description des "singularités" sécuritaires anticipées du secteur aval.

Elles sont transmises uniquement du secteur aval vers le secteur amont.

La description est identique à celle des invariants sécuritaires transmis vers le train.

G.2.2.2. Description des messages de LTV

Ces messages sécuritaires contiennent les LTV anticipées des secteurs avals.

Ils sont transmis seulement dans le sens secteur aval vers secteur amont.

La description est identique aux messages transmis vers le train.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

G.2.2.3. Description des messages de variants sécuritaires

bit	3	2	1	0	
1	0	1			01b == Identification
2					22 variants
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					Somme de contrôle S_1
10					
11					
12					
13					
14					Somme de contrôle S_2
15					
16					
17	1	0	0	x	"DECOD" 100b == message court sécuritaire
18	x	x			xxx == 3 bits de poids-faible (heure sécuritaire)
19					REDONDANCE (65, 85)
20					

Description

- Le nombre de variants est inférieur ou égal à 22.

Les variants sécuritaires contiennent :

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- l'état des variants anticipés du secteur aval devant être insérés dans le message de variants transmis aux trains sur le dernier tronçon du secteur amont.
 - l'état des informations booléennes impliqués dans les fonctions d'exploitation. Ces informations sont anticipées.
- La somme de contrôle S assure la sécurité des messages de variants en incluant :
$$\text{Checksum } S_j = ((\text{SFT.C} + \text{ILM.C} * \theta + \sum_{1 \leq i \leq 22} (V_i.C_j * \theta_j^{24-i})) \bmod A_j) \bmod 2^{**20}$$

où :

V_i est le $i^{\text{ème}}$ variant du message.

SFT == Safety Related Time (heure sécuritaire)

ILM == Intersector Link Marker : permet d'assurer que le message est transmis et reçu sur la liaison intersecteur adéquate.
 - DECOD
Le champ "DECOD" pour les messages de variants sécuritaires est composé de :
 - premier 3 bits : 100 ("message court sécuritaire")
 - dernier 3 bits : bits les moins significatifs de la date de création. La date de création est utilisée pour garantir l'heure de validité des messages de variants sécuritaires.

G.2.2.4. Description des variants non-sécuritaires

Un seul type de message court de variant non sécuritaire est transmis entre secteurs :

- SYNCHRODATE :
Ce message est nécessaire à la resynchronisation entre secteurs adjacents; il est identique au message sol -> bord.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE H
CALCUL DE CONTROLE D'ENERGIE**H.1. Equation d'énergie entre deux points a et b**

Soit

$E_k(i)$:	l'énergie cinétique au point i,
$W_g(a,b)$:	le travail de gravité entre les points a et b,
$W_{traction}(a,b)$:	le travail des forces de traction entre les points a et b,
$W_{freinage}(a,b)$:	le travail des forces de freinage entre les points a et b.

L'équation d'énergie est :

$$E_k(b) - E_k(a) = W_g(a, b) + W_{traction}(a, b) + W_{freinage}(a, b)$$

où :

$E_k(a)$ est supérieur ou égal à zero,

$E_k(b)$ est supérieur ou égal à zero,

$W_g(a,b)$ est positif si $H(a)$ (hauteur du centre de gravité quand le train se situe en a) est supérieur à $H(b)$,

$W_{traction}(a,b)$ est positif,

$W_{freinage}(a,b)$ est négatif.

H.2. Calcul de l'énergie cinétique du train

L'énergie cinétique du train (E_k) est la somme de deux termes :

$$E_k(x) = E_{kt}(x) + E_{kr}(x)$$

E_{kt} représente l'énergie cinétique de translation,

E_{kr} représente l'énergie cinétique de rotation.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

L'énergie cinétique de translation, si le train est considéré comme rigide, est :

$$E_{kt}(x) = \frac{1}{2} \cdot M_{train} \cdot V(x)^2$$

où

M_{train} : masse du train,

$V(x)$: vitesse de la tête du train à la position x

L'énergie cinétique de rotation est :

$$E_{kr}(x) = \frac{1}{2} \cdot \frac{J}{R^2} \cdot V(x)^2$$

où

J : moment d'inertie des roues,

R : rayon moyen des masses tournantes,

$V(x)$: vitesse de la tête du train à la position x.

H.3. Calcul du travail de la gravité entre les points a et b

Soit

$H(i)$: hauteur du centre de gravité quand le train est à la position i.

Le travail de la gravité entre les points a et b est :

$$W_g(a, b) = -M_{train} \cdot g \cdot (H(b) - H(a))$$

H.4. Calcul des forces de traction

Soit

$\Gamma_{traction}(x)$: accélération des forces de traction en x.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

L'expression du travail des forces de traction est :

$$W_{traction}(a, b) = \int_a^b \left(M_{train} \cdot \Gamma_{traction}(x) + \frac{J}{R^2} \cdot \Gamma_{traction}(x) \right) dx$$

avec

$$\Gamma_{traction}(x) \geq 0$$

H.5. Calcul du travail des forces de freinage

Soit

$\Gamma_{freinage}(x)$: accélération des forces de freinage en x.

L'expression du travail des forces de freinage est

$$W_{freinage}(a, b) = - \int_a^b \left(M_{train} \cdot \Gamma_{freinage}(x) + \frac{J}{R^2} \cdot \Gamma_{freinage}(x) \right) dx$$

avec

$$\Gamma_{freinage}(x) \leq 0$$

H.6. Expression de l'équation d'énergie

Après développement des termes de l'équation d'énergie, nous obtenons :

$$\frac{1}{2} \cdot V(a)^2 = \frac{1}{2} \cdot V(b)^2 + \frac{g}{K} (H(b) - H(a)) - \int_a^b \Gamma_{traction}(x) dx + \int_a^b \Gamma_{freinage}(x) dx$$

où

$$K = \frac{M_{train} + \left(\frac{J}{R^2} \right)}{M_{train}}$$

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Cette formule peut être écrite de la manière suivante :

$$\frac{1}{2} \cdot V(a)^2 = \frac{1}{2} \cdot V(b)^2 + Q_g(a, b) + Q_{traction}(a, b) + Q_{freinage}(a, b)$$

L'ensemble des états (a,V(a),H(a)) compatibles avec l'état des points de contrainte (b,V(b),H(b)) est l'ensemble qui vérifie l'équation ci-dessus dans le cas le plus défavorable i.e. par sous-estimation des termes non dérivés de l'énergie cinétique.

Les sous-estimations de calcul concernent les expressions suivantes :

- terme lié à la gravité :

$$Q_g(a, b) = \frac{g}{K}(H(b) - H(a))$$

- terme des forces de traction (correspondant à l'opposé du travail des forces de traction) :

$$Q_{traction}(a, b) = -\int_a^b \Gamma_{traction}(x) dx$$

- terme des forces de freinage correspondant au travail des forces de freinage :

$$Q_{freinage}(a, b) = \int_a^b \Gamma_{freinage}(x) dx$$

H.7. Sous-estimation des termes liés à la gravité

Le principe du contrôle d'énergie utilise le principe des pentes compensées. Ces dernières sont explicitées dans l'Annexe I CALCUL DES PENTES COMPENSEES.

La sous-estimation des termes liés à la gravité est :

$$Q_g(a, b) > \frac{g}{K} \cdot \int_a^b PC(x) dx$$

où

PC(x) : pente compensée en x.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

H.8. Sous-estimation des forces de traction

Dans le cas le plus défavorable, le train possède l'accélération maximale sur la pente maximale et le FU est déclenché après un délai ($t_1 + t_2$).

t_1 : délai pendant lequel l'accélération maximale est appliquée, (correspond au temps de réponse du système augmenté du temps de réponse des disjoncteurs du train).

t_2 : délai pendant lequel l'accélération est nulle (correspond au temps d'établissement du FU diminué du temps de réponse des disjoncteurs du train).

Soit

$x(t_1) - a$: distance couverte pendant t_1 secondes

la sous-estimation des forces de traction est

$$Q_{traction}(a, b) > -\Gamma_{tractionMAX} \cdot (x(t_1) - a)$$

avec

$$\Gamma_{tractionMAX} > 0$$

L'accélération due à la pente est :

$$\Gamma_{penteMAX} = (penteMAX \cdot g) / K$$

alors

$$x(t_1) = \frac{1}{2} \cdot (\Gamma_{tractionMAX} + \Gamma_{penteMAX}) \cdot t_1^2 + V(a) \cdot t_1 + a$$

La sous-estimation du terme des forces de traction devient :

$$Q_{traction}(a, b) > -C_1 V(a) - D_1$$

Dossier de Spécification Système de l'ATC

où

$$C_1 = \Gamma_{tractionMAX} \cdot t_1$$

$$D_1 = \Gamma_{tractionMAX} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\Gamma_{tractionMAX} + \Gamma_{penteMAX}) \cdot t_1^2$$

Il doit être noté que, à cause du signe du terme des forces de traction, une sous-estimation de ce terme correspond à une sur-estimation du travail des forces de traction.

H.9. Sous-estimation du terme des forces de freinage

Dans le cas le plus défavorable, le train est sur la pente maximale et le freinage d'urgence ne peut être déclenché qu'après un délai ($t_1 + t_2$).

