

PARTIE D



ETUDE DE LA TRANSMISSION VOIE-MACHINE.

Problématique : Dans cette partie, on vous demande d'étudier la transmission d'informations à la motrice de l'AGV et de proposer une solution technologique pour le traitement et l'affichage des données.

Ce dossier est constitué de :

- 12 pages numérotées D1 à D12 [questionnement et espace réponse.]
- 4 pages numérotées DT D1 à DT D4 [Documents techniques]

Durée maximum conseillée : 1 heure

I. Mise en situation.

La circulation routière est régie par un certain nombre de règles, afin que chaque usager puisse circuler avec un maximum de sécurité, dans le respect des autres utilisateurs.

Ainsi, le passage à un carrefour est régi par une signalisation lumineuse (feux tricolores) ou fixe (panneaux).

Les lignes ferroviaires classiques sont également équipées d'une signalisation lumineuse.

D.1.1. En supposant qu'un signal fixe soit visible à 50 m et une vitesse de train de 360 km/h, **calculer** le temps dont dispose le conducteur pour voir un signal.

D.1.2. **Conclure** sur la nécessité d'une signalisation embarquée dans la cabine des Trains à Grande Vitesse.

Le système retenu pour effectuer la signalisation sur la Ligne Grande Vitesse est un affichage permanent des informations en cabine. Ce système, **T**ransmission **V**oie-**M**achine (TVM), transmet à la cabine, en temps réel et de manière continue, les informations provenant du circuit de voie.

Ces informations, relatives aux limitations de vitesse à respecter en fonction de l'état de la signalisation, sont transmises à des fréquences particulières, qui viennent s'ajouter au courant de circuit de voie. La vitesse limite qu'il ne doit pas dépasser ainsi qu'une annonce de la vitesse qu'il devra respecter à l'entrée du prochain canton sont directement reportées sur un afficheur lumineux au centre du tableau de bord.

II. Principaux risques liés à la circulation ferroviaire.

Les principaux risques liés à la circulation ferroviaire sont :

- Le déraillement
- Le nez à nez (quand 2 trains se retrouvent face à face sur une même voie)
- La prise en écharpe (quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction)
- Le rattrapage (quand le train suiveur rattrape celui qui le précède)
- La rencontre d'obstacle.

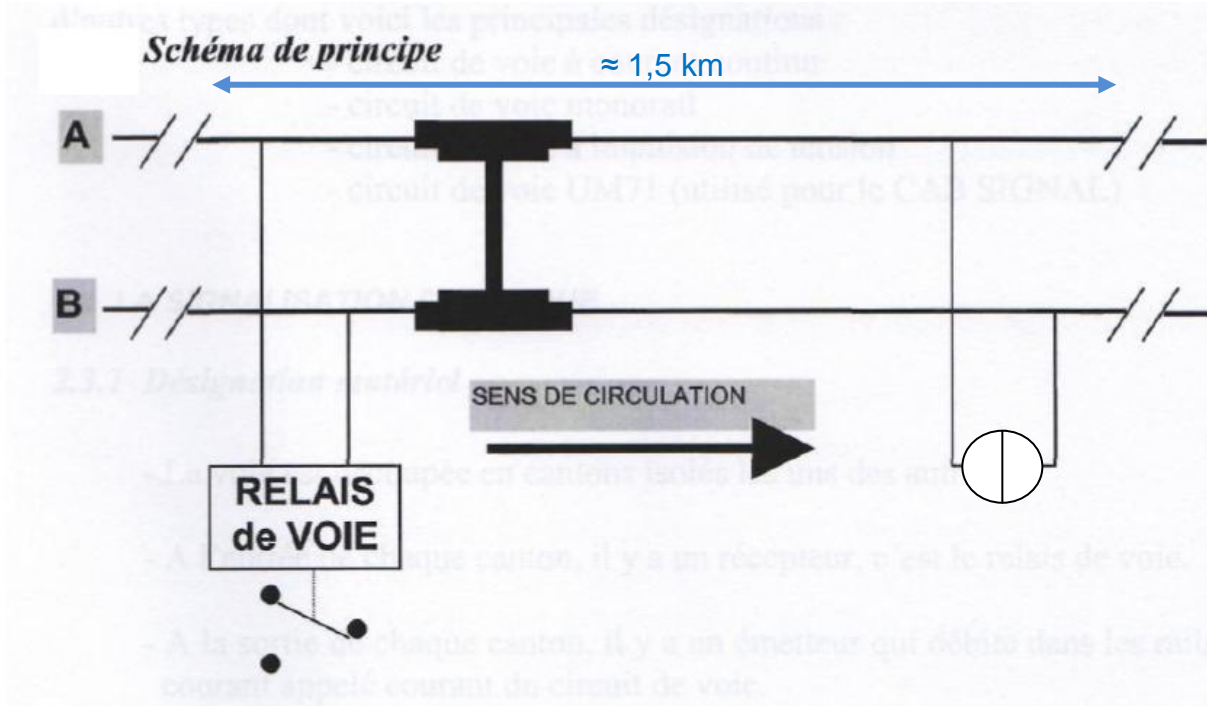
Le risque de **déraillement** est géré par la limitation de vitesse de la rame.

