

## 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 ( $\leq 512$  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 :

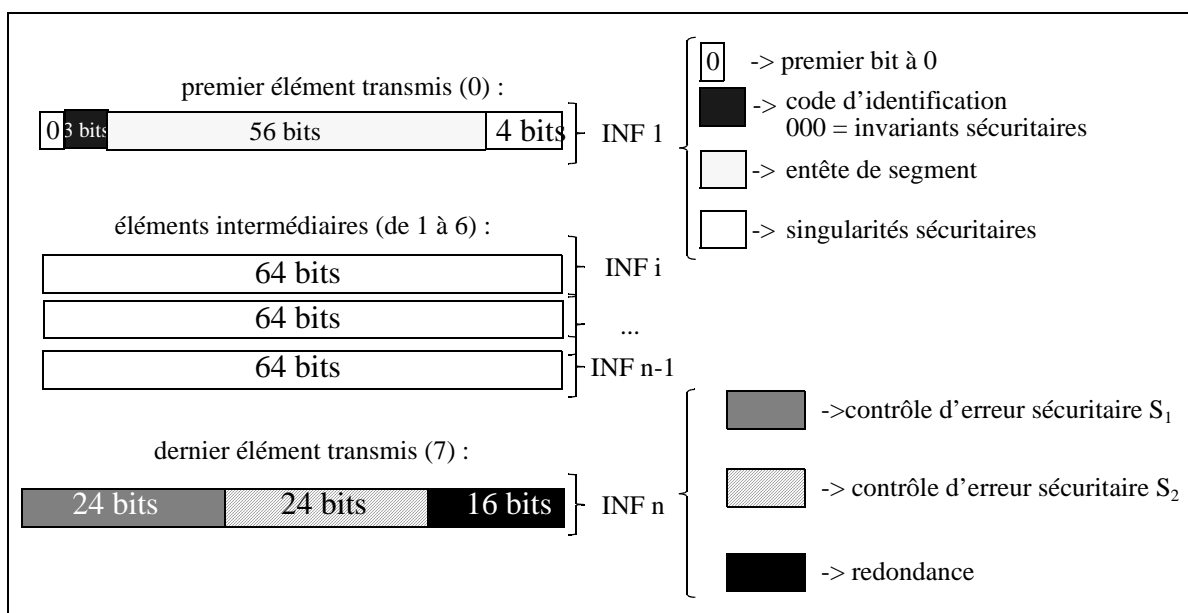


Figure. 53. partie "INF" des invariants sécuritaires

Chaque singularité<sup>1</sup> est décrite avec le format suivant :

- Format** : Format<sup>2</sup> 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	<b>NON UTILISE DANS L'APPLICATION SANTIAGO</b>	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) :

$$\text{Quantum : } \frac{1}{128} \text{ m/s}^2 = 0.0078125 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Champ : } [ 0.9921875 \text{ } \dots \text{ } -1 ] \text{ m/s}^2$$

$$\left[ \frac{101}{1000} , - \frac{101.9}{1000} \right] \text{ exprimé en } \text{‰}$$

**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.

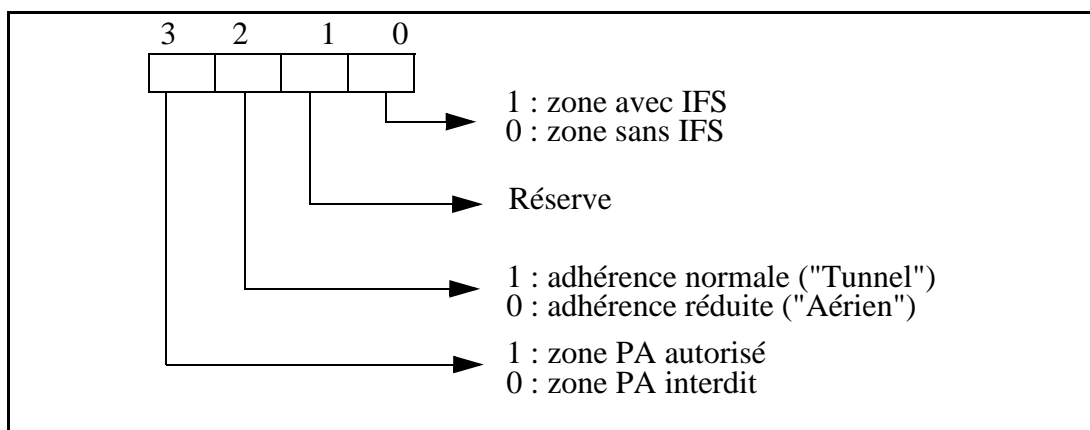


Figure. 54. Définition des caractéristiques fixes



## 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/s<sup>2</sup> i.e. 0.79/100  
champ = [0 ..+1.9921875 m/s<sup>2</sup> ] 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					