Soit

$b - x(t_1 + t_2)$: distance au point but à $t_1 + t_2$ secondes

Le terme correspondant aux forces de freinage :

$$Q_{freinage}(a, b) = \int_{x(t_1 + t_2)}^b \Gamma_{FU}(x) \cdot dx = \int_a^b \Gamma_{FU}(x) \cdot dx - \int_a^{x(t_1 + t_2)} \Gamma_{FU}(x) \cdot dx$$

Une sous-estimation du terme des forces de freinage est :

$$Q_{freinage}(a, b) > \int_a^b \Gamma_{FU}(x) \cdot dx - (\Gamma_{(FU)MIN} \cdot (x(t_1 + t_2) - a))$$

L'accélération due à la pente est :

$$\Gamma_{penteMAX} = (penteMAX \cdot g) / K$$

Dossier de Spécification Système de l'ATC

alors

$$Q_{freinage}(a, b) > -C_2 \cdot V(x) - D_2 + \int_a^b \Gamma_{FU}(x) \cdot dx$$

où

$$C_2 = (t_1 + t_2) \cdot \Gamma_{FUMIN}$$

$$D_2 = \left(\frac{1}{2} \cdot \Gamma_{penteMAX} \cdot (t_1^2 + t_2^2) + (\Gamma_{tractionMAX} + \Gamma_{penteMAX}) \cdot t_1 \cdot t_2 + \frac{1}{2} \cdot \Gamma_{tractionMAX} \cdot t_1^2 \right) \cdot \Gamma_{FUMIN}$$

H.10. Résumé

L'ensemble des états (a, V(a), H(a)) compatibles avec l'état du point de contrainte (b, V(b), H(b)) est défini par l'inégalité suivante :

$$\frac{1}{2} \cdot V(a)^2 < \frac{1}{2} \cdot V(b)^2 - \frac{g}{K} \cdot \int_a^b PC(x) \cdot dx - C \cdot V(a) - D + \int_a^b \Gamma_{FU}(x) \cdot dx$$

où

PC(x) : pente compensée en x (voir Annexe I CALCUL DES PENTES COMPENSEES)

$$C = t_1 \cdot (\Gamma_{FUMIN} + \Gamma_{tractionMAX}) + t_2 \cdot \Gamma_{FUMIN}$$

Dossier de Spécification Système de l'ATC

$$D = \left(\frac{1}{2} \cdot \Gamma_{penteMAX} \cdot (t_1^2 + t_2^2) + (\Gamma_{tractionMAX} + \Gamma_{penteMAX}) \cdot t_1 \cdot t_2 + \frac{1}{2} \cdot \Gamma_{tractionMAX} \cdot t_1^2 \right) \cdot \Gamma_{FUMIN} \\ + \Gamma_{tractionMAX} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\Gamma_{tractionMAX} + \Gamma_{penteMAX}) \cdot t_1^2$$

Si le point but est un point d'arrêt ($V(b) = 0$) alors le calcul d'énergie peut être représenté par l'inégalité suivante :

$$\alpha V_{train}^2 + \beta V_{train} + \Delta < 0$$

où

$$\alpha = \frac{1}{2}$$

$$\beta = t_1 \cdot (\Gamma_{(FU)MIN} + \Gamma_{tractionMAX}) + t_2 \cdot \Gamma_{FUMIN}$$

$$\Delta = \left(\frac{1}{2} \cdot \Gamma_{penteMAX} \cdot (t_1^2 + t_2^2) + (\Gamma_{tractionMAX} + \Gamma_{penteMAX}) \cdot t_1 \cdot t_2 + \frac{1}{2} \cdot \Gamma_{tractionMAX} \cdot t_1^2 \right) \cdot \Gamma_{FUMIN} \\ + \Gamma_{tractionMAX} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\Gamma_{tractionMAX} + \Gamma_{penteMAX}) \cdot t_1^2 - \left(\int_a^b \Gamma_{FU}(x) \cdot dx + \frac{g}{K} \cdot \int_a^b PC(x) \cdot dx \right)$$

H.11. Sur-estimation de la vitesse du train

Le calcul de la vitesse du train est déduit de sa valeur moyenne pendant un cycle bord :

$$V_m = \frac{N \cdot Gre}{dt}$$

où

V_m : valeur moyenne de la vitesse,

Dossier de Spécification Système de l'ATC

N : nombre d'impulsions comptées pendant le cycle,
 dt : durée du cycle,
 Gre : distance parcourue pour une dent de la roue phonique.

La vitesse maximale utilisée pour le calcul d'énergie est sur-estimée par la formule suivante :

$$V_{MAX} = V_m \cdot (1 + Err_{calib} + Err_{glis} + Err_{axe}) + \frac{dt}{2} \cdot (\Gamma_{pente} + \Gamma_{tractionMAX}) + \frac{Gre}{dt} \cdot (1 + Err_{FauxRond})$$

où :

Err_{calib} : est la valeur de l'erreur d'étalonnage de la roue phonique,

Err_{glis} : est la valeur d'alignement instantané de la roue phonique,

Err_{axe} : est la valeur de l'erreur due à la mesure de vitesse sur la piste de roulement,

Err_{fauxrond} : est l'erreur du fait que l'axe de la roue phonique et l'axe de l'essieu sur lequel cette dernière est montée ne sont pas confondus.

H.12. Caractéristiques des trains

H.12.1 Temps de réponse du système

Temps de réponse du système = 1,5 cycle
 + temps de commande des relais de sortie
 + temps de relecture d'une sortie
 soit : 0,468 s + 0,102 s + 0,100 s = 0,670 s

H.12.2 Type de train 1 (NS74 et NS88)

Vitesse maximale : 80 Km/h (+ tolérance)
 Temps d'ouverture des disjoncteurs : 0,225 secondes
 Temps d'application du freinage d'urgence : 1,35 secondes
 Durée de blocage traction (t1) : 0,670 + 0,225 = 0,895 secondes
 Durée de mise sur l'erre (t2) : 1,35 - 0,225 = 1,125 s
 Pour une adhérence normale (zone en tunnel) :
 Accélération maximale : 1,3 m/s²
 Décélération maximale en FS : 1,8 m/s²
 Décélération normale en FS : 1,1 m/s²

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Décélération réduite en FS : 0,9 m/s²

Décélération garantie en FU : 1,38 m/s²

Pour une adhérence réduite (zone extérieure) :

Accélération maximale : 1,3 m/s²

Décélération maximale en FS : 1,8 m/s²

Décélération normale en FS : 0,9 m/s²

Décélération réduite en FS : 0,65 m/s²

Décélération garantie en FU : 1,00 m/s²

Coefficient de masse tournante (en charge) :

$$\frac{\text{masse en charge} + \text{équivalent masse tournante}}{\text{masse en charge}} = 1,131$$

Train 4 voitures :

Longueur du train : 66,72 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 32,58 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 34,14 m

Train 5 voitures :

Longueur du train : 82,90 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 32,58 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 50,32 m

Train 6 voitures :

Longueur du train : 99,08 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 32,58 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 66,50 m

Train 7 voitures :

Longueur du train : 116,26 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 48,76 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 67,50 m

Train 8 voitures :

Longueur du train : 131,44 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 64,94 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 66,50 m

Dossier de Spécification Système de l'ATC

H.12.3 Type de train 2 (NS93 et NS93I)

Vitesse maximale : 80 Km/h (+ tolérance)

Temps d'ouverture des disjoncteurs : 0,3 secondes

Temps d'application du freinage d'urgence : 1,2 secondes

Durée de blocage traction (t1) : $0,670 + 0,3 = 0,970$ secondes

Durée de mise sur l'erre (t2) : $1,2 - 0,3 = 0,9$ secondes

Pour une adhérence normale (zone en tunnel) :

Accélération maximale : $1,35 \text{ m/s}^2$

Décélération maximale en FS : $1,8 \text{ m/s}^2$

Décélération normale en FS : $1,1 \text{ m/s}^2$

Décélération réduite en FS : $0,9 \text{ m/s}^2$

Décélération garantie en FU : $1,5 \text{ m/s}^2$

Pour une adhérence réduite (zone extérieure) :

Accélération maximale : $1,35 \text{ m/s}^2$

Décélération maximale en FS : $1,8 \text{ m/s}^2$

Décélération normale en FS : $0,9 \text{ m/s}^2$

Décélération réduite en FS : $0,65 \text{ m/s}^2$

Décélération garantie en FU : $1,00 \text{ m/s}^2$

Coefficient de masse tournante (en charge) :

$$\frac{\text{masse en charge} + \text{équivalent masse tournante}}{\text{masse en charge}} = 1,140$$

Train 5 voitures :

Longueur du train : 75,40 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 34,931 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 40,469 m

Train 6 voitures :

Longueur du train : 90,28 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 34,931 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 55,349 m

Train 7 voitures :

Longueur du train : 105,16 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 34,931 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 70,229 m

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Train 8 voitures :

Longueur du train : 120,04 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 49,811 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 70,229 m

H.12.4 Type de train 3 (NS2004)

Vitesse maximale : 80 Km/h (+ tolérance)

Temps d'ouverture des disjoncteurs : 0,30 secondes

Temps d'application du freinage d'urgence : 1,305 secondes

Durée de blocage traction (t1) : 0,670 + 0,30 = 0,970 secondes

Durée de mise sur l'erre (t2) : 1,305 - 0,3 = 1,005 secondes

Pour une adhérence normale (zone en tunnel) :

Accélération maximale : 1,35 m/s²

Décélération maximale en FS : 1,8 m/s²

Décélération normale en FS : 1,1 m/s²

Décélération réduite en FS : 0,9 m/s²

Décélération garantie en FU : 1,5 m/s²

Pour une adhérence réduite (zone extérieure) :

Accélération maximale : 1,35 m/s²

Décélération maximale en FS : 1,8 m/s²

Décélération normale en FS : 0,9 m/s²

Décélération réduite en FS : 0,65 m/s²

Décélération garantie en FU : 1,00 m/s²

Coefficient de masse tournante (en charge) :

$$\frac{\text{masse en charge} + \text{équivalent masse tournante}}{\text{masse en charge}} = 1,13$$

Train 7 voitures :

Longueur du train : 115,76 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 54,61 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 61,15 m

Train 8 voitures :

Longueur du train : 132,14 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 54,61 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 77,53 m

Dossier de Spécification Système de l'ATC

H.12.5 Type de train 1 (NS74R rénovés)

Vitesse maximale : 80 Km/h (+ tolérance)

Temps d'ouverture des disjoncteurs : 0,325 secondes

Temps d'application du freinage d'urgence : 1,5 secondes

Durée de blocage traction (t1) : $0,670 + 0,325 = 1,02$ secondes

Durée de mise sur l'erre (t2) : $1,5 - 0,325 = 1,175$ s

Pour une adhérence normale (zone en tunnel) :

Accélération maximale : $1,3 \text{ m/s}^2$ (Valeur actuelle, en attente de la nouvelle valeur)

Décélération maximale en FS : $1,8 \text{ m/s}^2$

Décélération normale en FS : $1,1 \text{ m/s}^2$

Décélération réduite en FS : $0,9 \text{ m/s}^2$

Décélération garantie en FU : $1,38 \text{ m/s}^2$ (Valeur actuelle, en attente de la nouvelle valeur)

Pour une adhérence réduite (zone extérieure) :

Accélération maximale : $1,3 \text{ m/s}^2$ (Valeur actuelle, en attente de la nouvelle valeur)

Décélération maximale en FS : $1,8 \text{ m/s}^2$

Décélération normale en FS : $0,9 \text{ m/s}^2$

Décélération réduite en FS : $0,65 \text{ m/s}^2$

Décélération garantie en FU : $1,00 \text{ m/s}^2$ (Valeur actuelle, en attente de la nouvelle valeur)

Coefficient de masse tournante (en charge) :

$$\frac{\text{masse en charge} + \text{équivalent masse tournante}}{\text{masse en charge}} = \frac{285,635 + 35,184}{285,635} = 1,1232$$

Train 7 voitures :

Longueur du train : 116,70 m

Distance antenne balise - cabine 1 : 51,076 m

Distance antenne balise - cabine 2 : 65,624 m

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE I
CALCUL DES PENTES COMPENSEES

I.1. But

La vitesse maximale sécuritaire pour un train situé à un point A lui permettant de respecter une contrainte de vitesse en un point aval B résulte de l'inégalité suivante :

$$E_k(A) < E_k(B) - [W_g^{AB} + W_{traction}^{AB} + W_{freinage}^{AB}].$$

où :

$E_k(A)$: énergie cinétique du train au point A,

$E_k(B)$: énergie cinétique du train au point B,

W_g^{AB} : travail des forces de gravité entre A et B,

$W_{traction}^{AB}$: travail des forces de traction entre A et B,

$W_{freinage}^{AB}$: travail des forces de freinage entre A et B.