Le risque de **nez à nez** est limité par une bonne gestion des voies.

Les risques de rencontre d'obstacle, de rattrapage et de prise en écharpe seront l'objet de notre étude.

III. Le circuit de voie.

Chaque canton (voir page DT D1) est surveillé par un circuit de voie dont le principe est donné ci-dessous :



Les voies A et B, sont 2 rails isolés entre eux et par rapport à la terre. Sur la partie droite du schéma, on trouve un générateur de courant. Sur la partie gauche, un relais alimenté par ce générateur.

D.3.1. Etude de la surveillance d'un canton.

D.3.1.1. **Indiquer** quels sont les états (excité ou désexcité) du relais dans le cas où il n'y a pas de train sur le canton et dans le cas où il y a un train sur le canton (les essieux des trains étant conducteurs). Justifiez votre réponse.

D.3.1.2. **Expliquer** pourquoi le générateur alimentant le relais doit être un générateur de courant et non un générateur de tension.

D.3.1.3. **Indiquer** quel est l'état du relais dans le cas où il y a une rupture de rail. **Justifier** votre réponse.

D.3.1.4. En cas de panne du générateur, l'état du relais correspondrait-il à une présence ou à une absence de train ? **Justifier** votre réponse.

D.3.2. Etude de la séparation électrique entre 2 cantons.

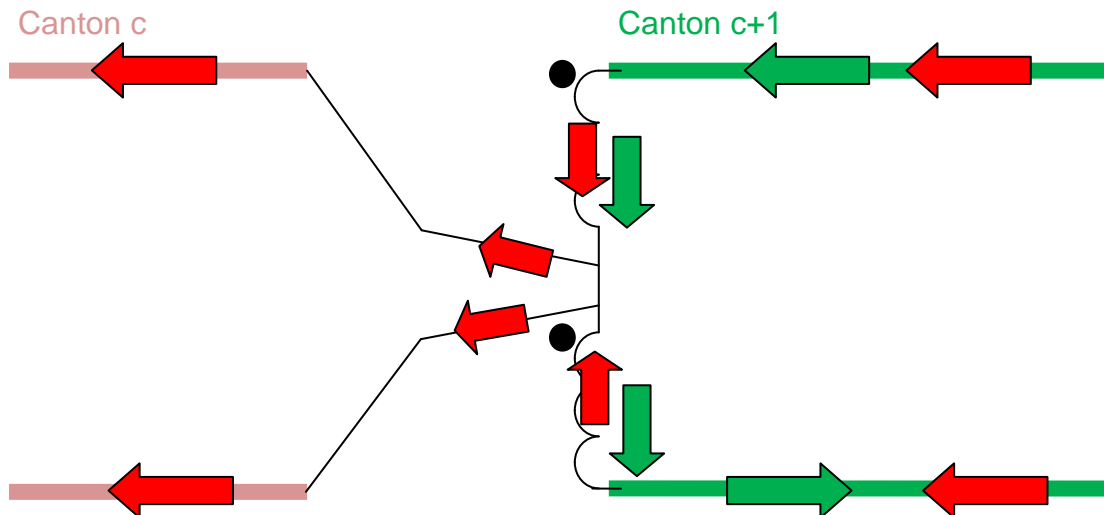
L'alimentation électrique d'une AGV se fait par 2 bornes :

- L'une des bornes est la caténaire
- L'autre borne est constituée par les rails.

Le courant de retour doit rejoindre le poste d'alimentation en traversant tous les cantons qui le séparent de celui-ci.

Par contre, le signal de surveillance du canton ne doit pas quitter celui-ci.

La solution retenue est l'utilisation d'une connexion inductive dont on vous demande d'étudier le fonctionnement.