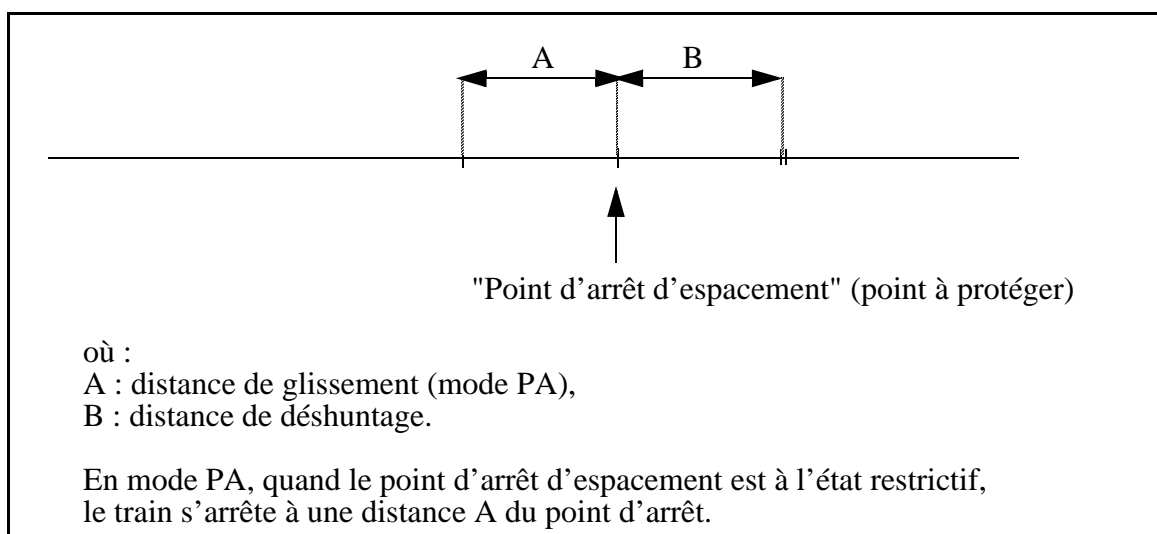


Figure. 55. Définition du point d'arrêt d'espacement

**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

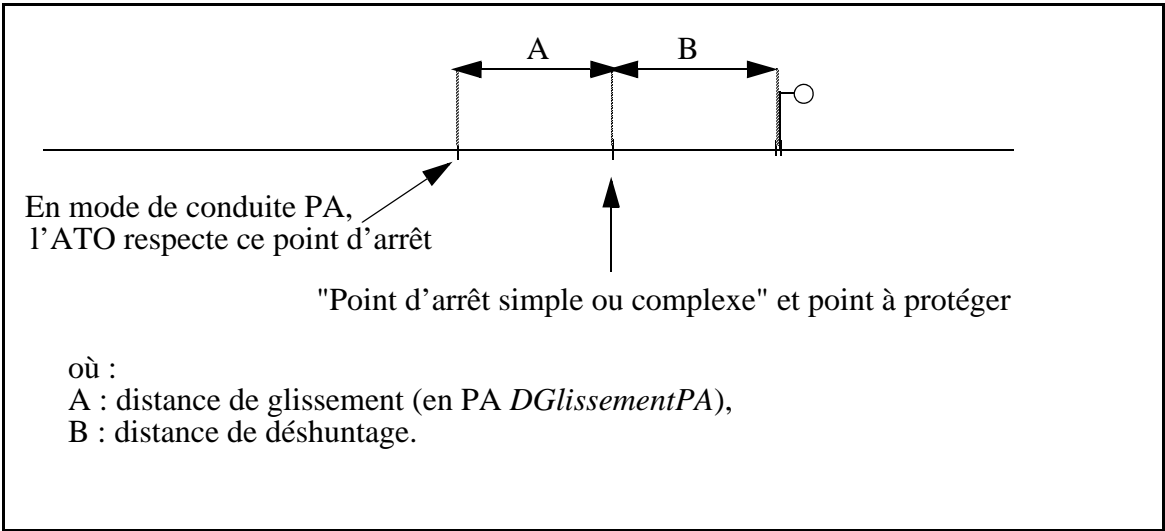


Figure. 56. Définition d'un point d'arrêt simple ou complexe sans section tampon

## Dossier de Spécification Système de l'ATC

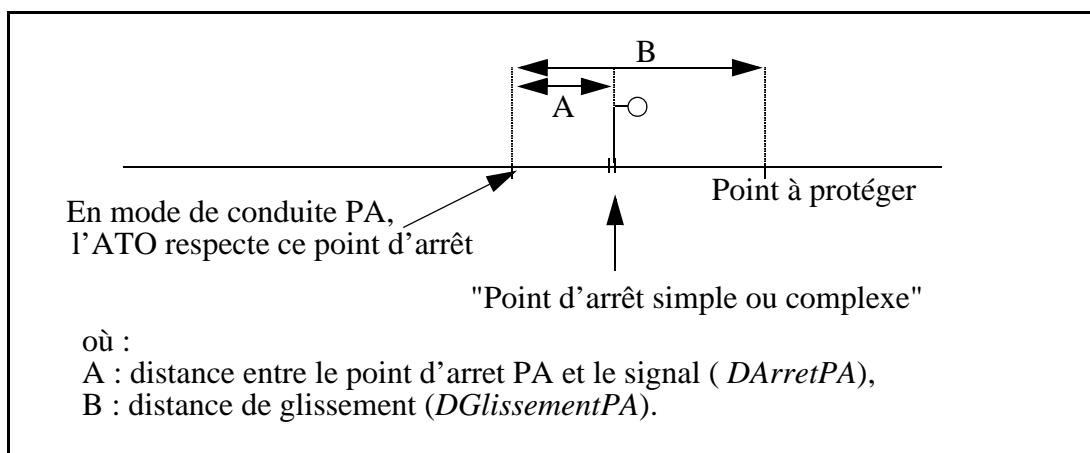


Figure. 57. Définition d'un point d'arrêt simple ou complexe avec section tampon