Le calcul des conditions de sécurité en un point A nécessite la connaissance des valeurs de travail de gravité, de traction et de freinage.

La méthode dite des "pentes compensées" fournit un moyen simple pour le calcul du terme ($-W_g^{AB}$), de même qu'elle assure qu'il n'est pas surestimé (comme nécessité pour le calcul de l'équilibre d'énergie détaillé dans l'Annexe H CALCUL DE CONTROLE D'ENERGIE)

I.2. Calcul du travail des forces de gravité

Soit

HGa : altitude du centre de gravité du train quand la tête du train est située au point A,

et

HGb : altitude du centre de gravité du train quand la tête du train est située au point B.

Le travail des forces de gravité de A à B est :

$$W_g^{AB} = -M_{train} \times g \times (HGb - HGa)$$

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Le terme (HGb-HGa) est évalué par prise en compte des pentes compensées (transmises au train par la transmission continue au travers d'invariants) entre la position courante A et le point de contrainte B.

I.3. Pentas compensées

Prise en compte de :

- la distance entre la position du train (correspondant à sa tête) et la position du centre de gravité,
- la différence liée au trajectoire des centres de gravité des différents types de train (en regard de leur longueur notamment),
- la nécessité de ne pas sous-estimer le travail des forces de gravité,

et pour faciliter le calcul,

la voie doit être décrite en une succession de segments droits caractérisés par une origine et une pente compensée.

Définition :

La pente compensée CG(s) en un point (s) est la pente minimum de la trajectoire du centre de gravité des différents types de trains considéré lorsque la tête du train est située à l'abscisse (s).

I.4. Méthode de calcul des pentes compensées

- document d'entrée : fichier des Rayons et longueurs de changement de pentes (fourni par Metro SA).

- Méthode :

- Pour chaque type de train, considéré dans sa configuration de charge maximale, la pente suivie par le centre de gravité du train est calculée, la tête du train étant située à l'abscisse (s); (s) est incrémenté par pas (ds) ((ds)=10m).
Les descriptions de trains utilisées sont détaillées dans l'annexe "H.5. Calcul du travail des forces de freinage"
- Pour chaque abscisse (s), on choisit la plus faible pente. Cette valeur est alors appelée pente compensée réelle à l'abscisse (s) et notée CGr(s).
- En prenant en compte le fichier de pentes compensées réelles CGr(s) calculées à chaque pas (ds), une procédure de "lissage" est appliquée de manière à réduire le nombre de changement de pentes compensées.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

- document de sortie : Fichier de changement des pentes compensées.

I.5. Modélisation des trains

I.5.1 Types de trains

Les trains suivants sont utilisés sur les lignes du métro de Santiago :

- NS74,
- NS88,
- NS93,
- NS93I,
- NS2004,
- NS74R (trains rénovés).

Le nombre d'élément de chaque type de train n'est pas précisé, car il peut évoluer.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Type de train	Nombre de Trains	composé de (cabine 1 à gauche)
NS74A NS74B NS74A1		5 voitures : MPNRM 6 voitures : MPNNRM 7 voitures : MRPNMRM 8 voitures : MRNPNNRM
NS88		MPNRM
NS93		5 voitures : SNN ² NS 6 voitures : SNN ² NNS
NS93I ou R		6 voitures : SNN ² NNS 7 voitures : SNN ² NRNS 8 voitures : SNNN ² NRNS
NS2004		7 voitures : SNNN ² NNS 8 voitures : SNNN ² NNNS
NS74R		7 voitures : RcNNRNNRc

Tableau 16 : Composition des trains

où :

- M signifie motrice avec cabine,
- R signifie remorque sans cabine,
- N signifie motrice sans cabine,
- N² signifie motrice sans cabine équipée de l'armoire PA,
- P signifie remorque sans cabine équipée de l'armoire PA,
- S signifie remorque avec cabine,
- Rc signifie remarque avec cabine.

Les voitures P (NS74), N² (NS93 et NS2004) et R (NS74R) sont orientées de manière à obtenir les distances antenne-cabines définies à l'annexe H.

On suppose que les trains sont polarisés et que leur polarisation ne change pas lors de leur transfert entre lignes du réseau du métro de Santiago.

Le nombre de train n'est pas donné car il peut évoluer.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