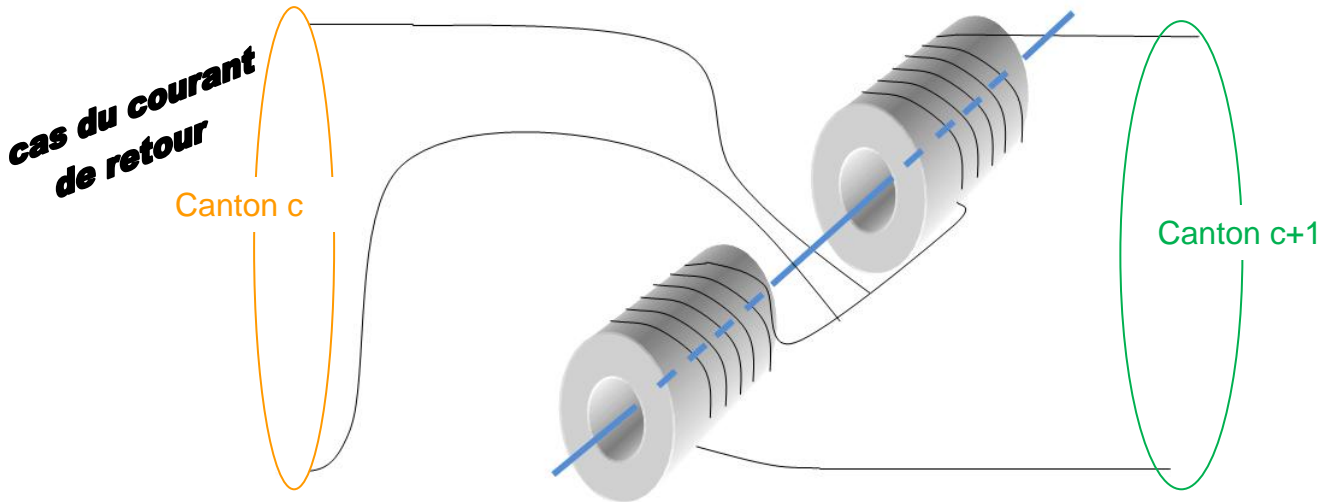
Une connexion inductive est constituée d'un bobinage de grosse section dont le point milieu est sorti et relié au canton précédent afin de permettre le passage du courant de retour.

On suppose que le courant de retour est uniformément réparti entre les 2 rails.

Sur le dessin ci-dessus figurent le courant de retour (en rouge) et le courant de surveillance (en vert), pour une alternance de ces courants.

Sur les dessins ci-dessous, la connexion inductive est représentée dans l'espace. Le trait bleu représente le passage des lignes de champ.

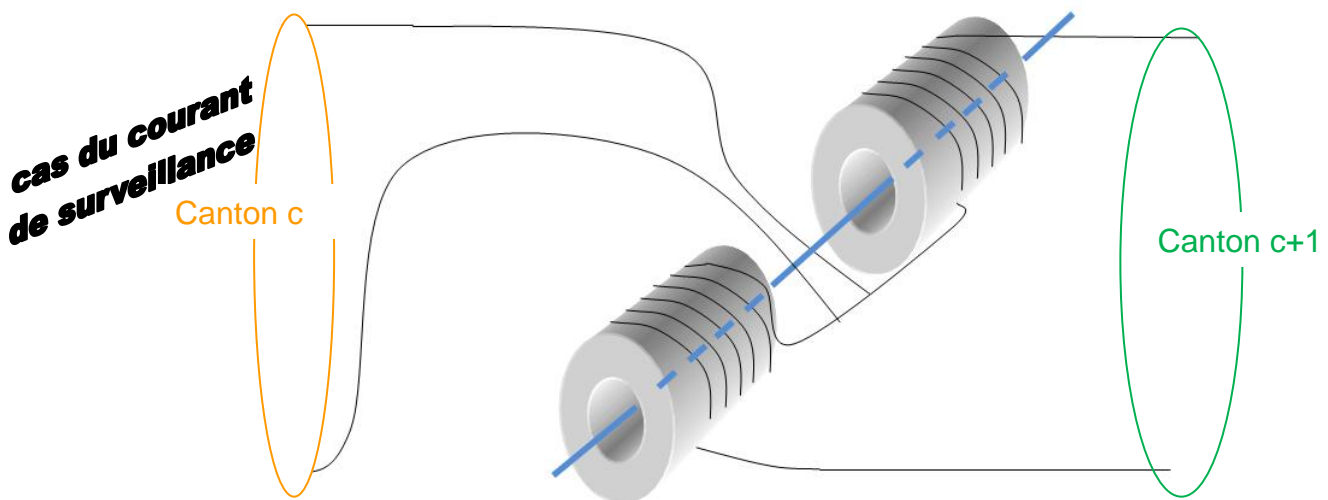
D.3.2.1. **Représenter en rouge**, sur le dessin ci-dessous, le passage du courant de retour, du canton {c+1} au canton {c}.



