



Protection automatique des trains sur le réseau ferré national français (RFN)

Plan de l'exposé

Lignes classiques RFN

- ▣ 1. Rôle des installations de signalisation
- ▣ 2. Les systèmes mis en œuvre
- ▣ 3. Les boucles de rattrapage

Lignes à grande vitesse RFN

- ▣ 4. Les systèmes mis en œuvre
- ▣ 5. Les boucles de rattrapage

L'actualité pour les lignes classiques et grande vitesse de RFN

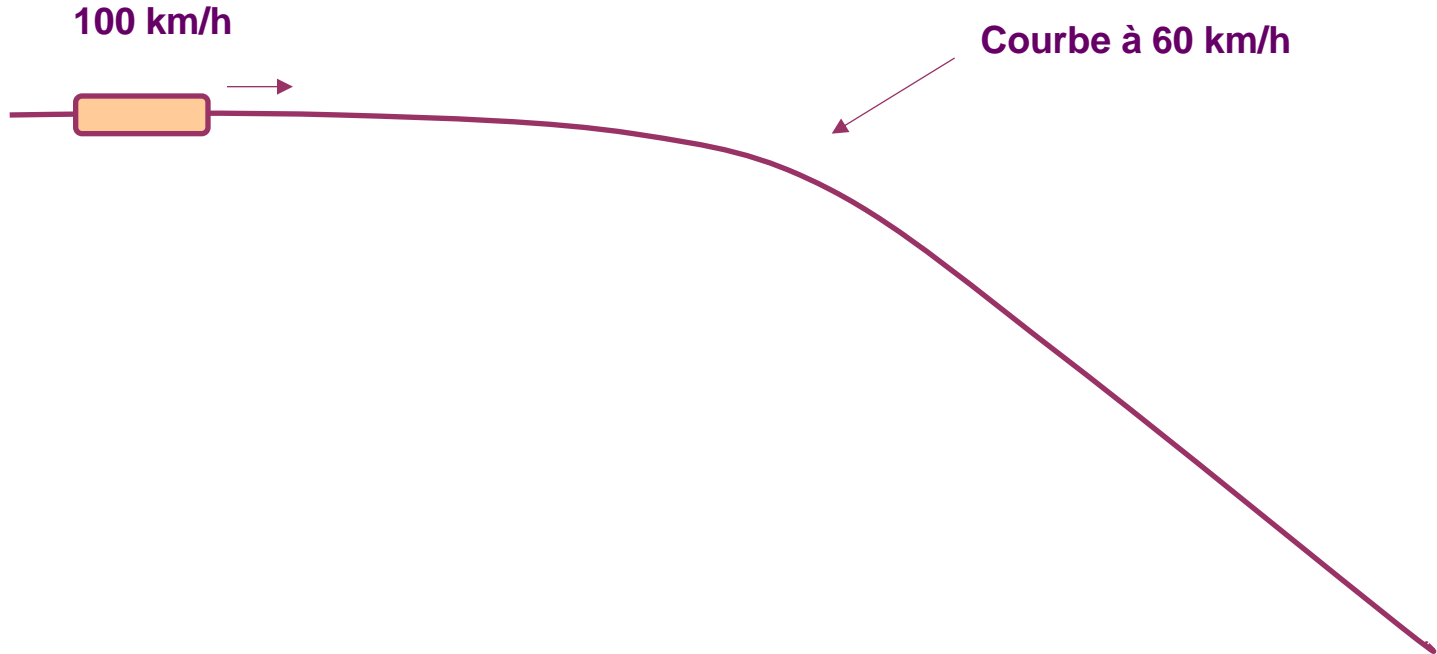
- ▣ 6. Le système futur ERTMS

L'actualité pour des lignes de Réseau expression régional

- ▣ 7. Next_EO

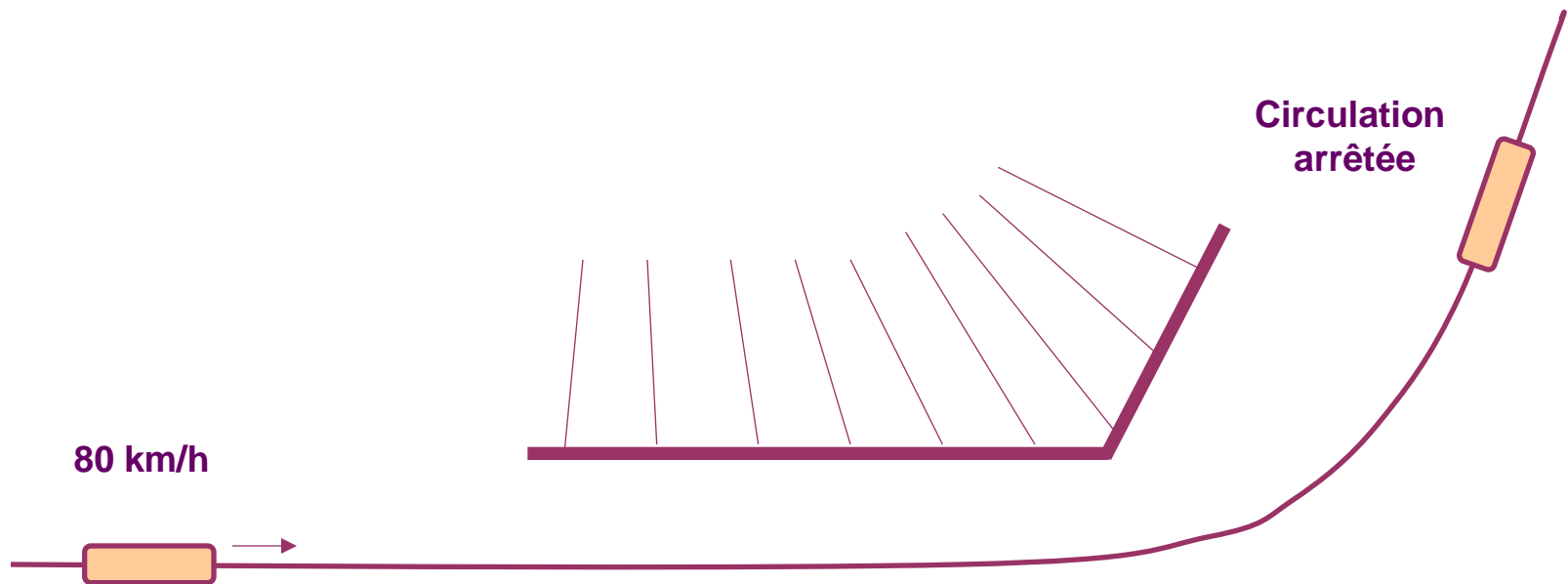
1.1 Prévenir les risques d'accidents ferroviaires

Risque de survitesse



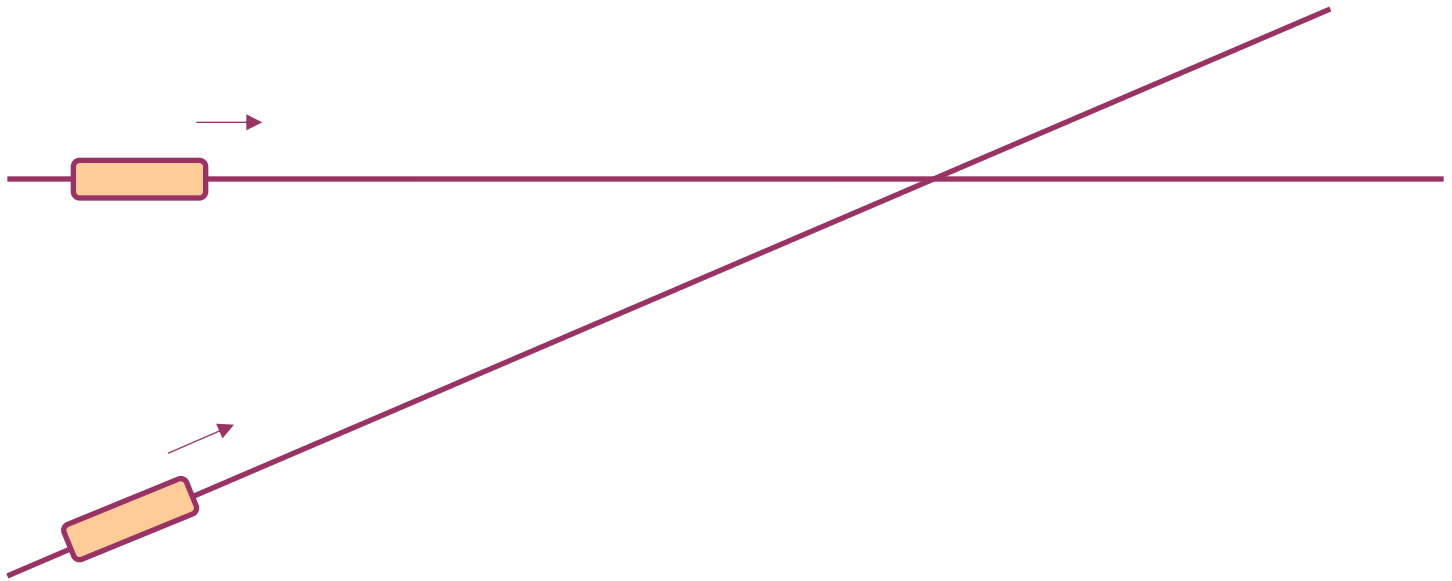
1.1 Prévenir les risques d'accidents ferroviaires

Risque de rattrapage d'une autre circulation



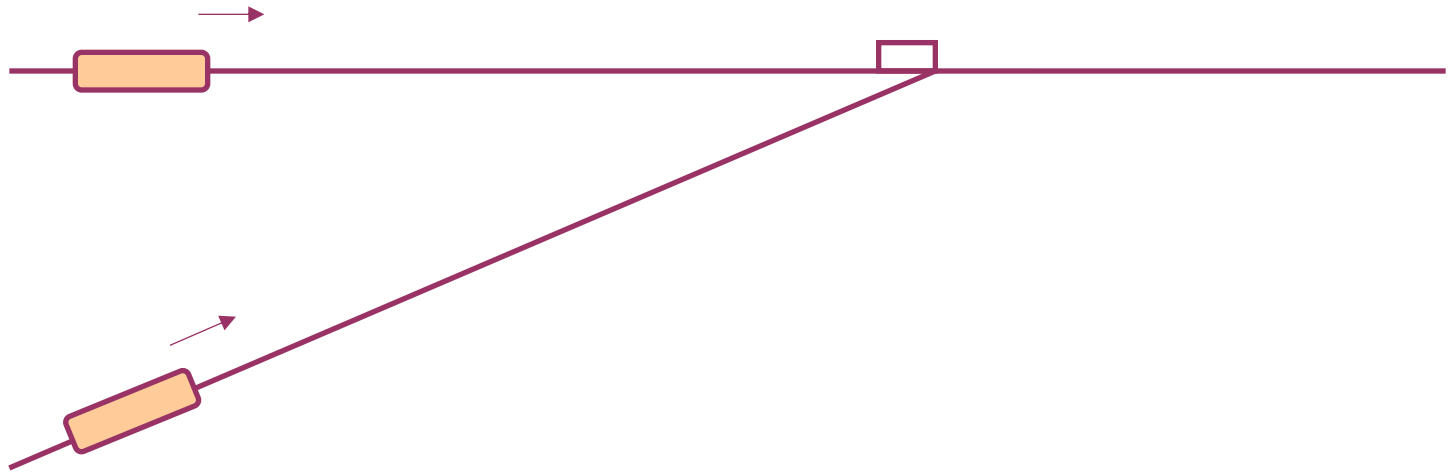
1.1 Prévenir les risques d'accidents ferroviaires