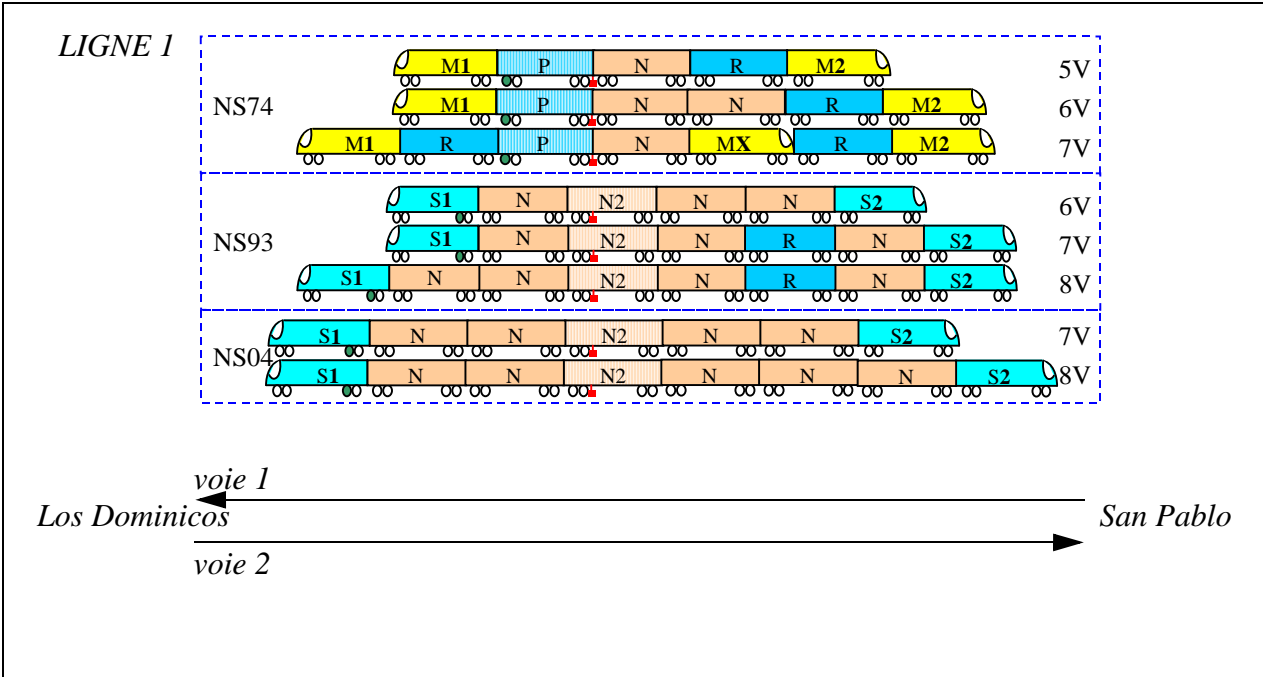


Figure. 61. Polarisation des trains sur la ligne 1

Dossier de Spécification Système de l'ATC

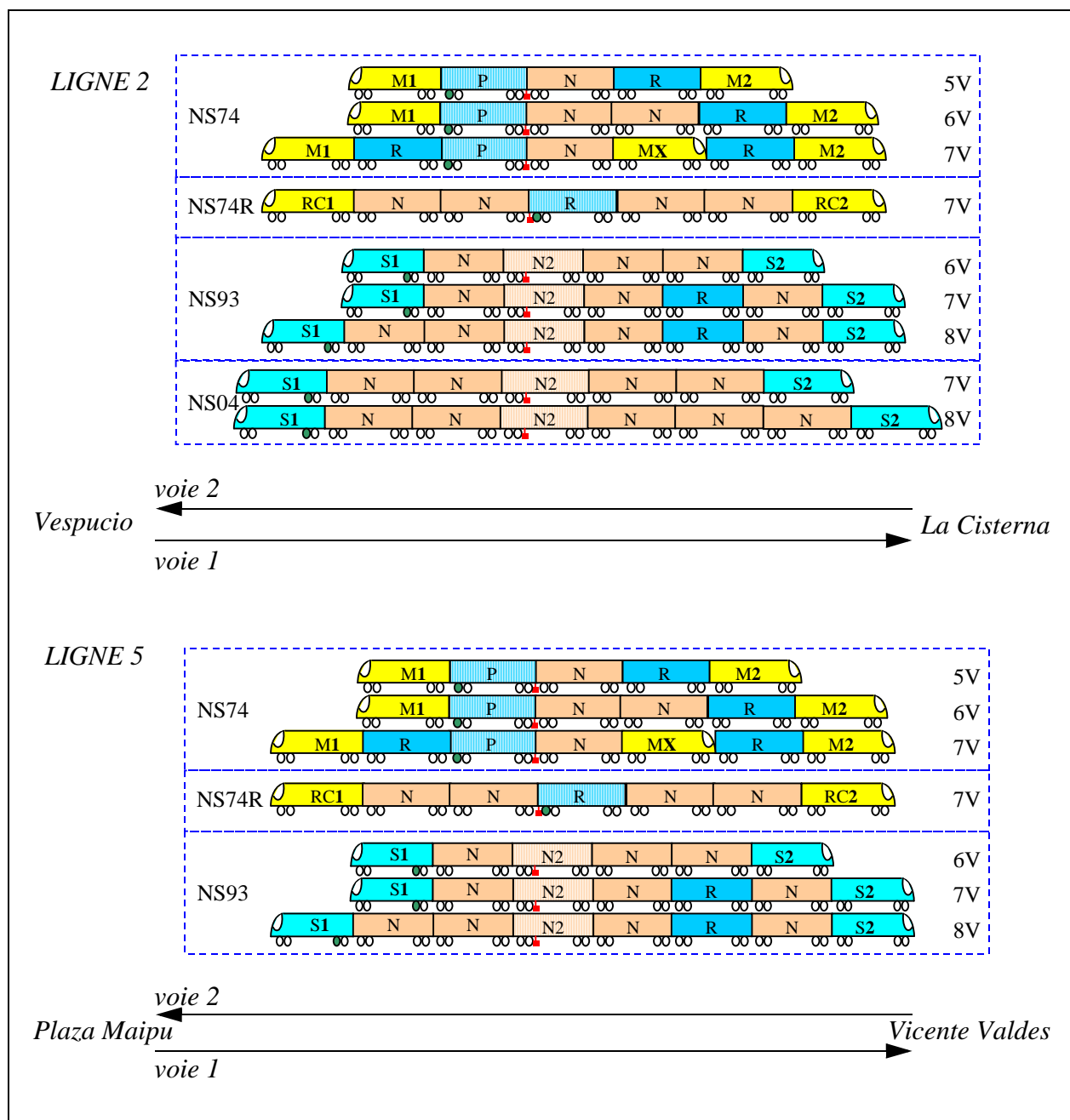


Figure. 62. Polarisation des trains sur les lignes 2 et 5

Dossier de Spécification Système de l'ATC

I.5.2 Répartition des trains sur chaque ligne

Le tableau suivant donne la liste des trains pris en compte dans le calcul des pentes compensées de chaque ligne.

Train	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 5
NS74 4 voitures	oui (1)	oui (1)	oui (1)
NS74 5 voitures	oui	oui	oui
NS74 6 voitures	oui	oui	oui
NS74 7 voitures	oui	oui	oui
NS74 8 voitures	oui (2)	oui (2)	-
NS88 5 voitures	oui	oui	oui
NS93 5 voitures	oui (3)	oui (3)	oui (3)
NS93 6 voitures	oui (3)	oui (3)	oui (3)
NS93I 6 voitures	oui	oui	oui
NS93I 7 voitures	oui	oui	oui
NS93I 8 voitures	oui	oui	oui
NS2004 7 voitures	oui	oui	- (4)
NS2004 8 voitures	oui	oui	- (4)
NS74R	non	oui	oui

Tableau 17 : Liste des trains utilisés pour les pentes compensées de chaque ligne

- (1) : La composition 4 voitures du train NS74 est prévue mais n'est pas utilisée.
- (2) : La composition 8 voitures du train NS74 est interdite lors des manoeuvres d'avant gare et d'arrière gare des terminus des lignes 1 et 2.
- (3) : Les trains NS93 sans inter circulation, composition 5 et 6 voitures, sont prévus mais n'existent pas sur les lignes 1, 2 et 5 du métro de Santiago.
- (4) : Les trains de type NS2004 ne peuvent pas circuler sur la ligne 5. Si un train NS2004 entre sous contrôle SACEM sur la ligne 5, il sera bloqué en FU.

En station, Il y a 1 ou 2 points d'arrêt PA. La répartition des trains pour chaque point d'arrêt est définie en fonction de la configuration de la station.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

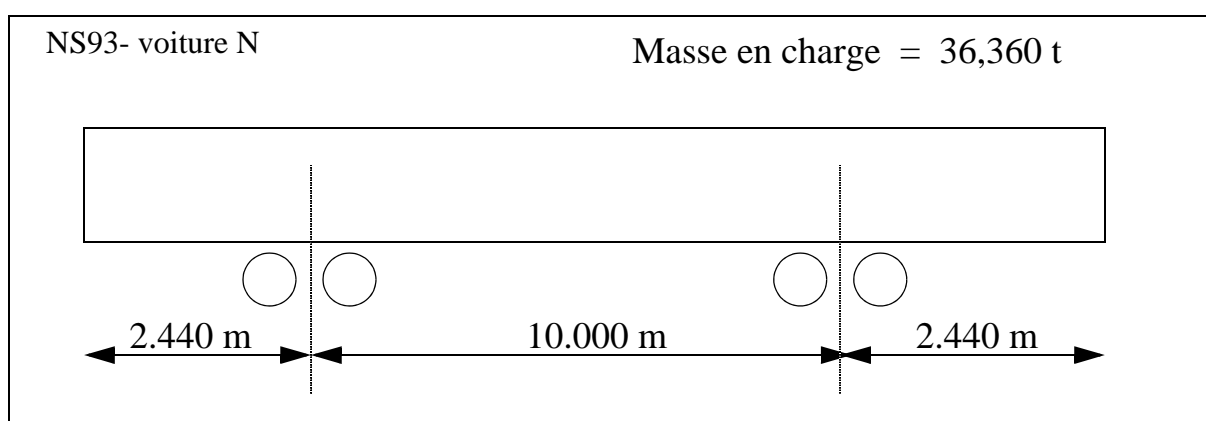
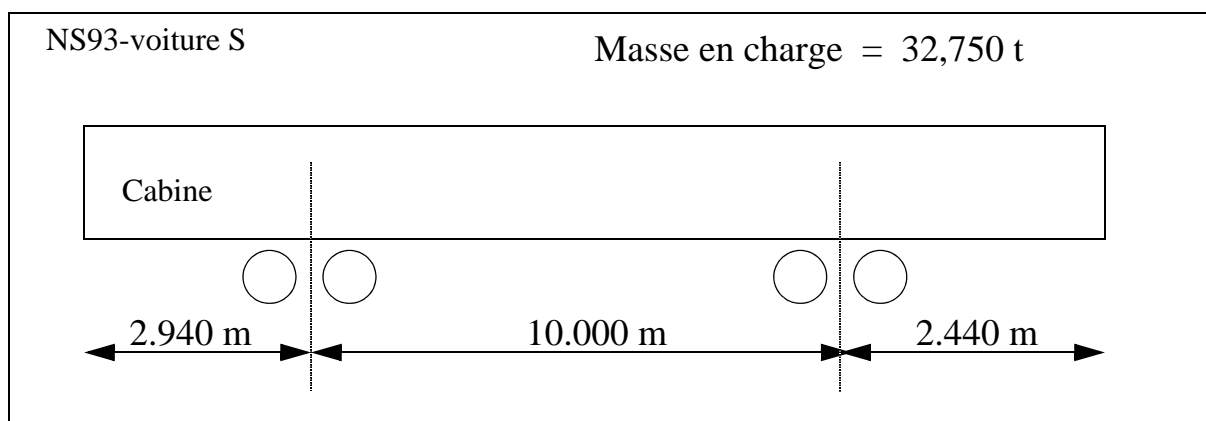
I.5.3 Modélisation des voitures

Chaque voiture est décrite par :

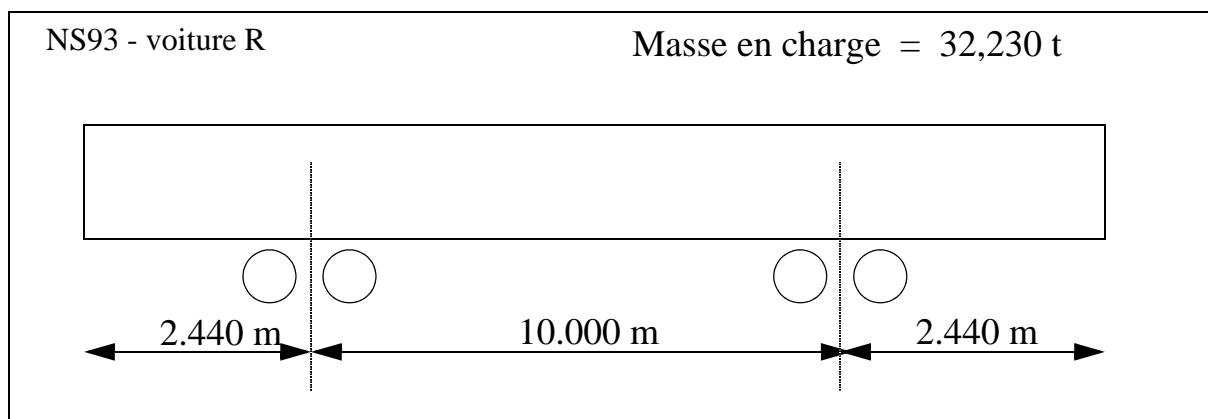
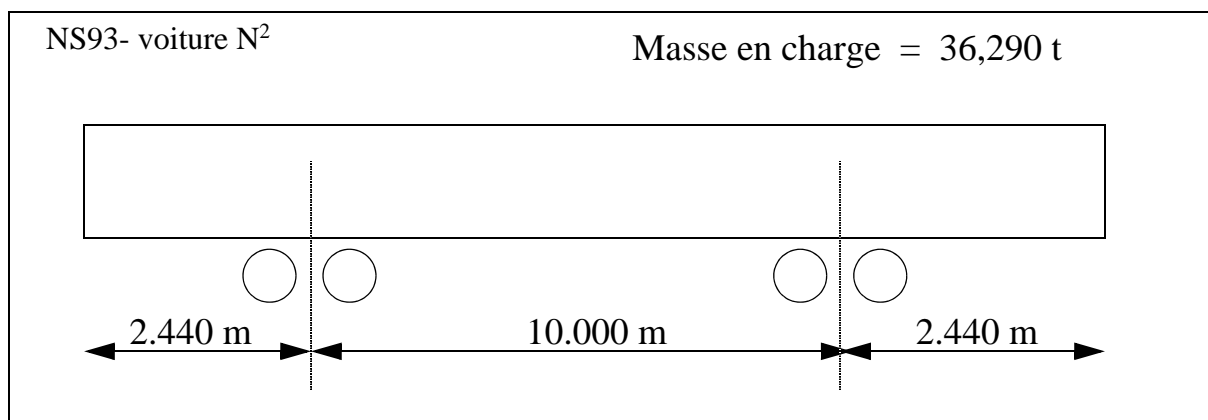
- sa masse en charge,
- sa longueur,
- la position de ses essieux.