### 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 :

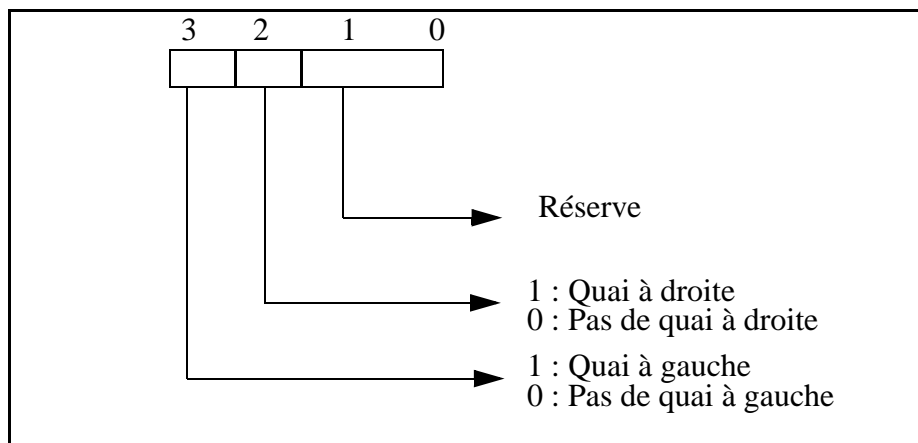


Figure. 58. Caractéristiques de station

- 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'ARRET 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  $\geq 8$ , rang du dernier variant anticipé,  $\leq 22$ ).  
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  $\theta_1$  et  $\theta_2$  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 :