Risque de cisaillement



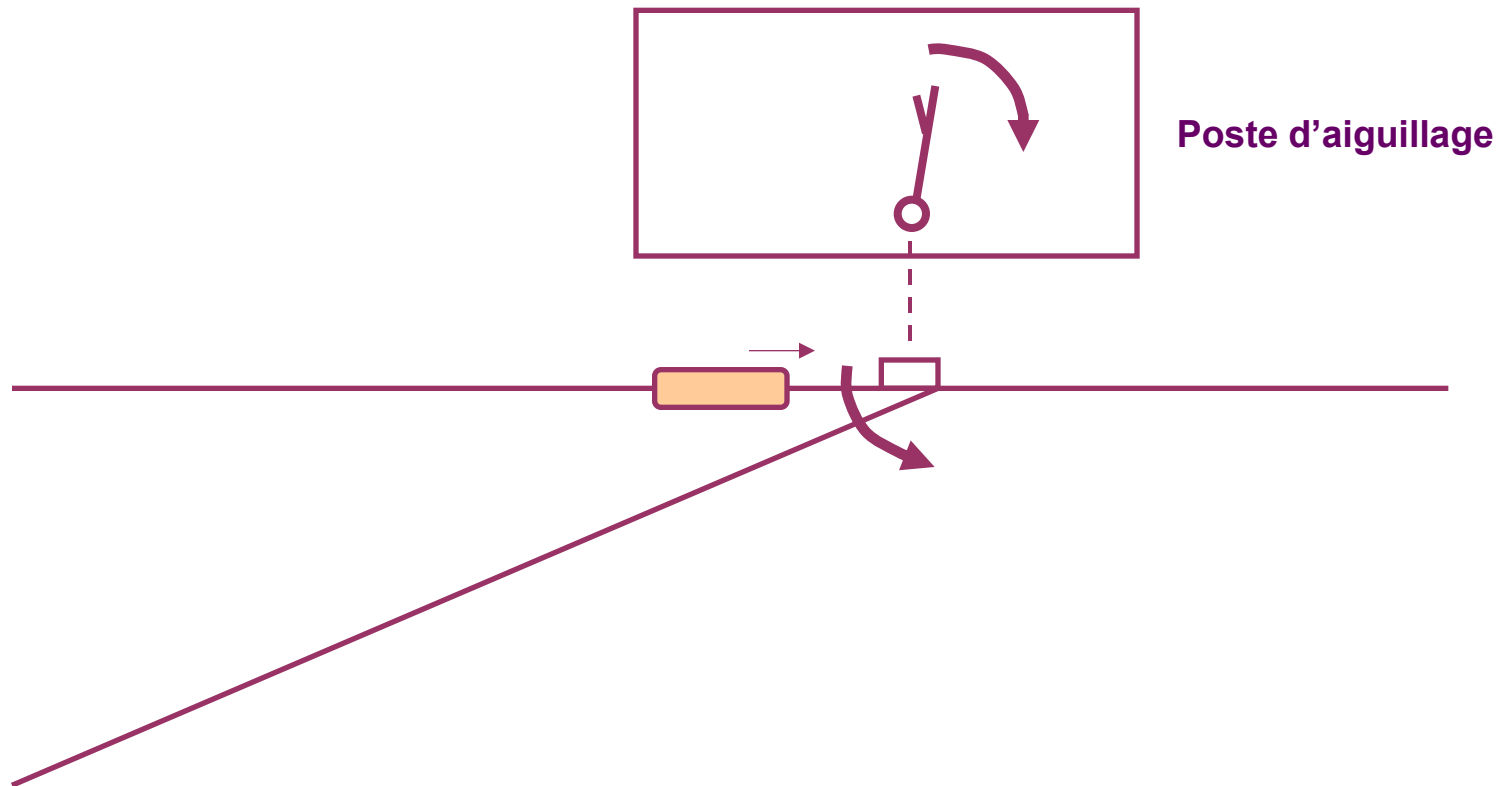
1.1 Prévenir les risques d'accidents ferroviaires

Risque de convergence



1.1 Prévenir les risques d'accidents ferroviaires

Risque de manœuvre d'un aiguillage sous une circulation



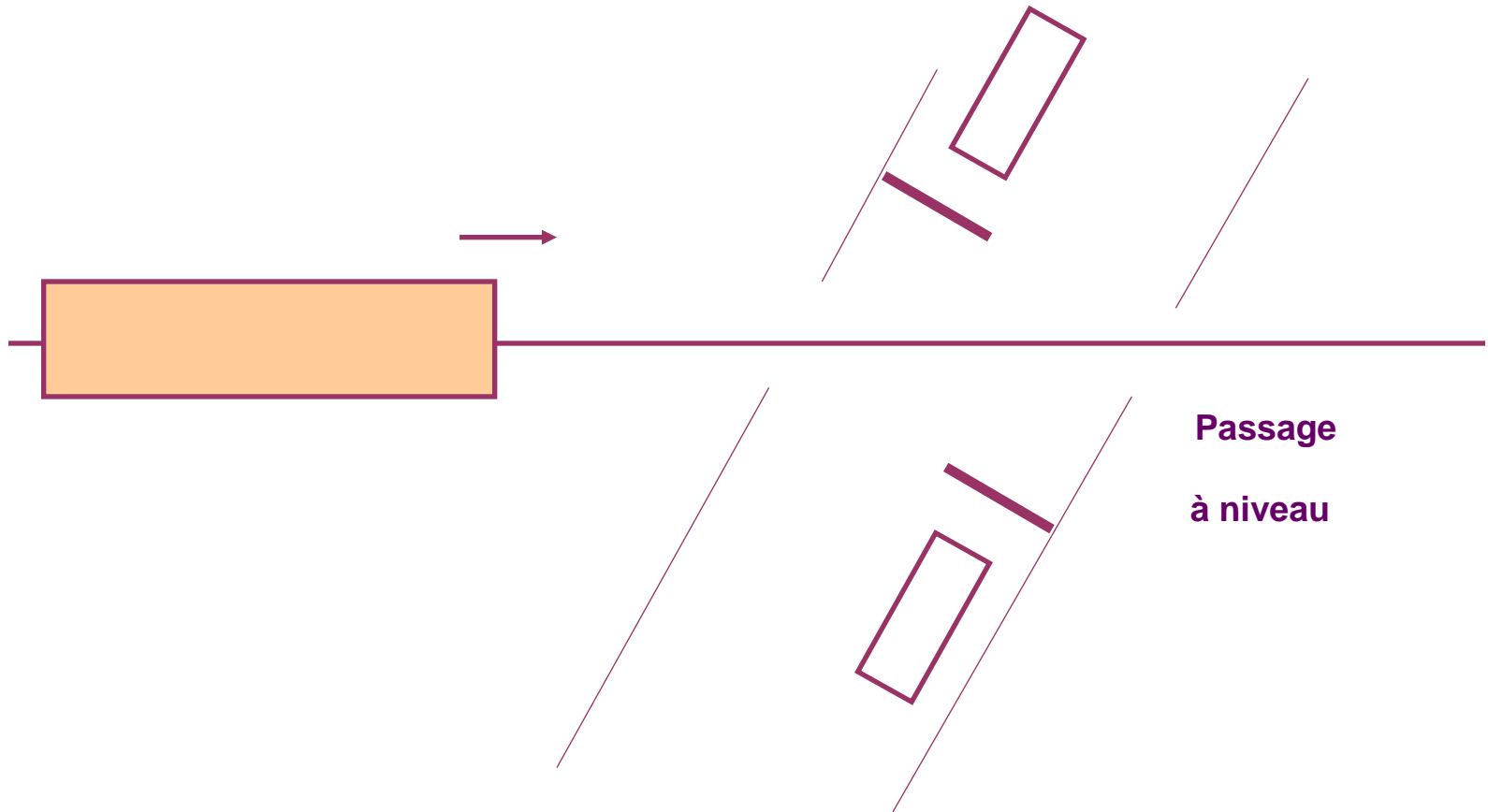
1.1 Prévenir les risques d'accidents ferroviaires

Risque de nez à nez



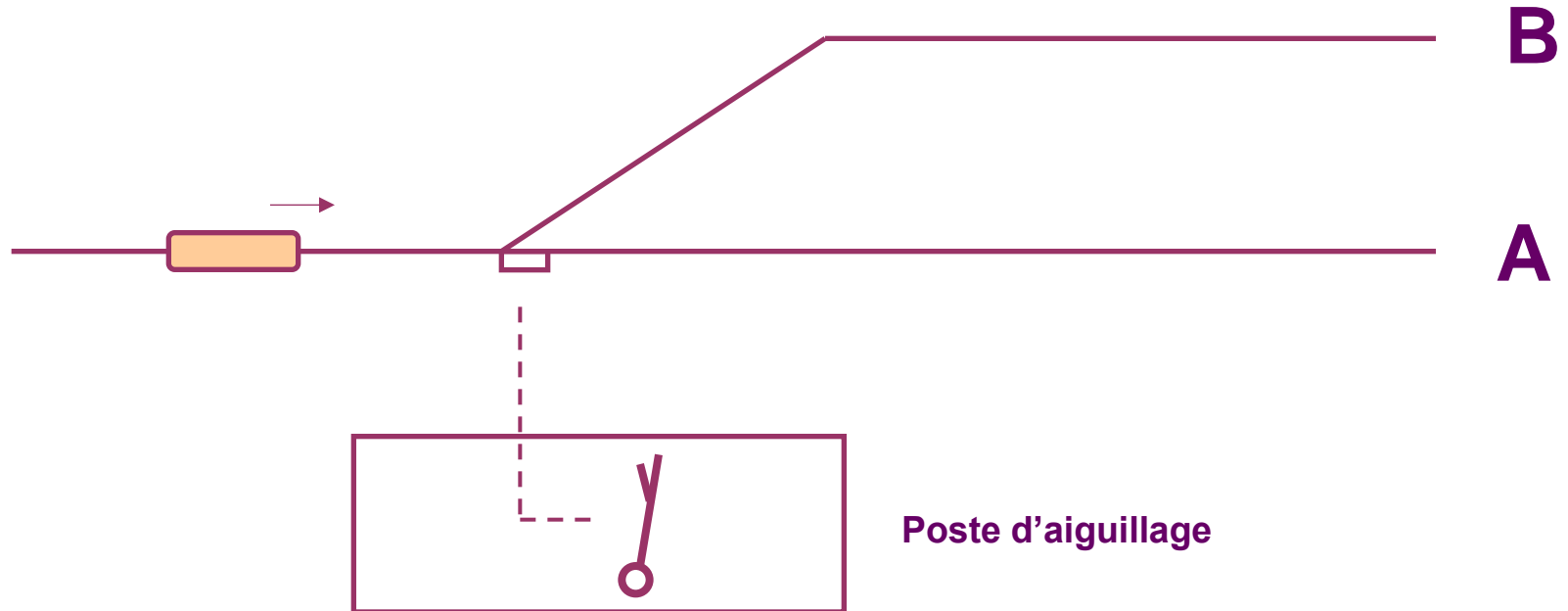
1.1 Prévenir les risques d'accidents ferroviaires