On suppose que la distribution des masses est homogène à l'intérieur de chaque voiture.

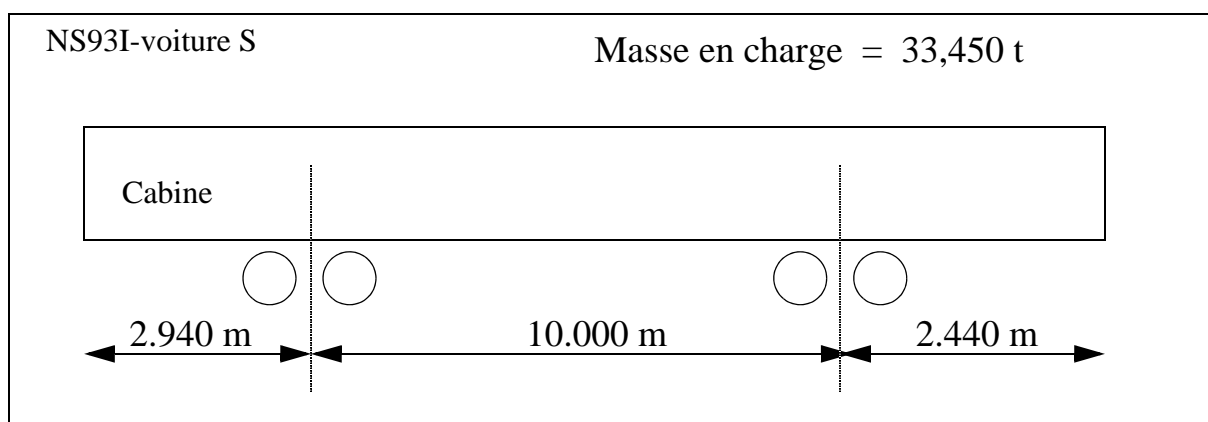
I.5.3.1. Train NS93



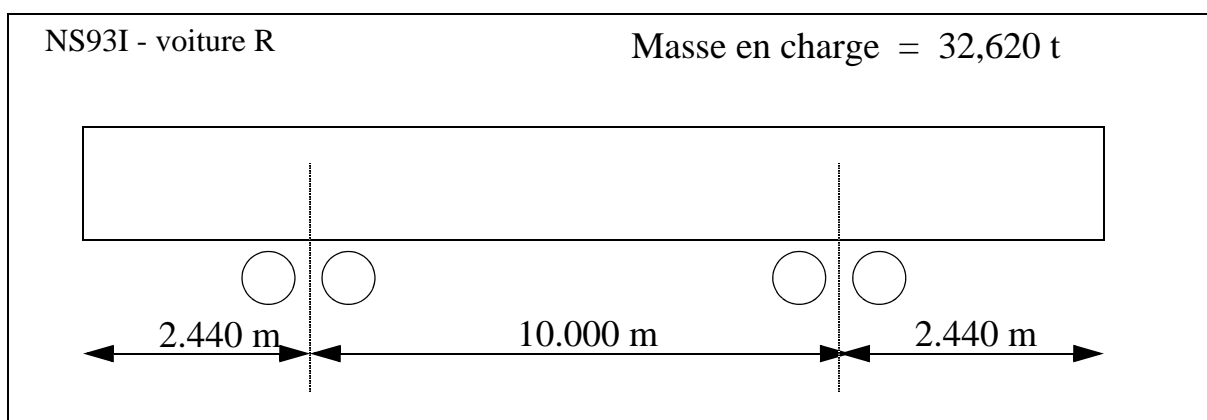
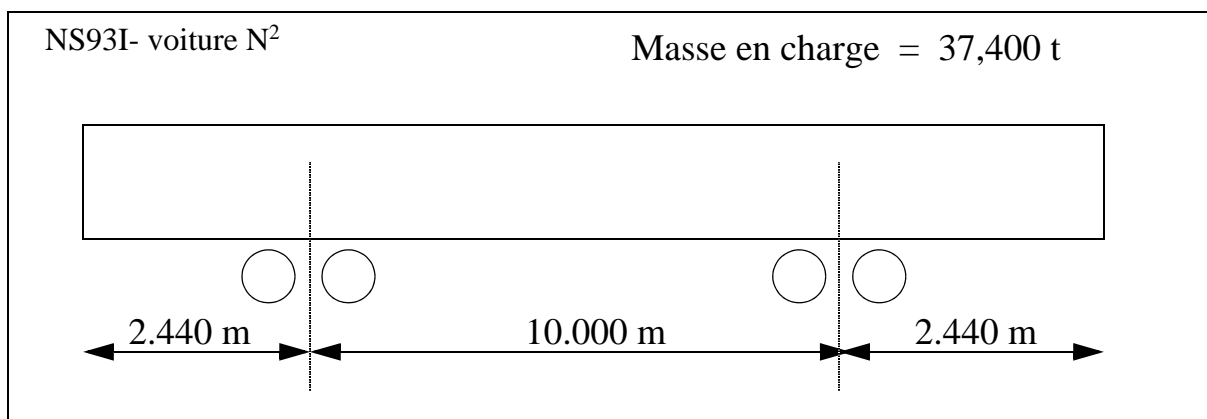
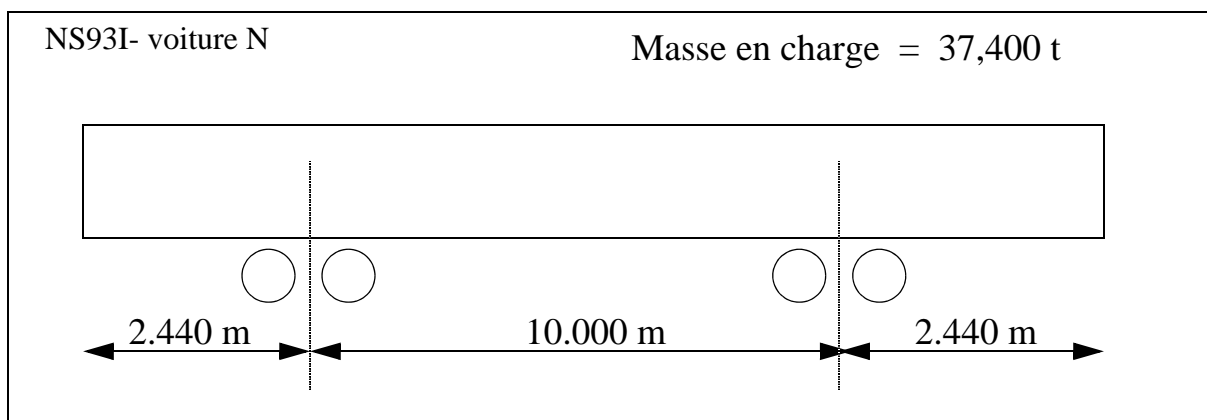
Dossier de Spécification Système de l'ATC



I.5.3.2. Train NS93I

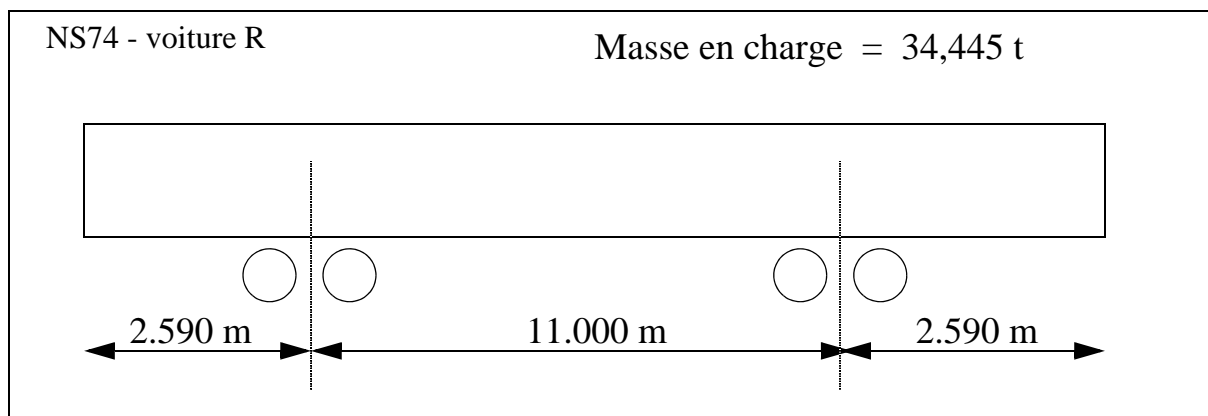
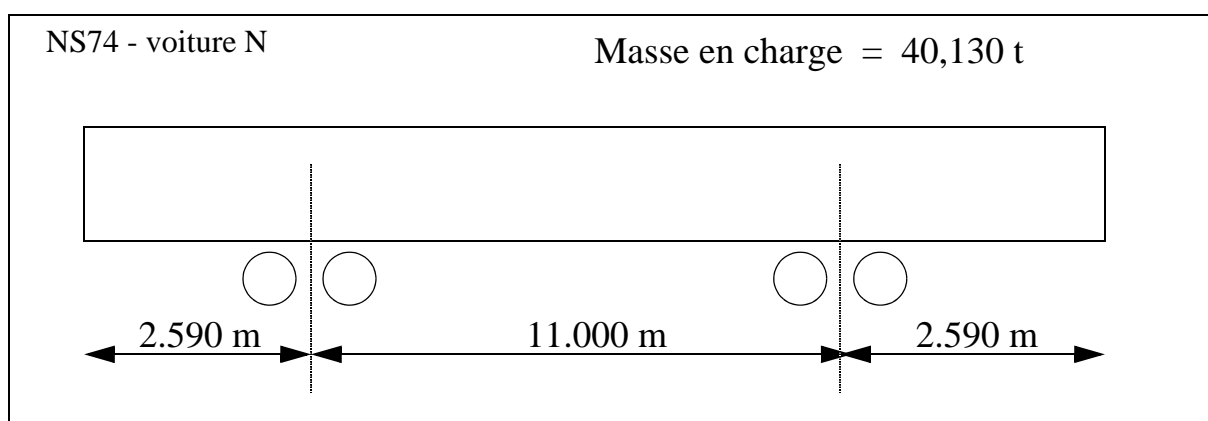
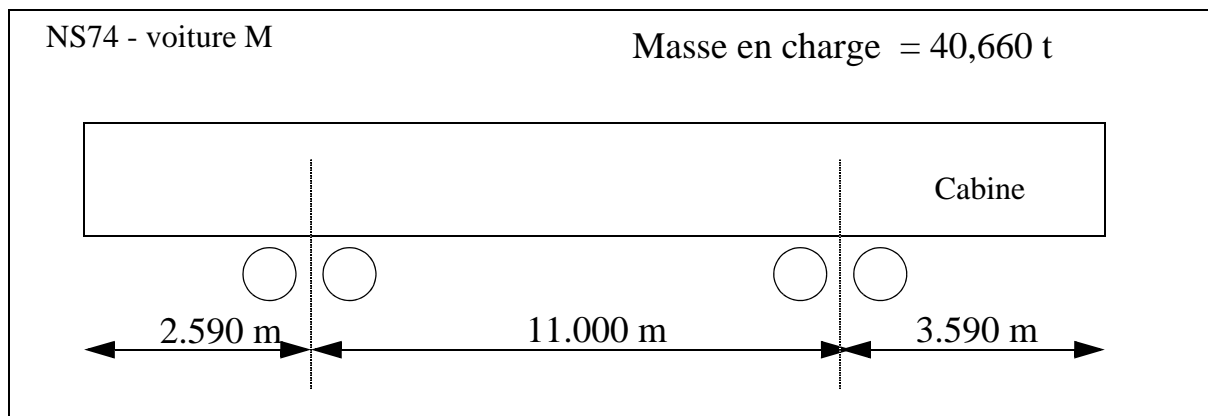