D.3.2.2. **Représenter en vert**, sur le dessin ci-dessous, le sens des champs magnétiques créés par le courant de retour dans les 2 bobines.

D.3.2.3. La présence de la bobine a-t-elle une influence sur le courant de retour ? **Justifier** votre réponse.

D.3.2.4. **Représenter en rouge**, sur le dessin ci-dessous, le passage du courant de surveillance du canton {c+1}.



D.3.2.5. **Représenter en vert**, sur le dessin ci-dessous, le sens des champs magnétiques créés par le courant de surveillance dans les 2 bobines.

D.3.2.6. La présence de la bobine a-t-elle une influence sur le courant de surveillance ? Justifier votre réponse.

IV. Transmission d'informations vitesses et nature de voie.

La prévention des déraillements passe par l'adaptation de la vitesse aux conditions de voie (nature, pente...) Le système TVM 430 (Transmission Voie-machine) est une transmission continue permettant d'informer le conducteur de ces informations.

Le support de transmission au sol est constitué par les rails. Le signal est détecté par des antennes montées sous la rame du TGV, à environ 2 m en avant du premier essieu.

Constitution du signal : voir à partir de la page DT D3.

D.4.1. Interprétation du signal.

D.4.1.1. La transmission dont il est question ici est-elle de type série ou de type parallèle ? **Justifier** votre réponse.

Chaque fréquence de signal est définie par le rang n du bit qu'il représente, suivant la formule :

$$f_n = 0,88 + (n - 1) \times 0,64 \quad f_n \text{ en Hertz.}$$

D.4.1.2. **Calculer** la fréquence des signaux des bits de rang 1 , 16 et 27.

$f_1 =$

$f_{16} =$

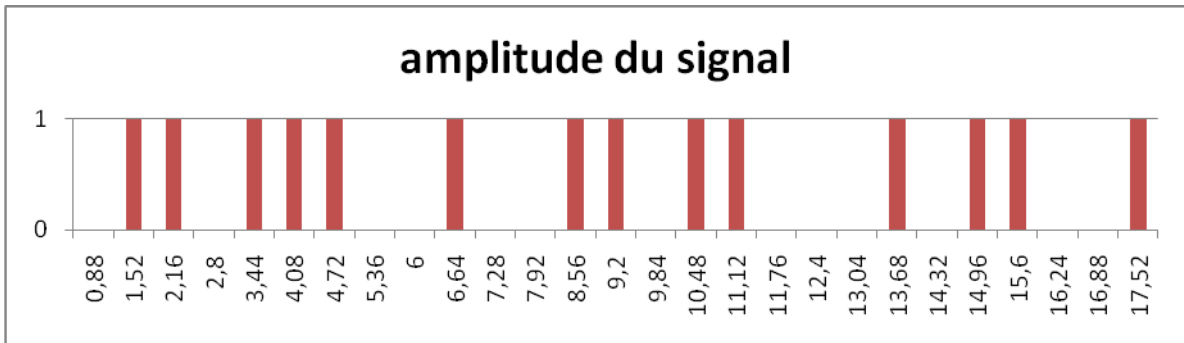
$f_{27} =$

D.4.1.3. Quel serait le rang d'un bit dont la fréquence de signal serait de 50 Hz ?

D.4.1.4. Pourquoi cette fréquence n'est-elle pas utilisée dans les codages ?

D.4.1.5. Une sinusoïde supplémentaire de 25,68Hz est émise en permanence sur la voie. Quel est son rôle ?

On donne ci-dessous l'analyse spectrale ¹ d'un signal reçu par une AGV.



 **Répondre** aux questions suivantes à l'aide des documents ressources

D.4.1.6. Sur quel type de réseau se trouve cette AGV ?

D.4.1.7. Quelle est la vitesse maximale autorisée sur cette portion de voie ?

D.4.1.8. Quelle sera la vitesse autorisée en sortie ?

D.4.1.9. Quelle est la longueur de ce tronçon ?