Risque de collision avec un véhicule routier



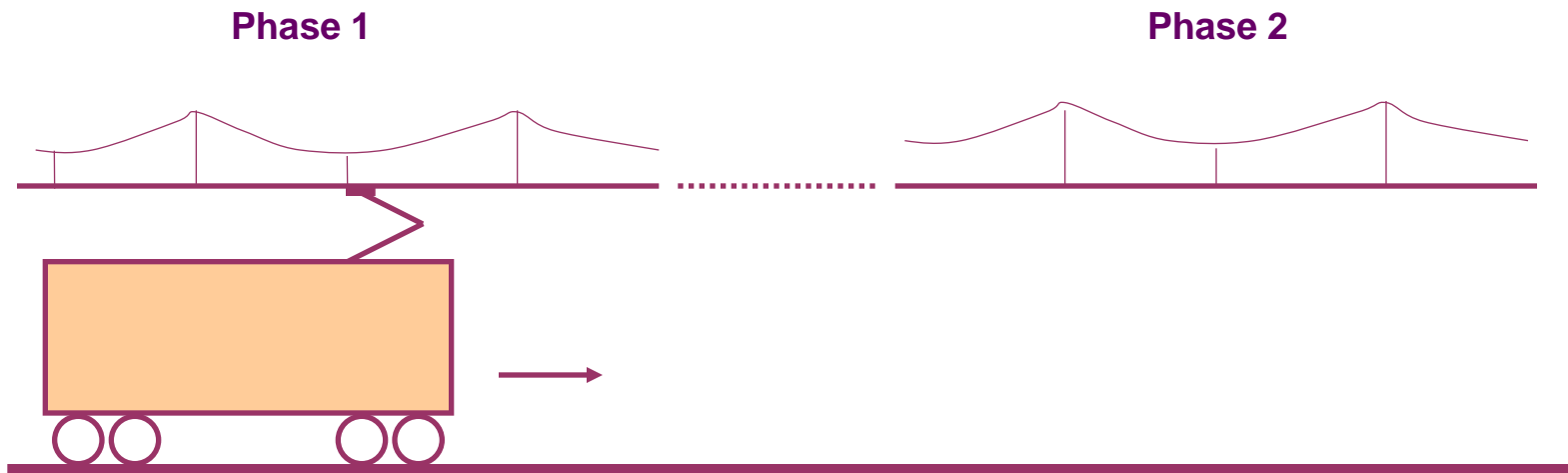
1.2 Prévenir les erreurs d'itinéraires

Circulation dirigée à tort vers A (au lieu de B)



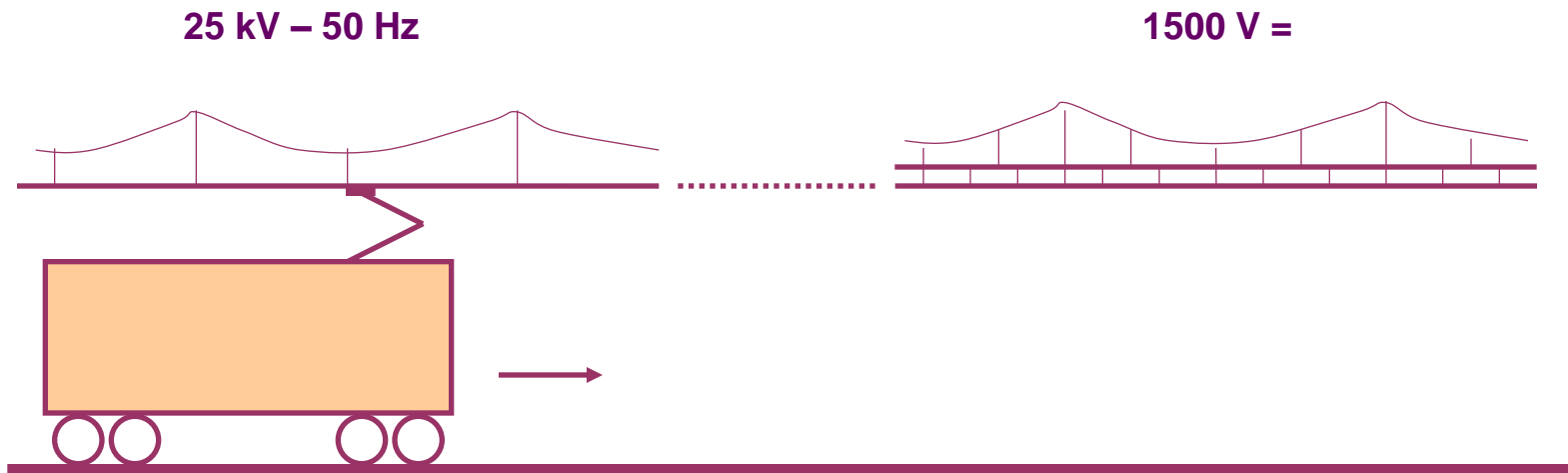
1.3 Donner des consignes concernant la traction électrique

Changement de phase en alimentation 25 kV – 50 Hz



1.3 Donner des consignes concernant la traction électrique

Changement de type d'électrification



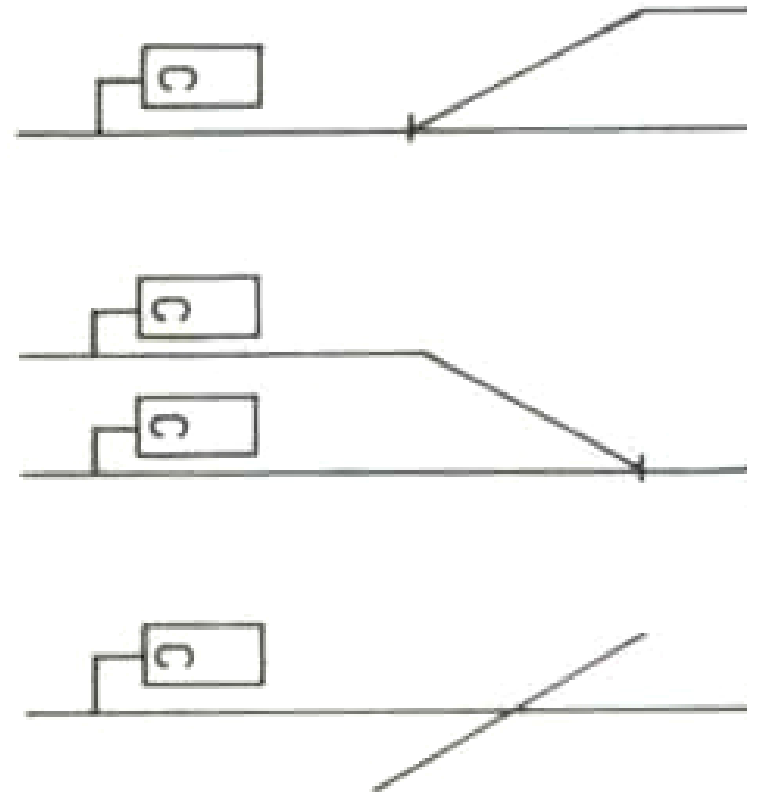
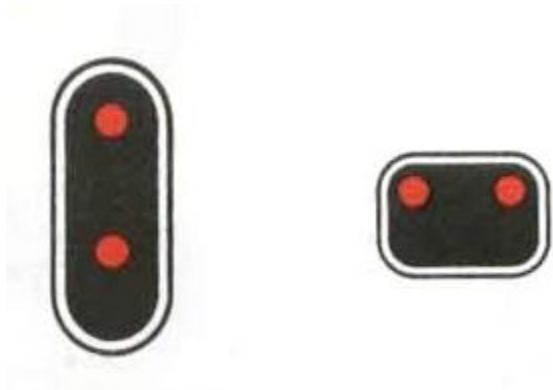
1.4 Sans oublier ce qui est attendu du conducteur...

- ▣ Obéissance passive et immédiate aux signaux
- ▣ Respect des consignes, adaptation de la vitesse de la circulation
- ▣ Connaissance des lignes circulées
(LMTr – Livret de la marche des Trains)
- ▣ Bonne gestion des situations dégradées, avec simulations
MAISles boucles de rattrapage sont nécessaires.

- ▣ → l'homme n'est pas une machine
- ▣ → les facteurs humains seront toujours présents
- ▣ → la formation est indispensable mais ne fait pas tout.

2.1 La signalisation latérale des Lignes classiques sur RFN

- Signal CARRE :
- Protection d'un appareil de voie



2.1 La signalisation latérale des Lignes classiques sur RFN

■ Sémaphore: Espacement des trains

Lorsque le SEMAPHORE affiche un FEU ROUGE continu, il permet de garantir l'espacement des trains (signal d'arrêt)



Lorsque le SEMAPHORE affiche un FEU VERT continu, la voie est libre (franchissement)



2.1 La signalisation latérale des Lignes classiques sur RFN

Le FEU JAUNE (avertissement) est un signal d'annonce



2.2 L'espacement des circulations

sur lignes classiques de RFN

L'ensemble RVJ est intégré dans le block automatique lumineux (BAL) à cantons courts



Le sémaphore (S)

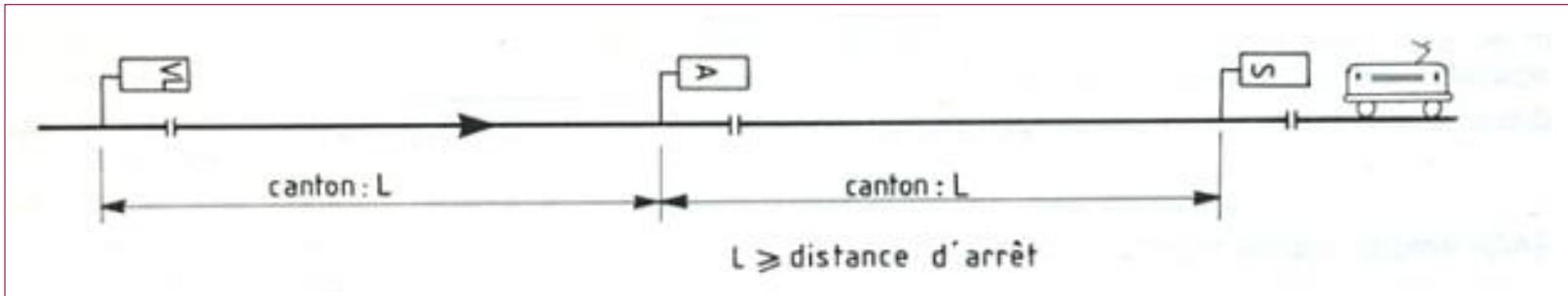


L'avertissement (A)