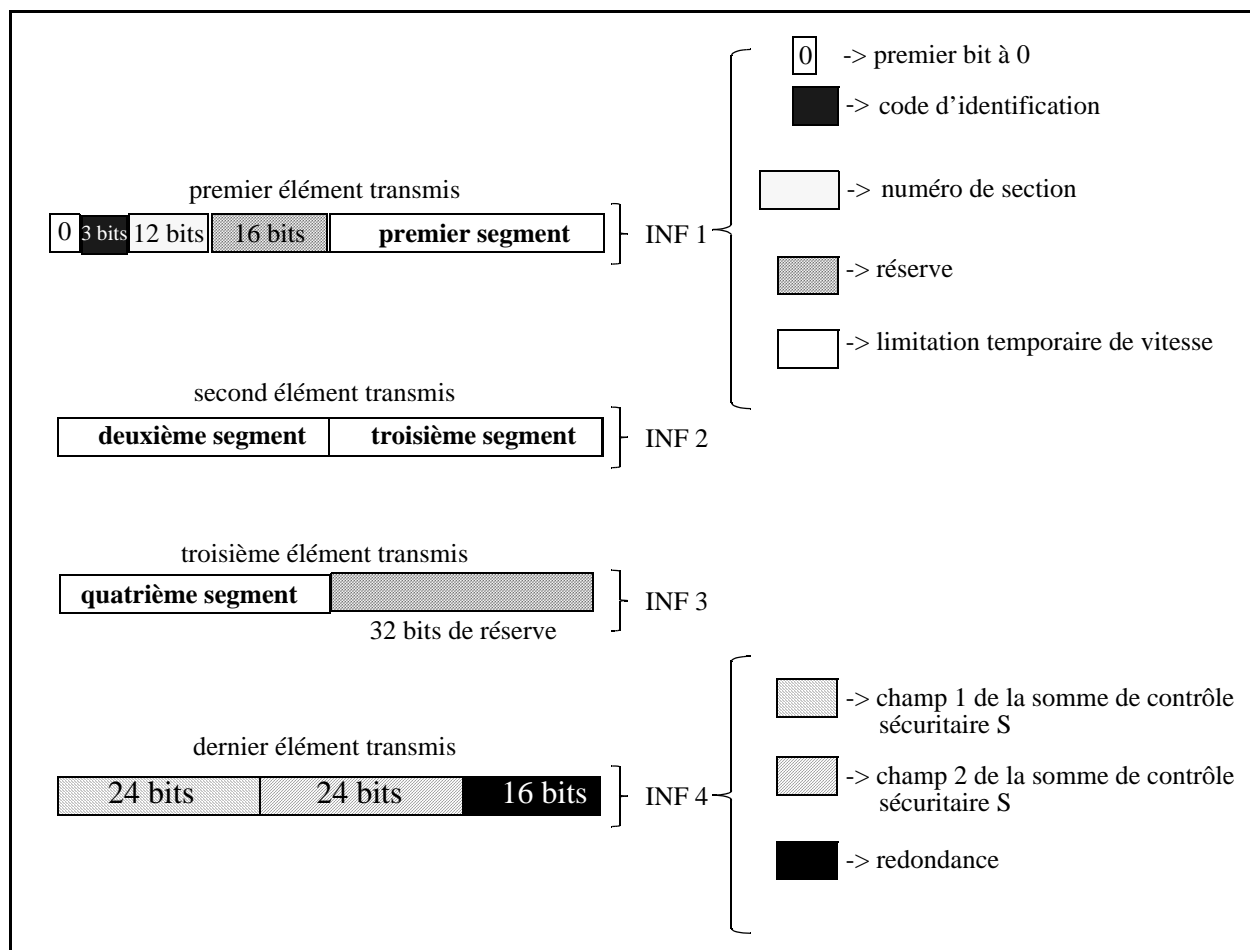


Figure. 59. Partie "INF" de message de Limitation Temporaire de Vitesse

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 inexistantes".

- 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 :

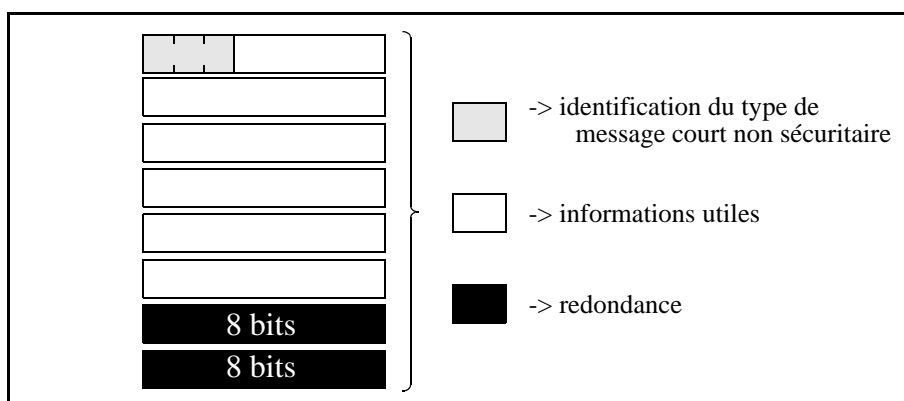


Figure. 60. Partie "INF" des messages de variants non-sécuritaires

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					
quartet 7					
quartet 8					
quartet 9					
quartet10					RESERVE
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.