Dossier de Spécification Système de l'ATC

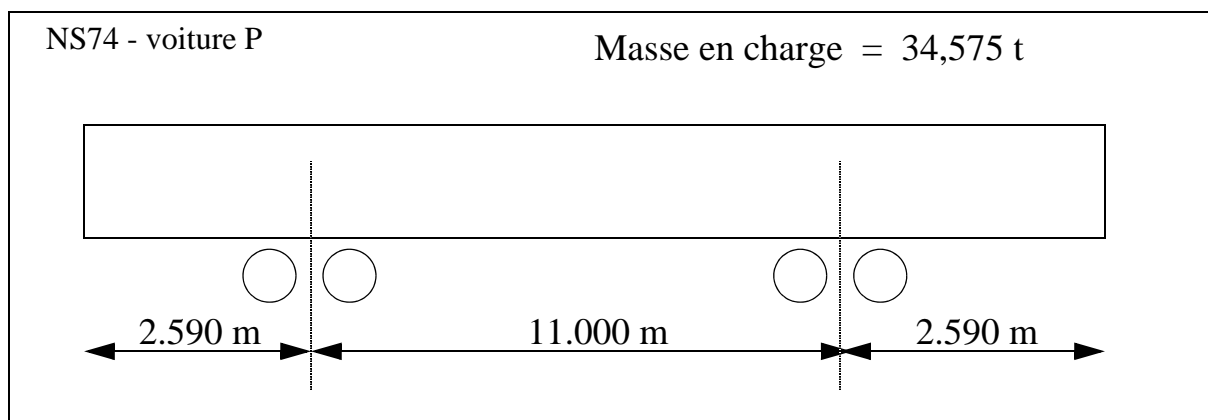


Dossier de Spécification Système de l'ATC

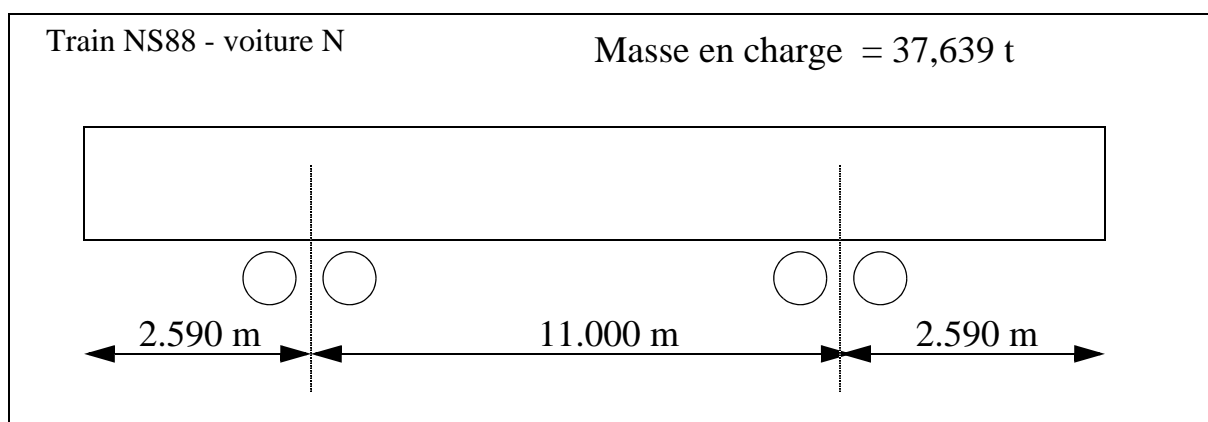
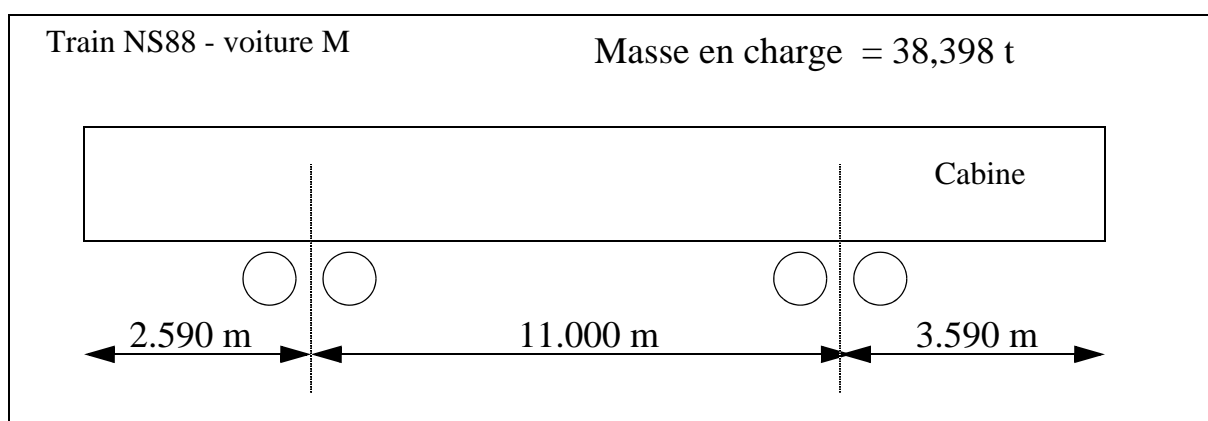
I.5.3.3. Train NS74



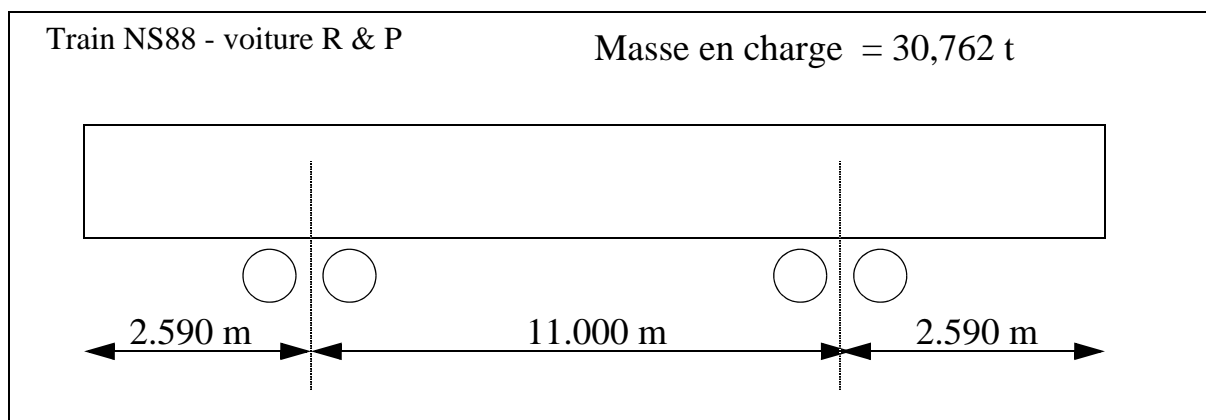
Dossier de Spécification Système de l'ATC



I.5.3.4. Train NS88

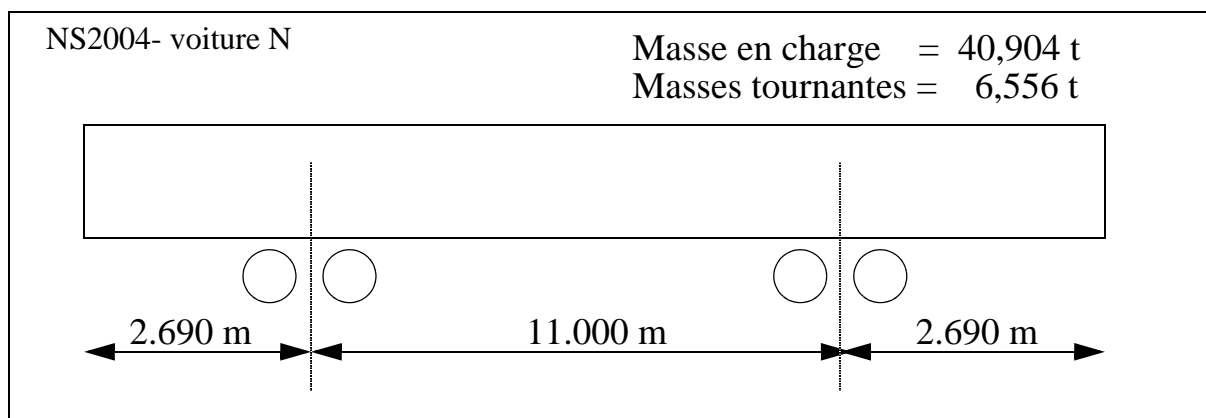
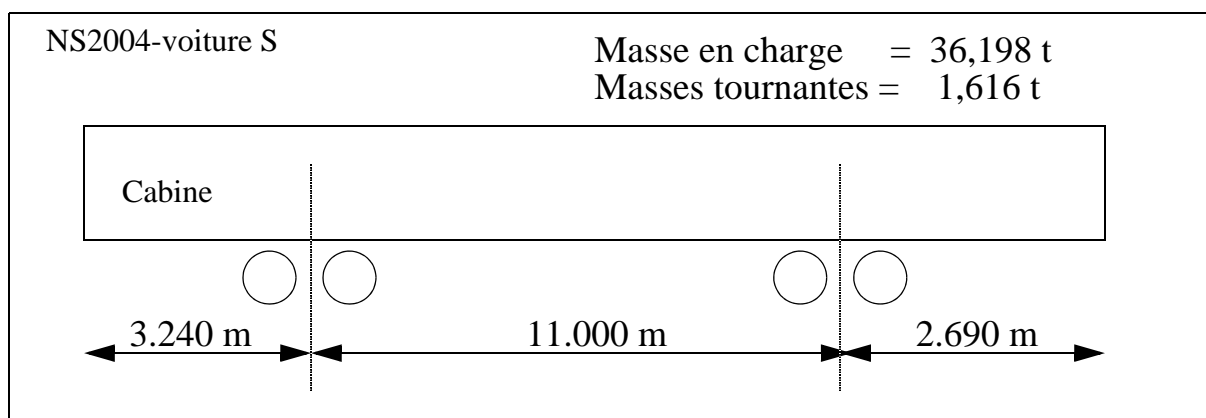