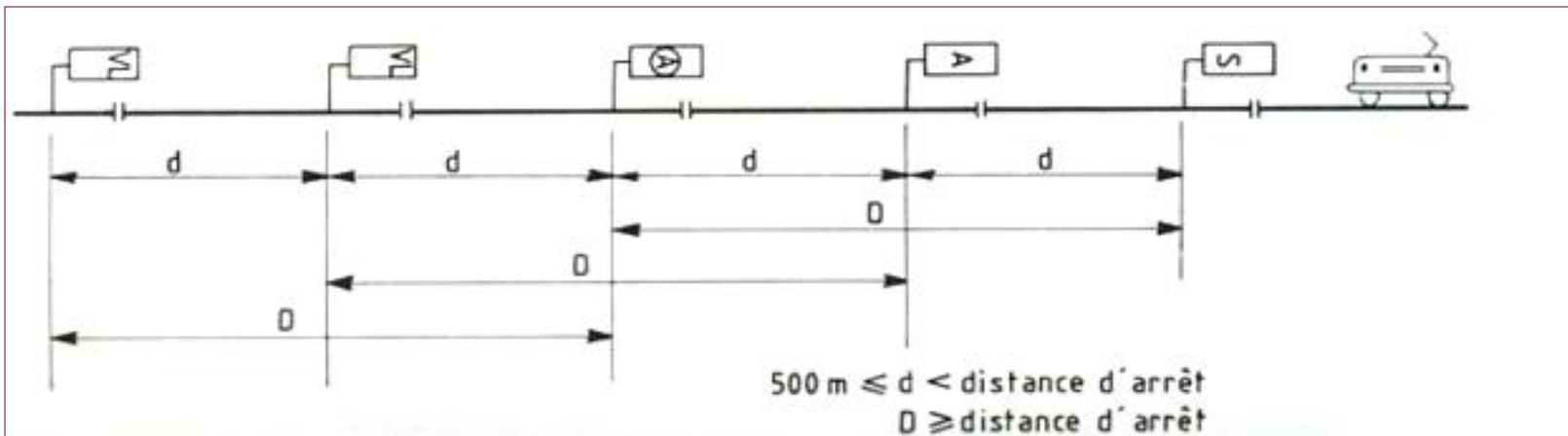


La voie libre (VL)

2.2 L'espacement des circulations sur lignes classiques de RFN



Le block automatique lumineux à 3 indications



Le block automatique lumineux à 4 indications

2.3 La signalisation latérale

Compléments pour circulation sur Voies de Service

(Les signaux propres aux voies de service)



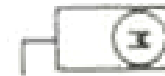
CARRE VIOLET

(arrêt avant le signal)



FEU BLANC

(marche en manoeuvre)



**FEU BLANC
CLIGNOTANT**

(marche en manoeuvre
vers une voie courte)

2.4 La signalisation latérale

Compléments pour gestion de Traction électrique

(Les signaux propres à la traction électrique)

Signaux « Coupez courant » (changement de phase en 25 kV)



Annonce



Exécution



Fin d'exécution

2.4 La signalisation latérale

Compléments pour gestion de Traction électrique

Les signaux propres à la traction électrique

Signaux « Baissez / Levez panto »

(durant un changement de type d'électrification)



Annonce



Exécution



Fin d'exécution

(Actions manuelles en TVM300, automatisée en TVM430)

Constat: l'accompagnement des circulations par cette signalisation latérale...et

...par des systèmes de détection

et

... par des systèmes de protection des trains

est rendue nécessaire puisque l'on constate que

présenter les informations ne suffit pas à assurer une sécurité ferroviaire totale, pour de multiples raisons...

➔ la principale raison est que demander à l'homme d'être l'unique élément assurant la boucle de rattrapage est **possible**, mais **imparfait**, n'apporte donc pas la confiance totale recherchée.

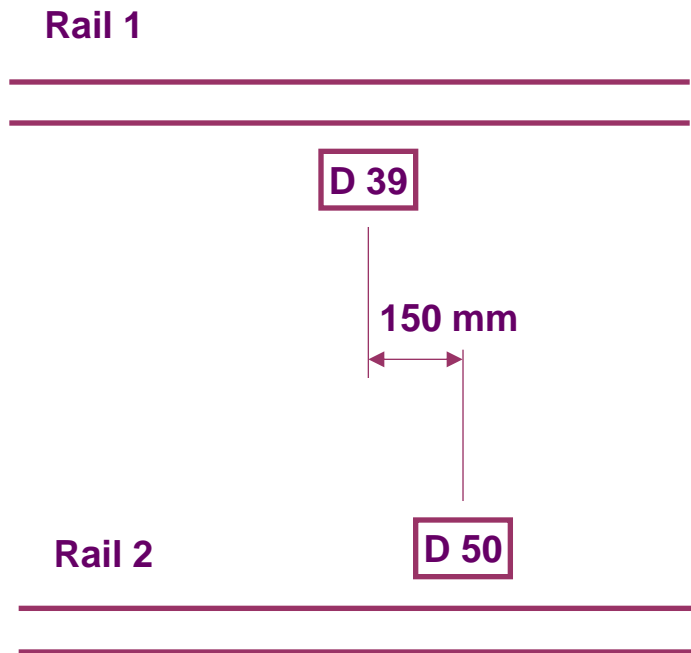
2.5 La détection **ponctuelle** de présence des circulations

Pédale mécanique orientée



2.5 La détection **ponctuelle** de présence des circulations

Le détecteur électronique de passage (pédale électronique)



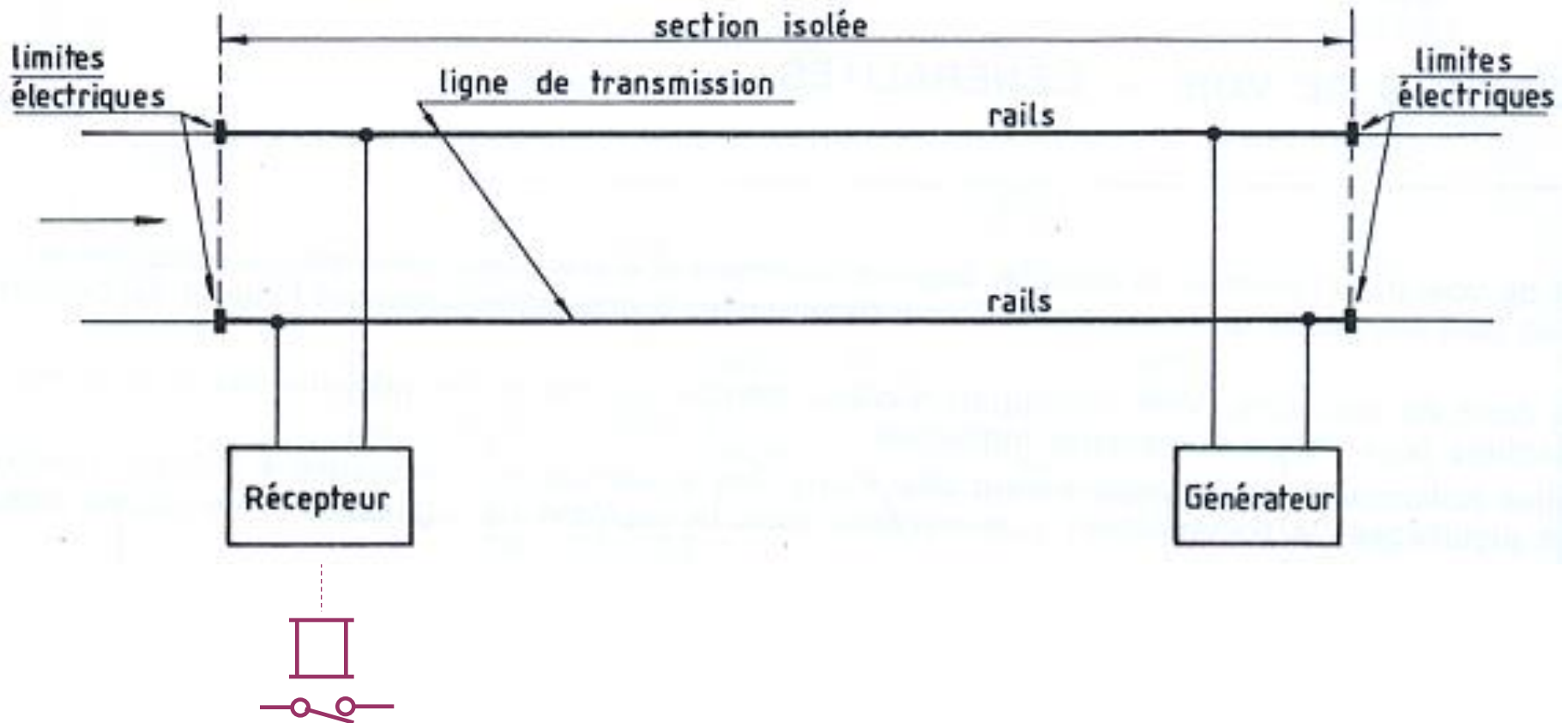
2.6 La détection **continue** de présence des circulations

■ Le circuit de voie :

- Détecte la présence d'une circulation sur une portion de voie
- 2 grands types : ITE et UM
- ITE : zones de gare
- UM : pleine ligne (compatible avec les longs rails soudés)
- UM : support de la transmission voie machine (TVM)
- Détection du rail cassé
- Compatible avec le circuit de retour du courant de traction

2.6 La détection **continue** de présence des circulations

Circuit de voie (CdV) : principe général

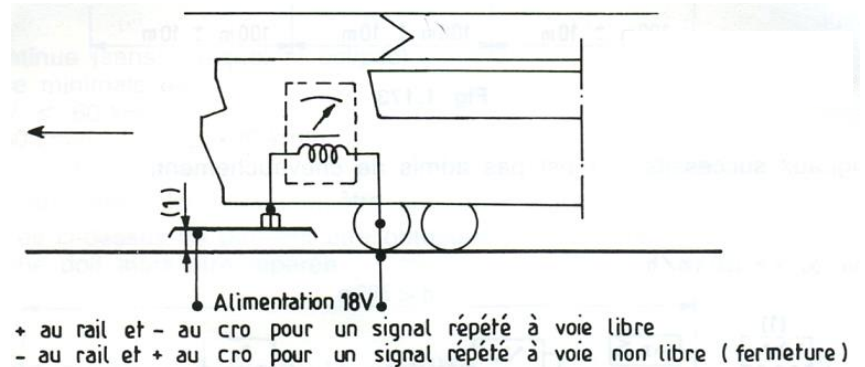


2.7 La veille automatique par contrôle de maintien d'appui (VACMA)

- ▣ Plusieurs points d'appuis disponibles dans la cabine de conduite
- ▣ Le conducteur doit maintenir un des appuis
- ▣ Si relâchement d'appui > 3 s \rightarrow freinage d'urgence
- ▣ Si maintien d'appui > 60 s \rightarrow freinage d'urgence

2.8 La répétition des signaux en cabine (le crocodile)

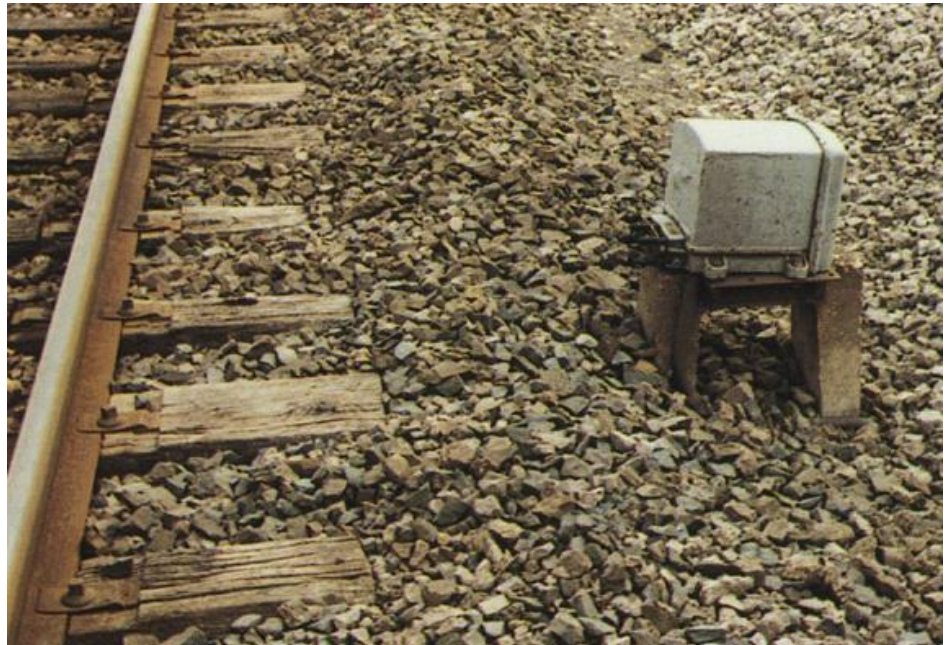
- ❑ Le conducteur doit « vigiler » les signaux fermés, éviter les 'SPADs'
- ❑ Les signaux fermés sont répétés par un son en cabine