D.4.1.10. Quelle est la valeur de la déclivité de la voie (précisez s'il s'agit d'une montée ou d'une descente) ?

D.4.1.11. La vitesse autorisée en sortie étant inférieure à celle du tronçon présent, quelle est la décélération à appliquer afin d'avoir une réduction de vitesse la plus « douce » possible ? (on considèrera une décélération uniforme).

¹ Une analyse spectrale donne la valeur des composantes d'un signal en fonction de leur fréquence.

D.4.2. Gestion de l'affichage.

On demande, dans cette partie, d'établir partiellement les éléments de logique permettant de commander l'éclairage du fond de l'afficheur.

Cet éclairage peut prendre 4 couleurs : rouge, noir, blanc et vert.

D.4.2.1. A partir des données des documents ressources, **compléter** le tableau de Karnaugh page **10** correspondant à **l'éclairage blanc**.

(ne compléter que les « 1 » et laisser les autres cases vides)

D.4.2.2. A partir du tableau de Karnaugh donné page D9, **établir** l'équation logique simplifiée de **l'éclairage Noir**.

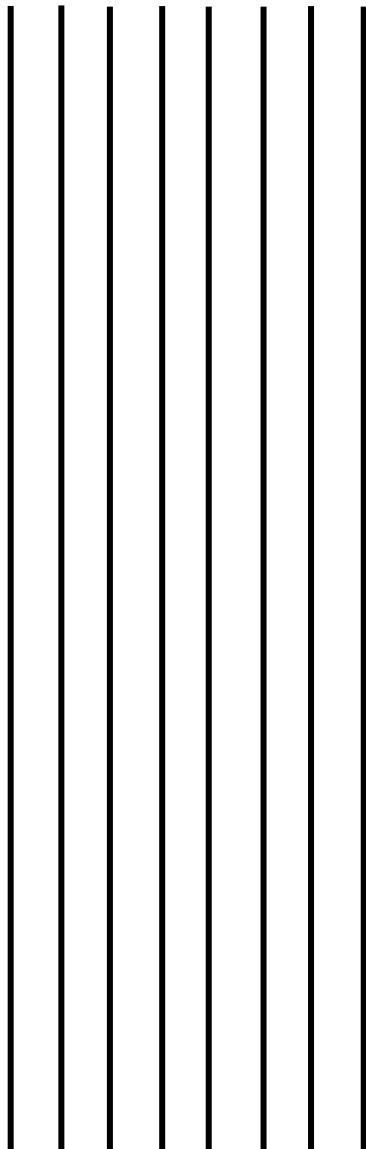
D.4.2.3. On donne l'équation de l'affichage de l'éclairage **vert**.

$$V = b_{24} \cdot \overline{b_{22}} \cdot b_{18} \cdot (b_{23} \cdot b_{21} + \overline{b_{23}} \cdot \overline{b_{21}})$$

Etablir, ci-dessous, le logigramme de cet affichage.

Utiliser des fonctions NON, ET et OU à 2 entrées.

B24 B23 B22 B21 B20 B19 B18 B17



B20 B19 B18 B17

B24 B23 B22 B21

0000	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	1000
0001																	
0010																	
0011																	
0100																	
0101																	
0110																	
0111																	
1000																	
1001																	
1010																	
1011																	
1100																	
1101																	
1110																	
1111																	

Coulu B20 B19 B18 B17

B24 B23 B22 B21

	0000	0001	0011	0010	0110	0111	0101	0100	1100	1101	1111	1110	1010	1011	1001	1000
0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0010	0	0	0	0	X	1	1	1	1	1	1	X	0	0	0	0
0110	0	0	0	0	X	1	1	1	1	1	1	X	0	0	0	0
0111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	X	X	1	1	1
1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D.4.3. Surveillance de la vitesse.

Nous traiterons, dans cette partie, l'exemple de la consigne de vitesse « 270 km/h ».

Tant que la consigne « 270 km/h » n'est pas parvenue au train, le système est en veille.

La transmission par la TVM de l'ordre « 270 km/h » met le système en surveillance, jusqu'à ce que la consigne de vitesse soit différente de 270 km/h.

Si la vitesse est dépassée, un voyant orange s'allume.

- Si la vitesse repasse sous 270 km/h, le système se remet en surveillance.
- Si la vitesse est encore supérieure à 270 km/h au bout de 2 s, une alarme retentit dans la cabine.

Dans ce cas :

- Si la vitesse repasse sous 270 km/h, le système se remet en surveillance.
- Si la vitesse reste au dessus de 270 km/h pendant 3 s, le TGV est arrêté en urgence (« mise en sécurité »).