Dossier de Spécification Système de l'ATC

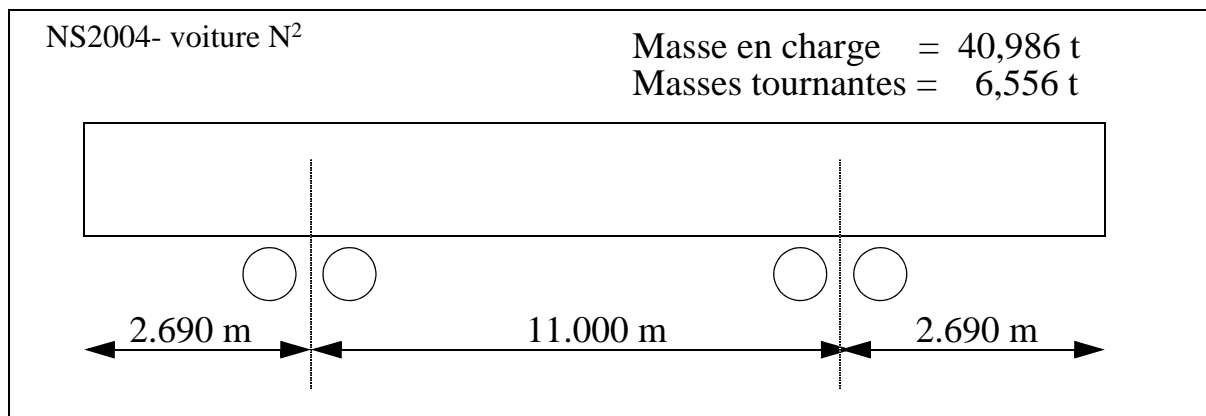


I.5.3.5. Train NS2004

La masse prise en compte correspond à la charge AW3 soit 6 passagers / m².



Dossier de Spécification Système de l'ATC



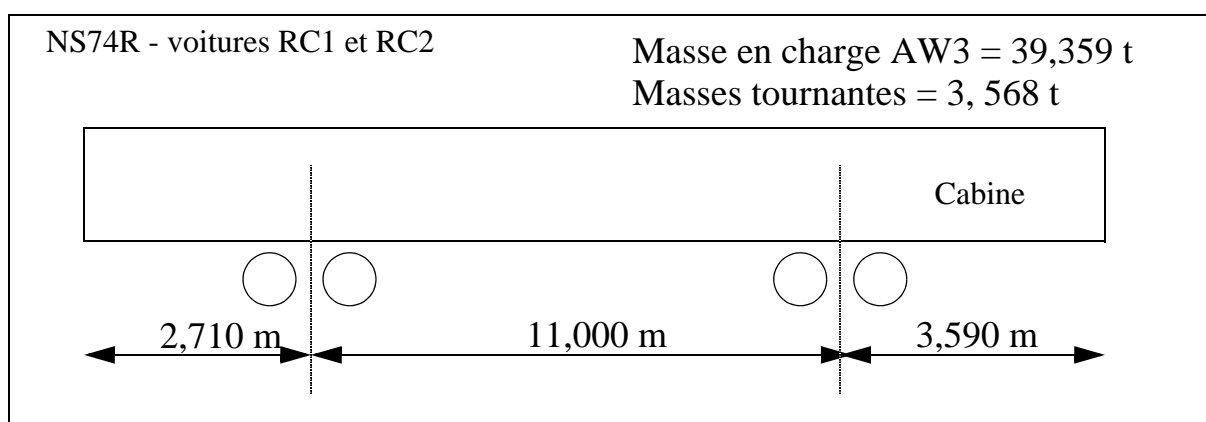
Soit pour un train de 7 voitures en charge (6 p / m²) :

- Masse statique en charge = 276,998 t
- Masses tournantes = 36,012 t
- Coefficient masse tournantes = 1,13

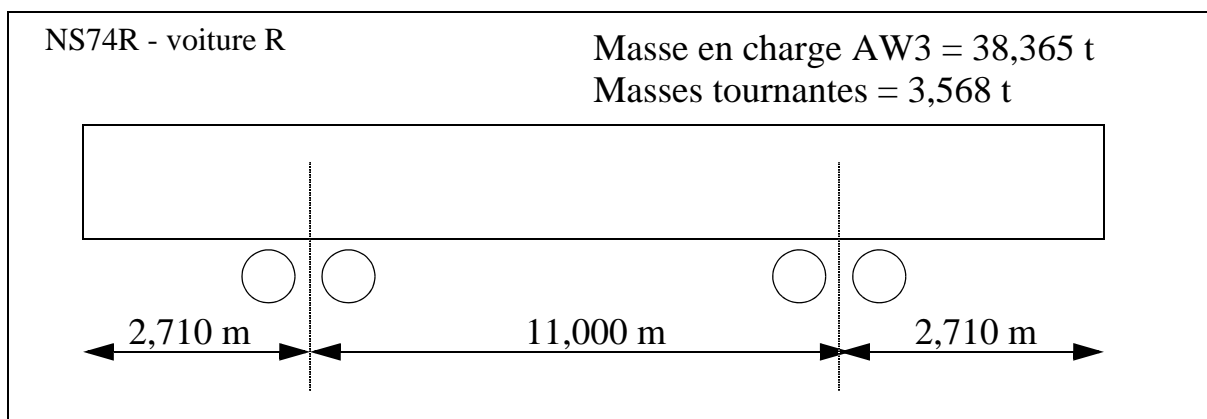
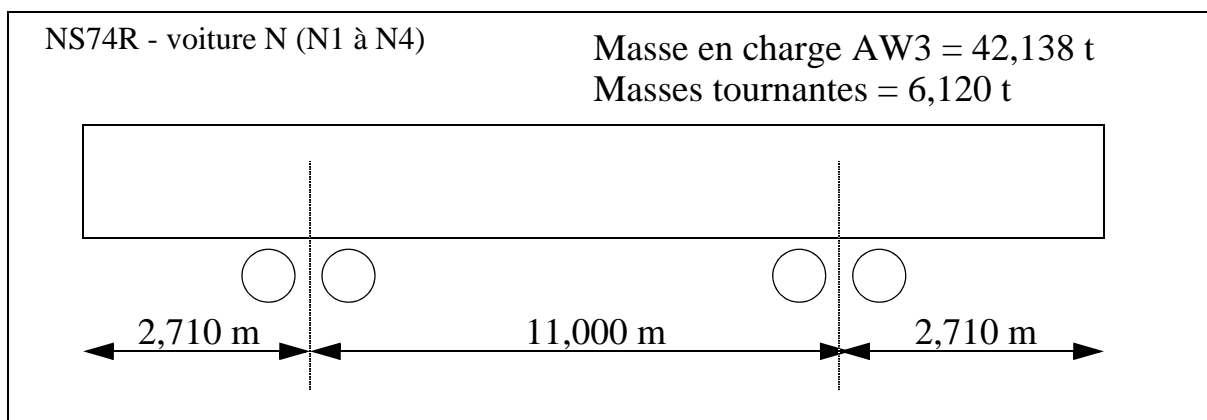
pour un train de 8 voitures en charge (6 p / m²) :

- Masse statique en charge = 317,902 t
- Masses tournantes = 42,568 t
- Coefficient masse tournantes = 1,1339

I.5.3.6. Train NS74R (train rénové)



Dossier de Spécification Système de l'ATC



Soit pour un train de 7 voitures en charge (AW3, 6 p / m²) :

- Masse statique en charge = 285,636 t
- Masses tournantes = 36,012 t
- Coefficient masse tournantes = 1,1232

Dossier de Spécification Système de l'ATC

**ANNEXE J
REFERENCE CROISEE DSS / DBU**

Cette annexe contient un résumé sous forme de tableau des liens entre les différents sous-systèmes et les fonctions devant être exécutées. Elle permet d'assurer la traçabilité entre les fonctions nécessaires et les sous-systèmes.