2.9 Alerte générée hors train: Le détonateur

- ▣ **Conditions d'activation :**

- ▣ **1. Carré fermé**
- ▣ **2. Zone occupée**
- ▣ **3. Pédale attaquée**



Le contrôle de vitesse par balise (KVB)

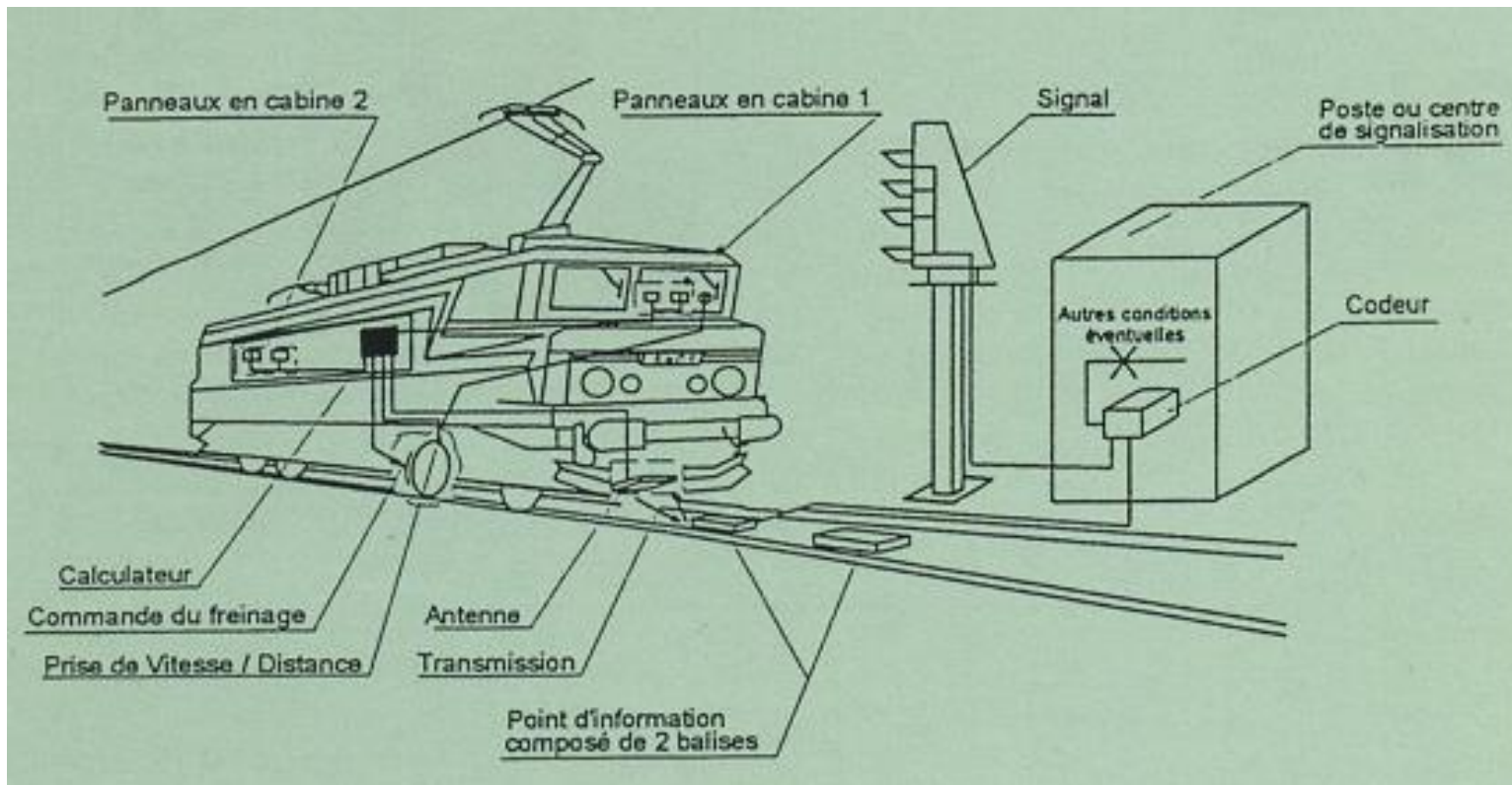
Les origines de la mise en place :

- ❑ - Série d'accidents (Vierzy 1972/ Flaujac 1985/), franchissements fréquents de signaux d'arrêt...
- ❑ - Prise en compte des limites de la fiabilité humaine, conducteurs, chefs de gare, ouvriers sur chantiers....
- ❑ - Les aiguilleurs sont mieux assistés que les conducteurs



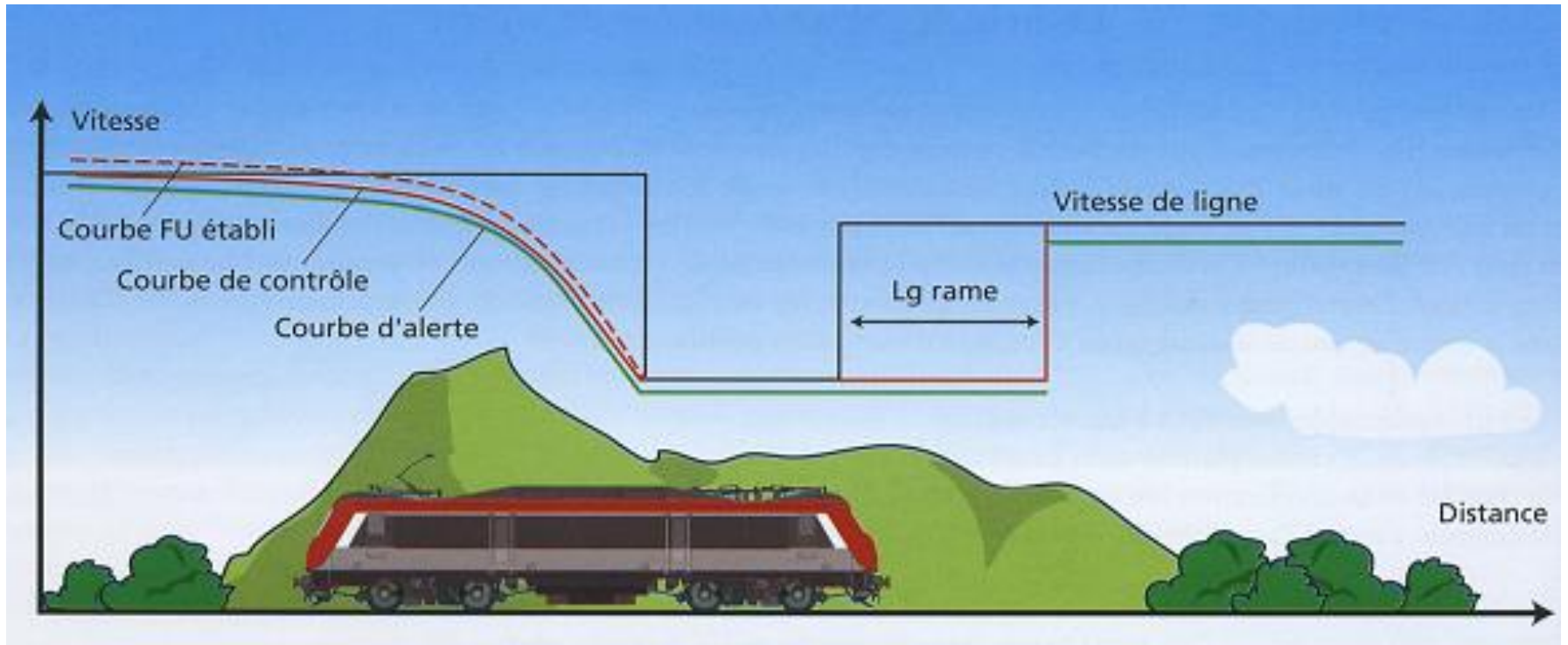
3.1 Le contrôle de vitesse par balise (KVB)

Les équipements bord et sol



3.1 Le contrôle de vitesse par balise (KVB)

Le principe de surveillance de la vitesse



Raisons ayant conduit à s'affranchir de la signalisation latérale pour la grande vitesse

- Un signal doit pouvoir être observé au moins 8 secondes pour être compris dans 100% des cas.
- difficulté d'observation des signaux latéraux à grande vitesse
 - Difficulté de vision pendant 8 secondes dans les virages et par mauvais temps.
- ➔ choix initial de reporter les informations en cabine de conduite des TGVs

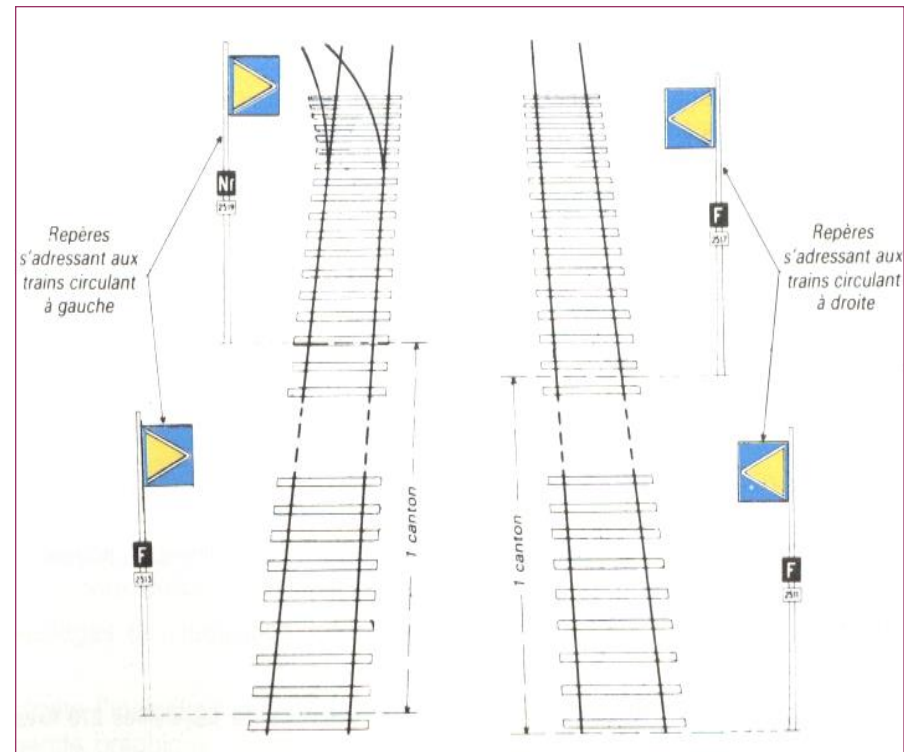


4 La signalisation sur LGV françaises est caractérisée par

- ❑ L'absence de signalisation latérale (limites de cantons maintenues)
- ❑ Les voies banalisées (circulables dans les 2 sens)
- ❑ La conduite manuelle est maintenue, possible en automatique
- ❑ Le Contrôle de vitesse, intégré au système
- ❑ Les TGVs sont aptes à circuler sur LC