Dans ce cas, une validation « contrôle sécurité » est nécessaire pour pouvoir redémarrer le train. Le système se remet alors en veille (étape initiale).

D.4.3.1. **Proposer**, page suivante, un grafcet point de vue commande permettant de répondre à la description ci-dessus.

On donne la syntaxe des différentes variables :

Consigne vitesse = 270 : la consigne de 270 km/h est donnée

Consigne vitesse ≠ 270 : la consigne de vitesse est différente de 270 km/h

Validation sécurité : l'alarme a été validée.

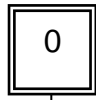
Orange : allumage du voyant orange

Alarme : l'alarme retentit

Mise en sécurité : la rame est arrêtée en urgence

Vitesse : valeur décimale de la vitesse mesurée

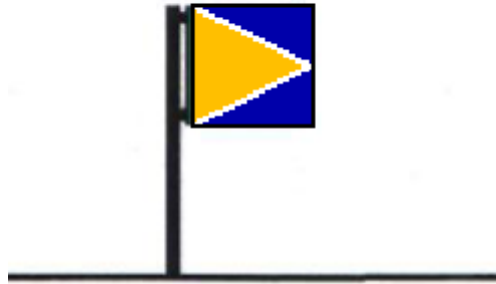
Espace Grafset :



Consigne vitesse = 270

Définition d'un canton.

Une ligne à grande vitesse est définie en zone d'environ 1,5 km de long que l'on nomme **canton**. Cette longueur est variable et peut dépendre du profil de la ligne. La matérialisation des cantons est réalisée par un « jalon » représentant un triangle jaune sur un carré bleu.



Surveillance des cantons par circuit de voie.

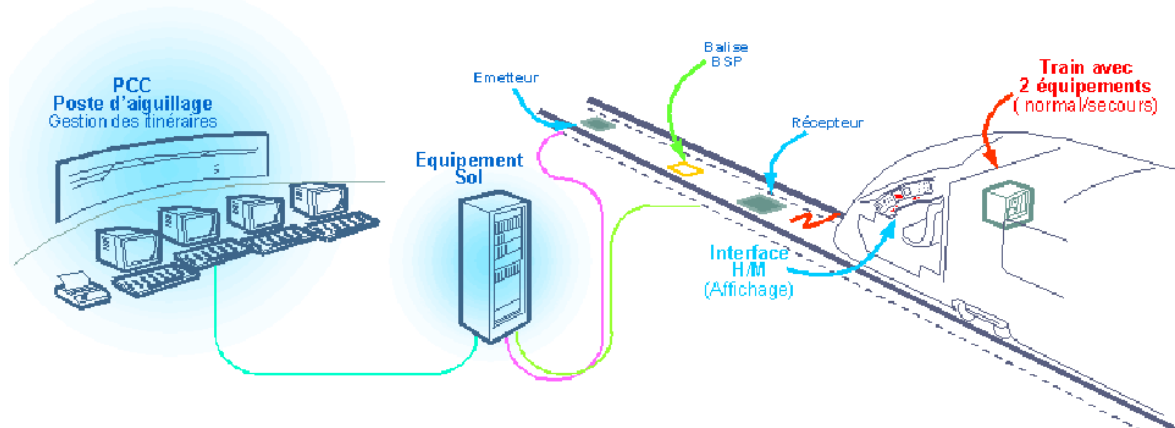
Les LGV Françaises, comme les lignes classiques, utilisent le circuit de voie.

Le circuit de voie fonctionne selon le principe suivant :

Chaque canton a un récepteur à l'extrémité opposée à celle de l'émetteur et la perte du signal du circuit de voie (par court-circuit ou à la suite d'une défaillance) est interprétée comme une indication d'occupation du canton

Ce système permet l'utilisation de joints de séparation électrique (JES) à la limite de chaque canton. Ils évitent toute interférence entre deux cantons adjacents tout en laissant passer le retour du courant de traction à 50 Hz. (l'appellation technique est « circuit de voie UM71 »).

Principe de la TVM 430.



Principe de fonctionnement de la TVM 430

Le système de la TVM 430 comprend deux sous-systèmes, le premier situé sur la voie et le second à bord du train. Ce système emploie beaucoup la redondance, ce qui permet de vérifier plusieurs fois les informations.

Le sous-système au sol.

Le sous-système au sol est composé de calculateurs situés dans des postes installés sur le bord des voies.