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Besoins et fonctions spécifiques	Référence	Système			
		ATC		TM (terminal de maintenance)	
		ATC sol	ATC bord	MT bord	MT sol
FONCTIONS SPECIFIQUES					
5.3.1. Principes SACEM de description de la voie	DSS 5.3.1.	X			
5.3.2. Principe de la transmission SACEM	DSS 5.3.2.	X	X		
5.3.3. Localisation SACEM	DSS 5.3.3.	X	X		
5.3.4. Modes de contrôle SACEM	DSS 5.3.4.	X	X		
PROTEGER ET ASSISTER LES VOYAGEURS					
5.4.1. Gestion des portes du train	DBU 3.3.5.1.	X	X		
5.4.2. Maintien du train à quai	DBU 3.3.5.3.	X	X		
GERER LE MOUVEMENT DES TRAINS					
5.5.1. Départ Sur Ordre	DBU 3.4.5.1	X	X		
5.5.2. Régulation ATO	DBU 3.4.5.2	X	X		
5.5.3. Arrêt du train au point d’arrêt de service en station			X		
5.5.4. Arrêt du train devant un point d’arrêt restrictif		X	X		
5.5.5. Retournement			X		
CONDUIRE CHAQUE TRAIN					
5.6.1. Commande du train	DBU 3.5.		X		
5.6.2. Ordre de départ			X		
PROTECTION DU MOUVEMENT DES TRAINS					

Tableau 18 : Tableau de références croisées DBU - DSS

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Besoins et fonctions spécifiques	Référence	Système			
		ATC		TM (terminal de maintenance)	
		ATC sol	ATC bord	MT bord	MT sol
5.7.1. Mesure de vitesse	DBU 3.6.5.1.	X	X		
5.7.2. Gestion des limites de vitesse	DBU 3.6.5.2.	X	X		
5.7.3. Limite temporaire de vitesse	DBU 3.6.5.3.	X	X		X
5.7.4. Détection de recul	DBU 3.6.5.4		X		
5.7.5. Contrôle du mouvement du train	DBU 3.6.5.5	X	X		
INFORMER LE CONDUCTEUR					
5.8. INFORMER LE CONDUCTEUR DU TRAIN	DBU 3.7.4.1 et DSS 5.8.		X		
MAINTENANCE					
5.9.1. Reconfiguration de la transmission continue	DSS 5.9.1.	X			
5.9.2. Fonction de maintenance	DBU 3.8 et DSS 5.9.2.	X	X	X	X
5.9.3. UENR (Unité d'Enregistrement des paramètres d'exploitation)			X		

Tableau 18 : Tableau de références croisées DBU - DSS

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE K INTERFACE STATION

Rédaction réservée.

L'environnement de l'armoire sol est représenté sur le synoptique suivant:

Dossier de Spécification Système de l'ATC

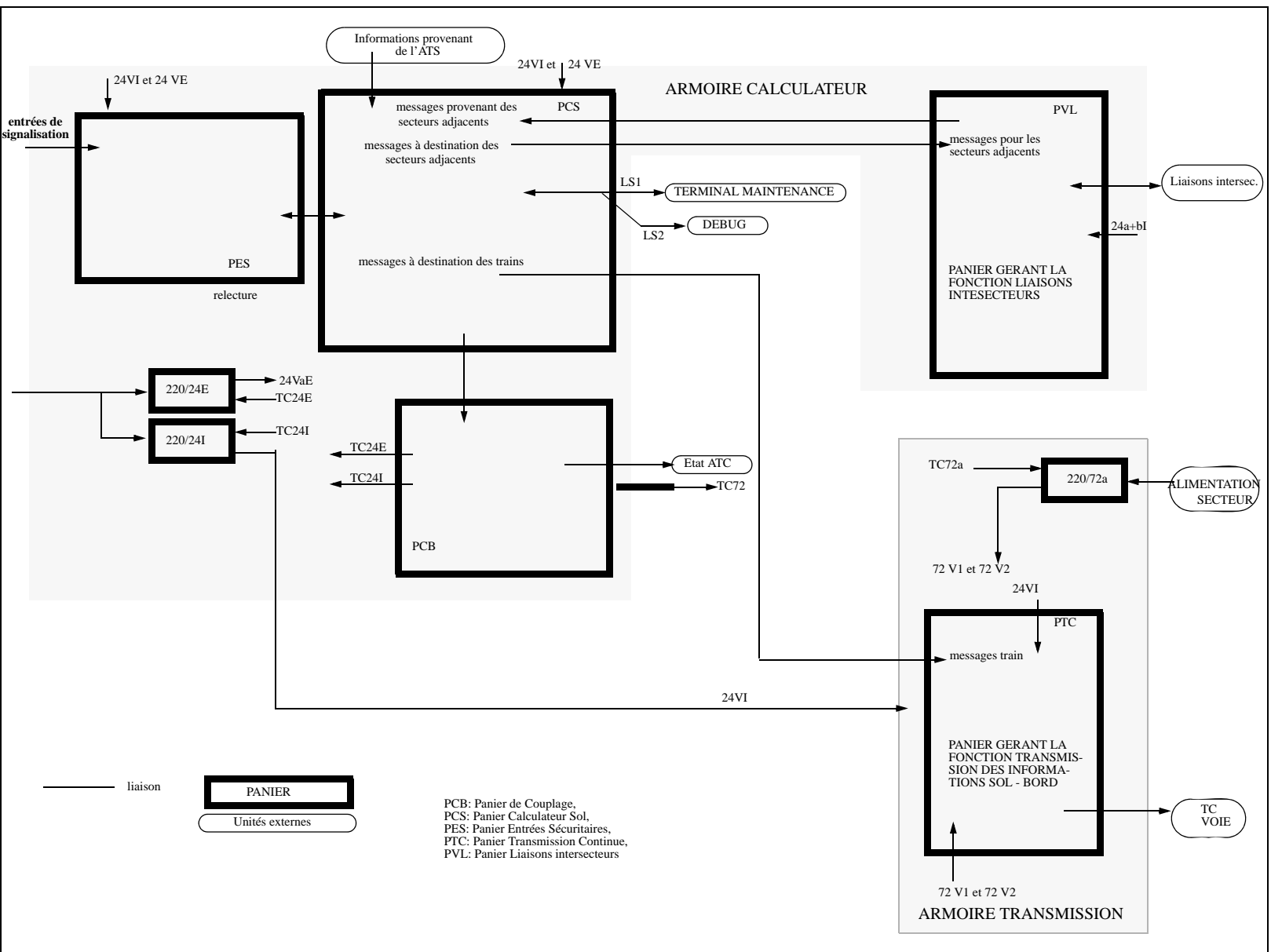


Figure. 62. Synoptique de l'environnement de l'armoire SACEM sol

Dossier de Spécification Système de l'ATC

ANNEXE L INTERFACE TRAIN

Entrée	Niveau	Type de train
--------	--------	---------------

Entrées ATP TOR sécu.

Commande portes en position "AUTO"	80V/15mA	Tous
CMC	80V/15mA	Tous
Cabine 1 active	80V/15mA	Tous
Cabine 2 active	80V/15mA	Tous
Bouton poussoir départ (état FD)	80V/15mA 50V/15mA	Tous
Info départ (Monocoup portes fermées)	80V/15mA	Tous

Entrées ATP TOR isolées

QVA et QVA.2	80V/15mA	Tous
PA et PA.2	80V/15mA	Tous
Bouton poussoir MAV (et MAV2)	80V/15mA	NS93 NS2004
EVIB et EVIB2	80V/15mA	NS74 NS88

Entrées ATO isolées

Etat ALD	12V/xx mA	NS74 NS88
Reset UC ATP : Bouton poussoir Rearm-ATP sur NS93	80V/15mA	NS93, NS2004
Recopie EtatFD sur NS74 et NS88	50V/15mA	NS74

Tableau 19 : Interface Entrées TOR de l'armoire ATC bord

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Type de signal	Niveau	Type de train
----------------	--------	---------------

Sorties TOR ATP isolées

Buzzer Survitesse	Tension batterie	NS93 NS2004
Voyant SV/FU	Tension batterie	NS93 NS2004
Voyant P.PA	Tension batterie	NS93 NS2004
Voyant CMP	Tension batterie	NS93 NS2004
Voyant PA	Tension batterie	NS93 NS2004
Voyant CMC	Tension batterie	NS93 NS2004
Commande vibreurs	Tension batterie	NS2004

Sorties TOR ATP sécu. isolées

Inhib. FU	Tension TOR 72V	Tous
Commande des disjoncteurs	Tension TOR 72V	NS74 NS88
Zone (ou Autorisation) Ouv. portes D.	Tension TOR 72V	Tous
Commande Ouv. portes D.	Tension TOR 72V	Tous
Zone (ou Autorisation) Ouv. portes G.	Tension TOR 72V	Tous
Commande Ouv. portes G.	Tension TOR 72V	Tous

Sorties TOR ATO isolées

Commandes Traction/Erre	4 sorties Tension batterie	NS74 NS88
Commandes Freinage	5 sorties Tension batterie	NS74 NS88

Tableau 20 : Interface Sorties TOR de l'armoire ATC bord

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Type de signal	Niveau	Type de train
Autorisation Traction	Tension batterie	NS93 NS2004
Freinage	Tension batterie	NS2004
3 sorties train (contractuelles)	Tension batterie	NS74 NS88 NS93
2 sorties train (contractuelles)	Tension batterie	NS2004

Tableau 20 : Interface Sorties TOR de l'armoire ATC bord

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Repère	Type de liaison série	Niveau	Type de train
1	Liaisons série de mise au point ATP	RS232	Tous
2	Liaisons série de mise au point ATO	RS232	Tous
3	Liaisons série de lecture du DAM	RS232	Tous
4	Liaison afficheur cabine 1	RS485 2fils	NS74 NS88
5	Liaison afficheur cabine 2	RS485 2fils	NS74 NS88
6	Liaison traction freinage SIE1	RS485 4fils	NS93
7	Liaison traction freinage SIE2	RS485 4fils	NS93
8	Liaisons série de lecture de l'UENR	RS232	Tous
9	Liaison traction freinage -> série/PWM S1	RS485	NS2004
10	Liaison traction freinage -> série/PWM S2	RS485	NS2004

Tableau 21 : Interface Liaisons série avec l'armoire ATC bord

Le protocole de transmission utilisé pour les liaisons séries 2, 3 et 8 est défini dans l'Annexe F.

Le protocole de transmission utilisé pour les liaisons séries 6, 7, 9 et 10 ("traction freinage") est défini dans le document "Echanges ATO/ATP - SIE par liaison série" référence : 5474 703. Le contenu informationnel du message est le suivant :

No Octet	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
1	1	1	1	1	4 bits P.F. de la cmd d'effort			
2	8 bits de p.f. de la commande d'effort							
3	1	Vibr.	1	1	1	1	1	1

Le protocole de transmission utilisé pour les liaisons séries 1, 4 et 5 sera défini dans le "Dossier de conception du sous-système ATC embarqué".

Dossier de Spécification Système de l'ATC

Type de signal	Niveau
Lampe LAD	Tension batterie
Commande Vibreurs	Tension batterie

Tableau 22 : Interface Sorties TOR de l'afficheur NS74, NS88