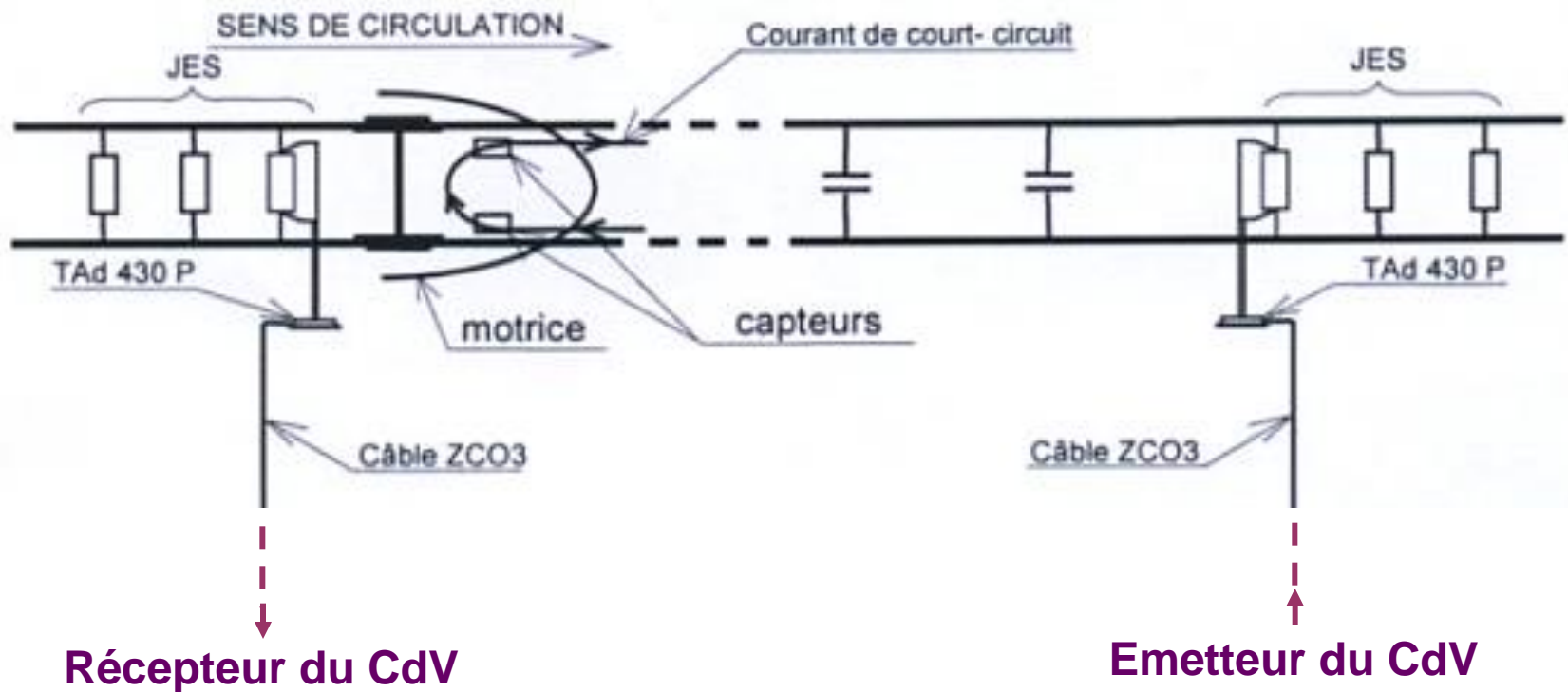
4.1 Les seuls panneaux de la signalisation sur LGV

Repères installés le long des LGV – Plaques F et Nf



4.2 Les circuits de voie détectent, sont aussi porteurs de la transmission voie machine sur LGV

informations continues



Il y a aussi des informations ponctuelles sur LGV mais qui ne participent pas à l'ATP.

4.3 La signalisation sur LGV est reportée en cabine conducteur

Les indications en cabine



Autorisation à circuler à 270 km/h



**Annonce de la vitesse à respecter
au prochain repère**

4.3 La signalisation sur LGV : TVM 300 ou TVM 430

Informations continues en cabine : circulation à vitesse limite (VL)



Autorisation à circuler à 300 km/h

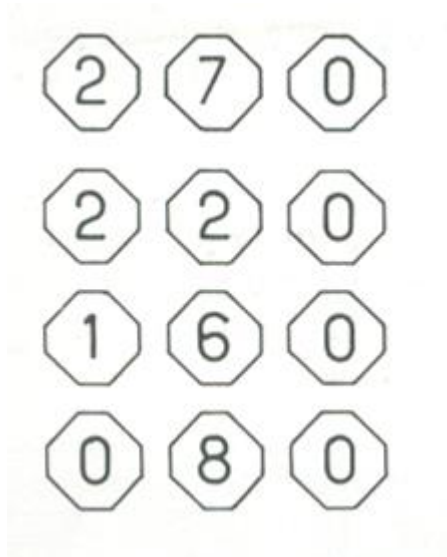
Autorisation à circuler à 270 km/h

Autorisation à circuler à 300 km/h
+ annonce de ralentissement au prochain repère

Autorisation à circuler à 270 km/h
+ annonce de ralentissement au prochain repère

4.3 La signalisation sur LGV: TVM 300 ou TVM 430

Informations continues en cabine : indications d'annonce (VA)



Vitesse à respecter au prochain repère : 270 km/h

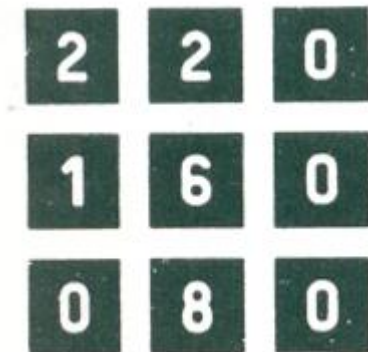
Vitesse à respecter au prochain repère : 220 km/h

Vitesse à respecter au prochain repère : 160 km/h

Vitesse à respecter au prochain repère : 80 km/h

4.3 La signalisation sur LGV: TVM 300 ou TVM 430

Informations continues en cabine : indications d'exécution (VE)



Vitesse limite à respecter : 220 km/h

Vitesse limite à respecter : 160 km/h

Vitesse limite à respecter : 80 km/h

4.3 La signalisation sur LGV: TVM 300 ou TVM 430

Informations continues en cabine : indications « zéro » et « rouge »