Afin de transmettre la signalisation aux rames, le système au sol collecte différentes informations comme la position des trains sur la voie, leur sens de circulation, leur itinéraire préétabli ou encore les limitations de vitesse permanentes ou exceptionnelles. Ces informations sont ensuite envoyées dans le circuit de voie.

La TVM 430 utilise, entre autres, une transmission continue qui permet de diffuser les informations nécessaires à l'affichage de la signalisation en cabine.

Cette transmission utilise la modulation de fréquence fonctionnant sur le principe suivant : l'information est encodée en signaux de courant alternatif qui sont injectés dans les rails de chaque canton. Sur ces fréquences porteuses, on peut moduler 27 fréquences distinctes qui forment un mot binaire de 27 bits qui arrivent simultanément au système de contrôle.

Le sous-système de bord.

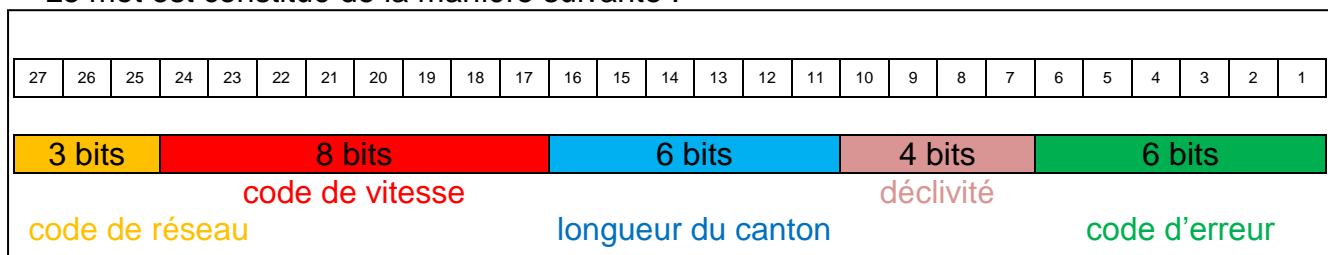
Les signaux présents dans le rail sont détectés par des antennes montées sous le carénage frontal des rames TGV, à environ deux mètres en avant du premier essieu. Ces antennes ne détectent que les sinusoïdes émises, sans être perturbées par le courant de retour.

Constitution du signal.

Le signal décodé prend la forme d'un mot numérique de 27 bits, dont chaque bit correspond à l'une des 27 fréquences encodées dans la fréquence porteuse des circuits de voie. Ce mot comprend plusieurs champs :

- **Code de vitesse**, contenant trois informations : la vitesse limite autorisée dans le canton en cours, la vitesse limite à la fin du canton et la vitesse limite à la fin du canton suivant.
- **Déclivité**, pente moyenne sur la longueur du canton. Elle permet au système informatique de bord de la prendre en compte dans les calculs de vitesse.
- **Longueur du canton**, qui peut varier sensiblement et qui est également important pour le calcul de la vitesse.
- **Code de réseau**, c'est un nombre qui conditionne l'interprétation des codes de vitesse pris en compte par les ordinateurs de bord.
- **Code d'erreur**, permettant de contrôler l'intégrité du mot entier de 27 bits.
 - Si un signal de la fréquence d'un rang est détecté, alors le bit de rang est mis à 1. Sinon, ce bit est mis à 0.
 - Un signal témoin, de fréquence 25,68 Hz, indique que le signal est bien émis, même si tous les bits de données sont à 0.

Le mot est constitué de la manière suivante :



Valeurs des bits du mot.

Code de réseau :

B27	B26	B25	LIGNE
0	0	0	
0	0	1	Sud Est
0	1	0	Atlantique
0	1	1	Tunnel sous la manche
1	0	0	Est
1	0	1	réseau GB
1	1	0	Belgique
1	1	1	autre

Déclivité :

si B10=0, la pente est montante
(déclivité positive)
si B10=1, la pente est descendante
(déclivité négative)

B9	B8	B7	Pente (%)
0	0	0	0
0	0	1	0,2
0	1	0	0,4
0	1	1	0,6
1	0	0	0,8
1	0	1	1
1	1	0	2
1	1	1	4

Longueur du canton :

PAS			Valeur en binaire			valeur du pas (m)
B16	B15	B14	B13	B12	B11	
0	0	0	nombre de pas codé en binaire			Non utilisé
0	0	1				25
0	1	0				50
0	1	1				100
1	0	0				200
1	0	1				400
1	1	0				Non utilisé
1	1	1				Non utilisé