Arrêt au prochain repère

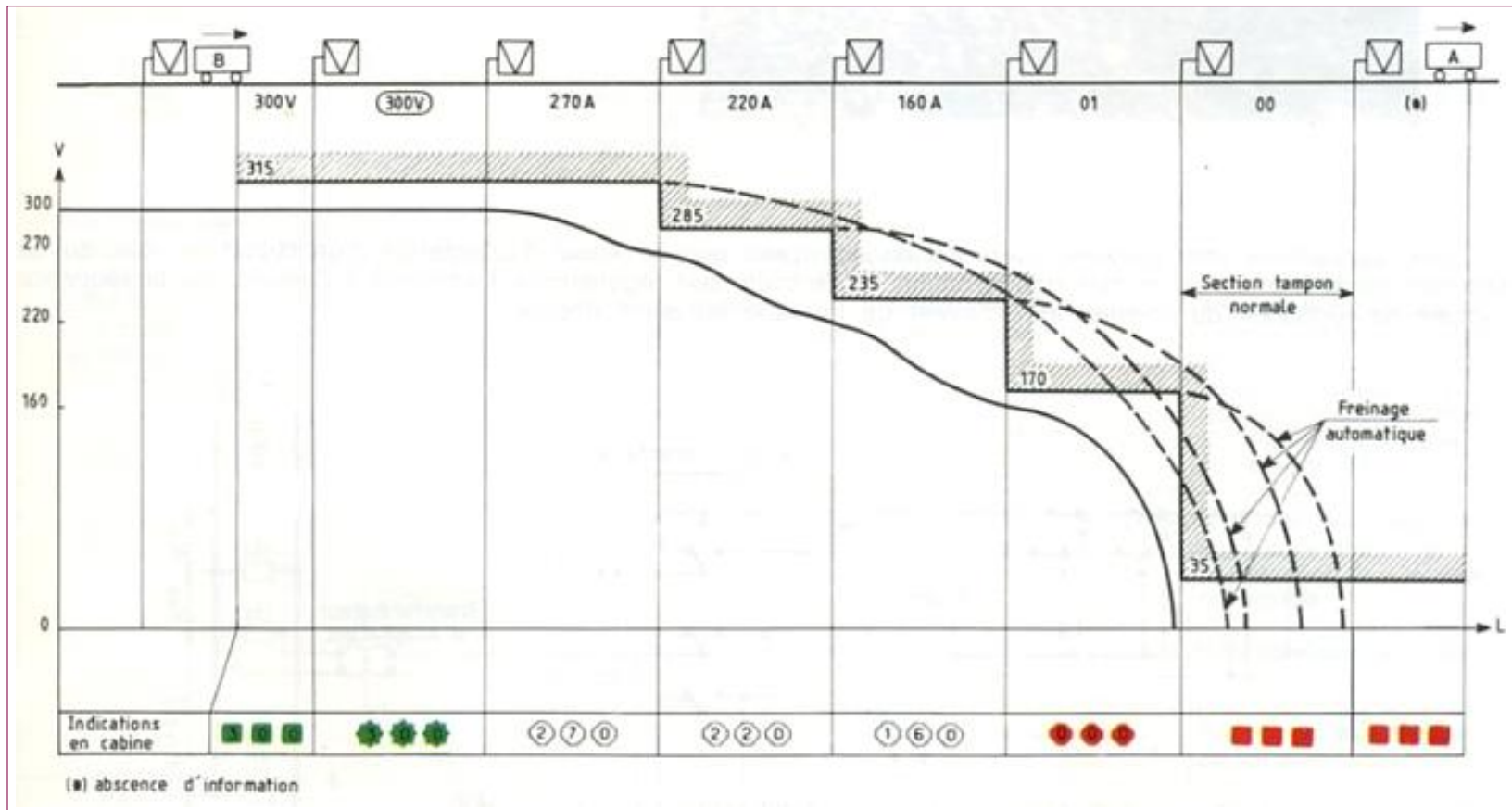


Marche à vue et arrêt au prochain repère

5.1 Boucles de rattrapage sur LGV

par TVM 300 ou TVM 430

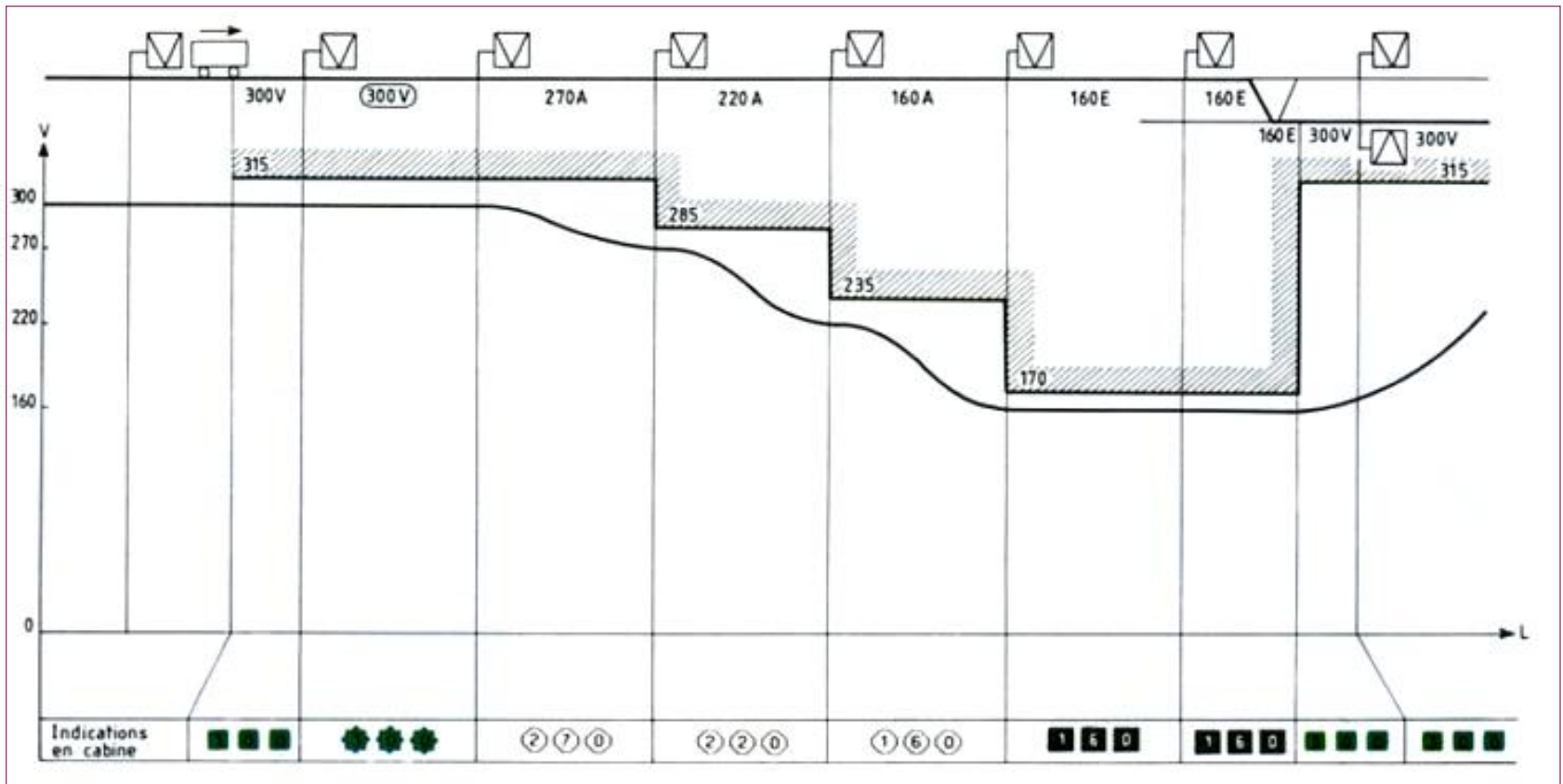
Exemple de séquence d'arrêt



5.1 Boucles de rattrapage sur LGV

par TVM 300 ou TVM 430

Exemple de séquence de ralentissement



5.2 Armement de la TVM – Réarmement de la TVM

- ▣ La TVM s'arme automatiquement en entrée de la LGV.
 - ➔ Le KVB est en ce cas désactivé, il se réactivera en sortie de LGV, lorsque la TVM sera désactivée.
 - ➔ Un conducteur ayant subi une coupure d'alimentation a oublié de réarmer manuellement la TVM, a roulé plusieurs kilomètres sans TVM...rien n'est arrivé, mais cela a conduit à trouver une solution de rattrapage en +: KARM
 - ➔ ➔ KARM contrôle l'armement de la TVM par GPS, si le TGV est localisé sur LGV et que la TVM n'est pas armée, elle se réarme automatiquement. Cela nécessite une description détaillée et réactualisée des infrastructures, et une bonne précision de localisation.

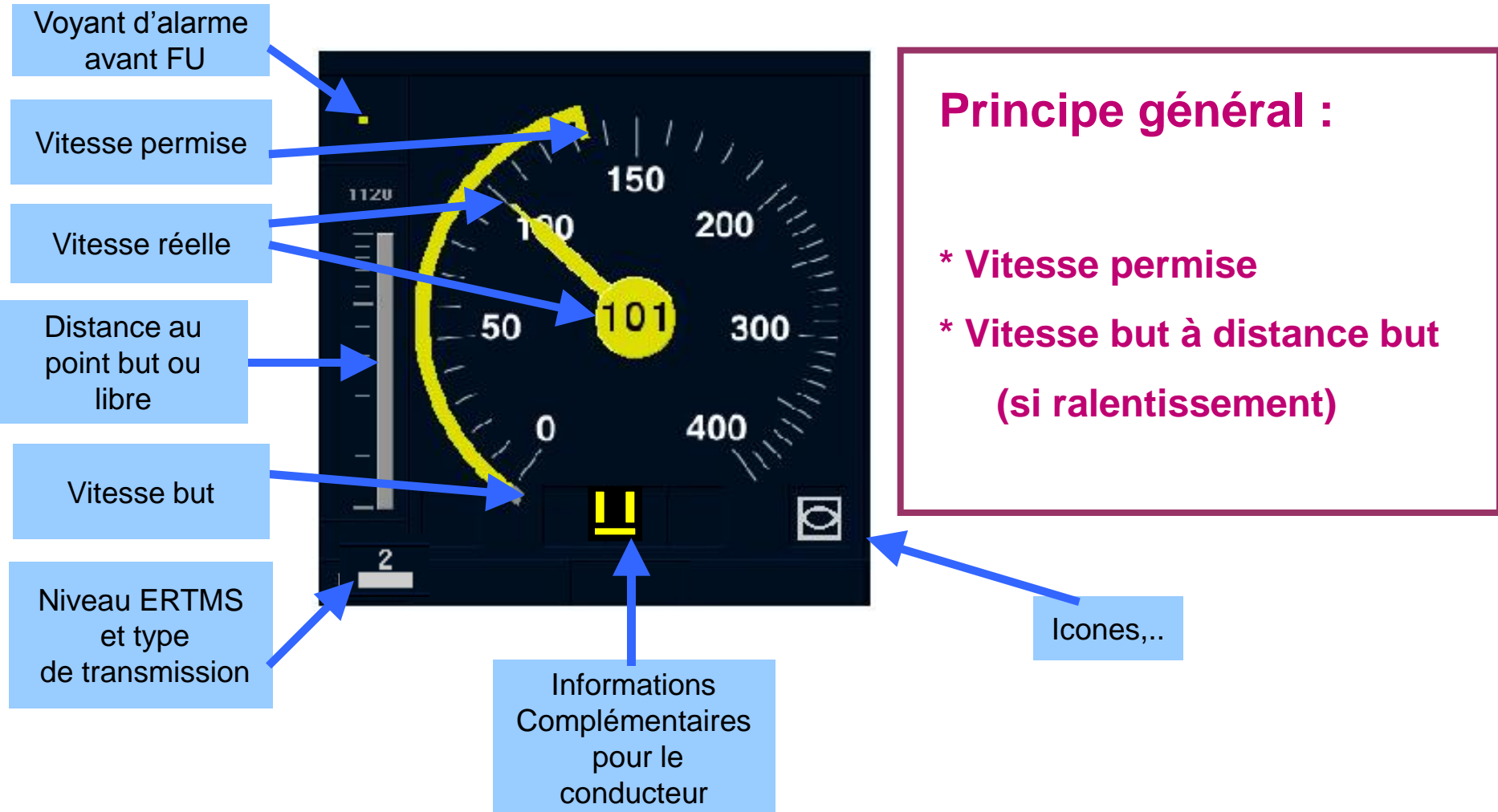
6.1 Les objectifs d'ERTMS, signalisation européenne

- ▣ L'interopérabilité
- ▣ La réduction des coûts
- ▣ La simplification et l'unification des règles de conduite
- ▣ L'amélioration de la sécurité (contrôle de vitesse)

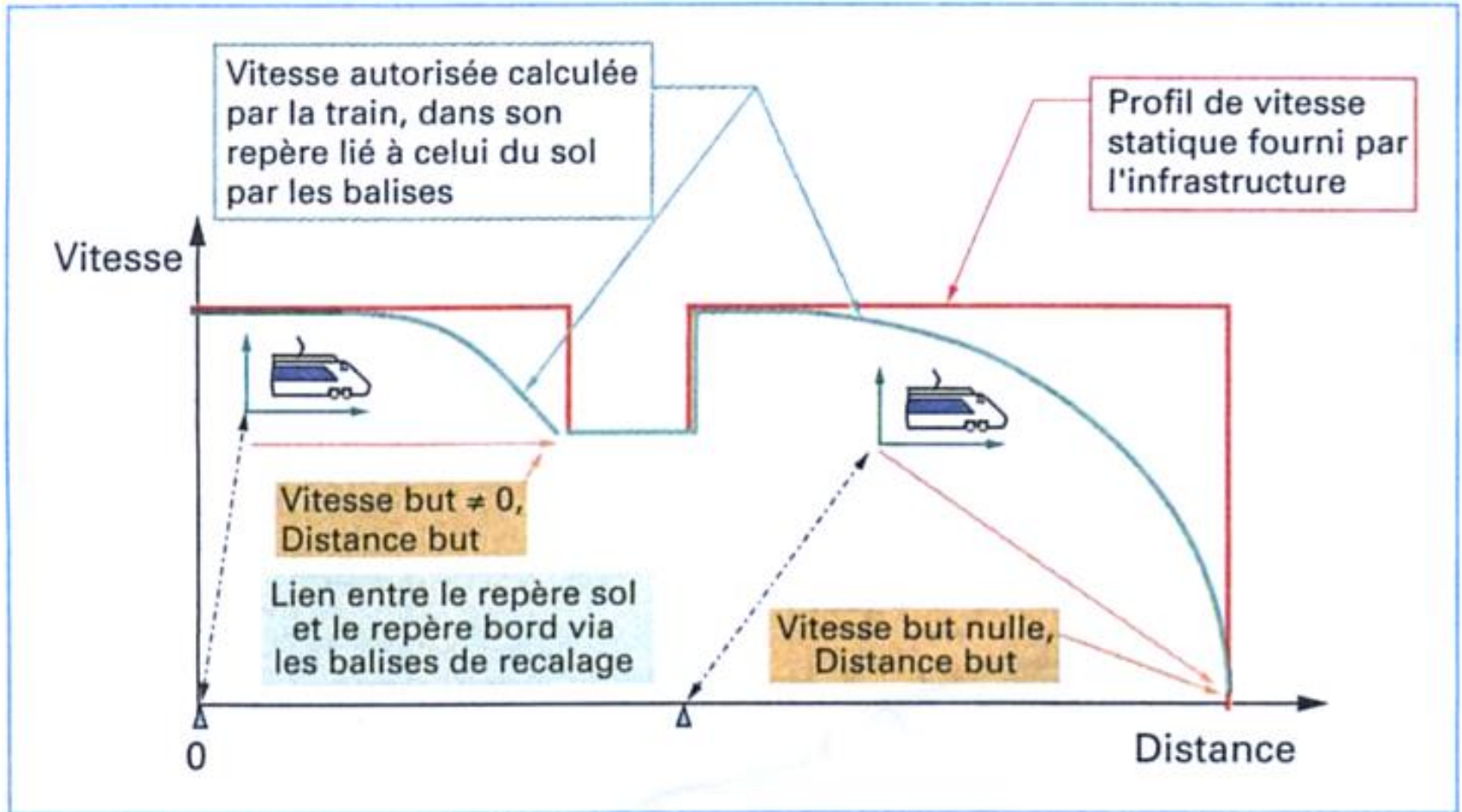
6.2 Les innovations technologiques qui ont permis ERTMS