Exemple: 100110: $110_{(2)} = 6_{(10)}$ pas de 200m soit 1200m

Code de vitesse

B24	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	vitesse autorisée	vitesse en fin de canton	vitesse en fin de canton suivant	affichage				
											valeur	couleur texte	couleur fond	clignotant	
0	0	0	0	0	0	0	0	30	0			rouge	rouge	non	
0	0	0	0	X	1	X	X	NON UTILISE							
0	0	0	0	1	X	X	X	NON UTILISE							
0	0	0	0	X	X	X	1	NON UTILISE							
0	0	0	0	X	X	1	X	NON UTILISE							
0	0	0	1	X	X	X	X	NON UTILISE							
0	0	1	0	0	0	0	0	80	80	0	0	noir	rouge	non	
0	0	1	0	0	1	0	0				0	80	blanc	noir	non
0	0	1	0	0	1	0	1				80	80	blanc	noir	non
0	0	1	0	0	1	1	1				160	80	blanc	noir	non
0	0	1	0	1	1	0	0				80	80	blanc	noir	non
0	0	1	0	1	1	0	1				160	80	80	blanc	noir

B24	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	vitesse autorisée	vitesse en fin de canton	vitesse en fin de canton suivant	affichage						
0	0	1	0	1	1	1	1			220	80	blanc	noir	non			
0	0	1	1	X	X	X	X	NON UTILISE									
0	1	0	0	0	0	0	0	160	0		0	noir	rouge	non			
0	1	0	0	0	1	0	0		80	0		80	noir	blanc	non		
0	1	0	0	0	1	0	1			80		80	80	noir	blanc	non	
0	1	0	0	0	1	1	1			160		160	80	noir	blanc	non	
0	1	0	0	1	1	0	0		160	80		160	blanc	noir	non		
0	1	0	0	1	1	0	1			160		160	160	blanc	noir	non	
0	1	0	0	1	1	1	1			220		220	160	blanc	noir	non	
0	1	0	0	1	0	0	0		220	160		160	blanc	noir	non		
0	1	0	0	1	0	0	1			220		220	160	blanc	noir	non	
0	1	0	0	1	0	1	1			270		270	160	blanc	noir	non	
0	1	0	1	X	X	X	X		NON UTILISE								
0	1	1	0	0	0	0	0		220	160	80	160	noir	blanc	non		
0	1	1	0	0	0	0	1	160				160	160	noir	blanc	non	
0	1	1	0	0	0	1	1	220				220	160	noir	blanc	non	
0	1	1	0	0	1	0	0	220		160		220	blanc	noir	non		
0	1	1	0	0	1	0	1			220		220	220	blanc	noir	Non	
0	1	1	0	0	1	1	1			270		270	220	blanc	noir	Non	
0	1	1	0	1	1	0	0	270		220		220	blanc	noir	Non		
0	1	1	0	1	1	0	1			270		270	220	blanc	noir	non	
0	1	1	0	1	1	1	1			300		300	220	blanc	noir	non	
0	1	1	1	X	X	X	X	NON UTILISE									
1	0	0	0	0	0	0	0	270		220	160	220	noir	blanc	non		
1	0	0	0	0	0	0	1				220		220	220	noir	blanc	non
1	0	0	0	0	0	1	1		270			270	220	noir	blanc	non	
1	0	0	0	0	1	0	0		270	220		270	noir	vert	OUI		
1	0	0	0	0	1	0	1			270		270	270	noir	vert	OUI	
1	0	0	0	0	1	1	1			300		300	270	noir	vert	non	
1	0	0	0	1	1	0	0		300	270		270	noir	vert	non		
1	0	0	0	1	1	0	1			300		300	270	noir	vert	non	
1	1	0	0	X	X	X	X		NON UTILISE								
1	1	0	1	0	0	0	0		300	270	220	300	noir	blanc	non		
1	1	0	1	0	0	0	1				270		270	300	noir	blanc	non
1	1	0	1	0	0	1	1				300		300	300	noir	blanc	non
1	1	0	1	0	1	0	0	300		220		300	noir	vert	OUI		
1	1	0	1	0	1	0	1			270		270	300	noir	vert	OUI	
1	1	0	1	0	1	1	0			300		300	300	noir	vert	non	

X signifie que les bits peuvent prendre indifféremment les valeurs « 0 » ou « 1 ». Les codes qui ne figurent pas dans ce tableau ne sont pas utilisés.