- ▣ L'Eurobalise
- ▣ La transmission des données par GSM-R
- ▣ L'odométrie de sécurité
- ▣ Les automates de sécurité

6.3 L'affichage ERTMS au bord (l'ergonomie de conduite)



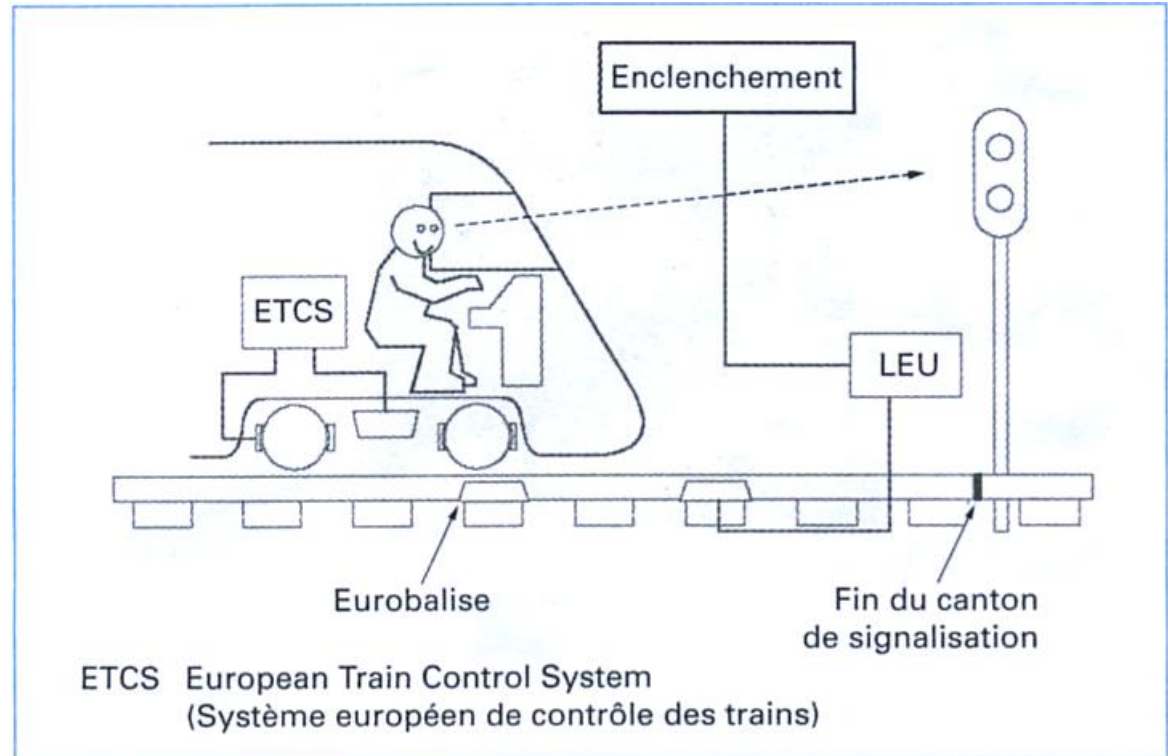
6.5 ERTMS – Diagramme « vitesse but – Distance but »



6.7 L'ERTMS de niveau 1

pour lignes à débit moyen sans GSM-R

- Localisation du train par odomètre, recalage par Eurobalises
- Détection de voie libre assurée par CdV ou compteurs d'essieux
- Transmission « sol→bord » ponctuelle par Eurobalises pour les autorisations de mouvement
- Signalisation latérale non requise (sauf aux points de remises en mouvement)

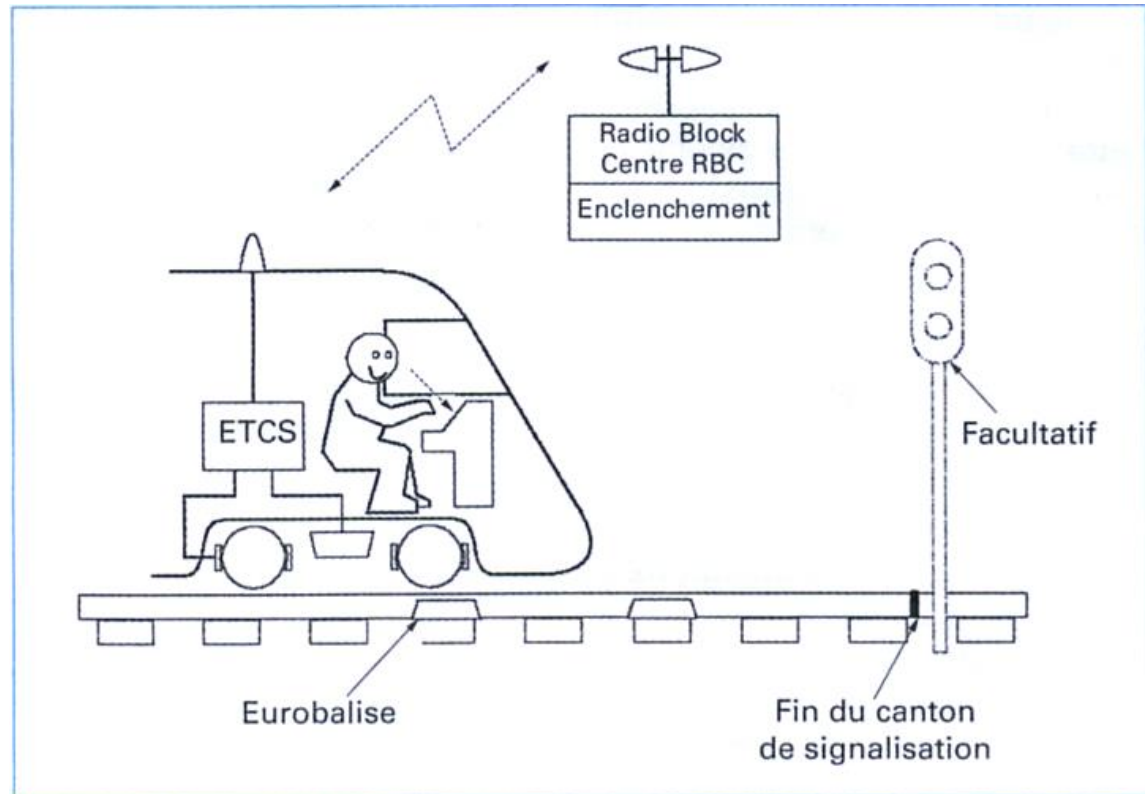


ERTMS Niveau 1

6.8 L'ERTMS de niveau 2

pour lignes LC chargées et LGV

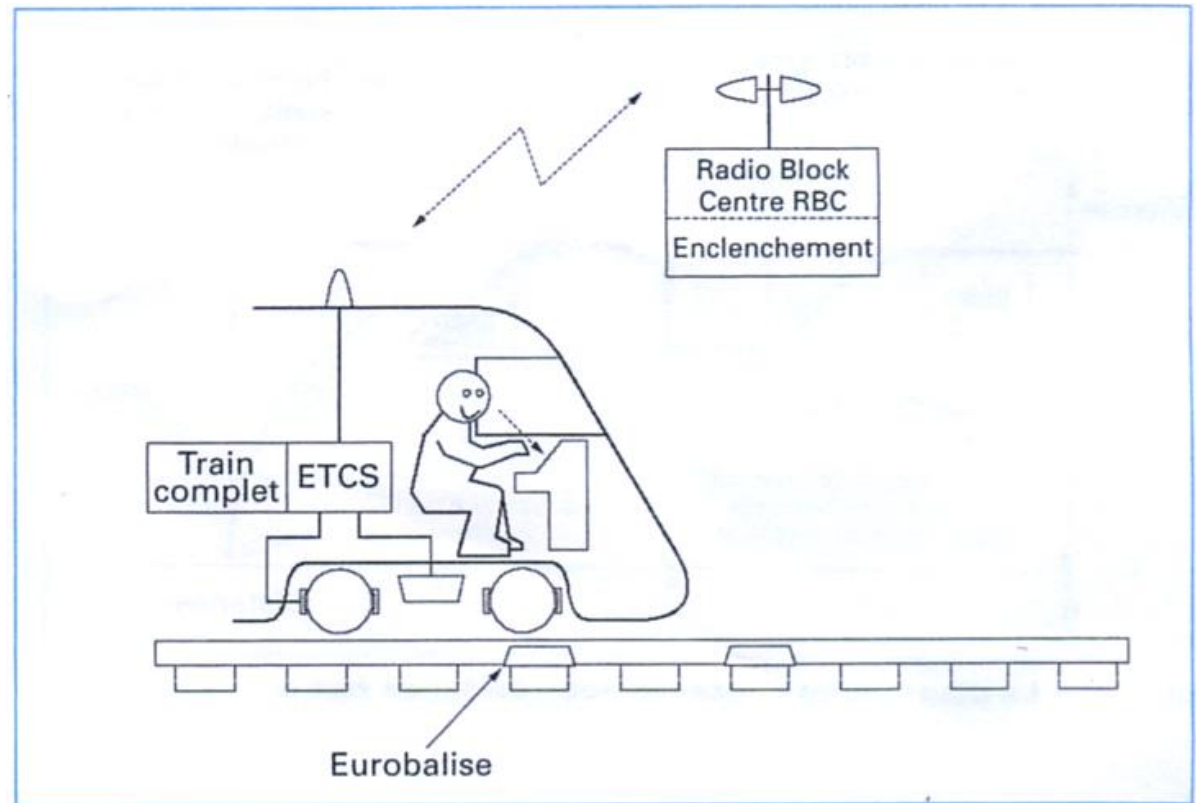
- Localisation du train par odomètre, recalage par Eurobalises
- Détection de voie libre assurée par CdV ou compteurs d'essieux
- **Transmission « sol↔bord » continue par GSM-R (position train, autorisation de mouvement)**
- **Info de reprise de vitesse acquise au plus tôt**
- **Signalisation latérale facultative**



ERTMS Niveau 2

6.9 L'ERTMS de niveau 3 encore au stade de concept (pas déployé sur RFN)

- Localisation du train par odomètre, recalage par Eurobalises (**localisation par GPS envisagée**)
- **Les trains communiquent leur propre occupation de voie au sol, les CdV ne sont plus requis**
- **Contrôle du « train complet » assuré par le train lui-même**
- **Assurance requise de l'absence de trains non connectés en voie**



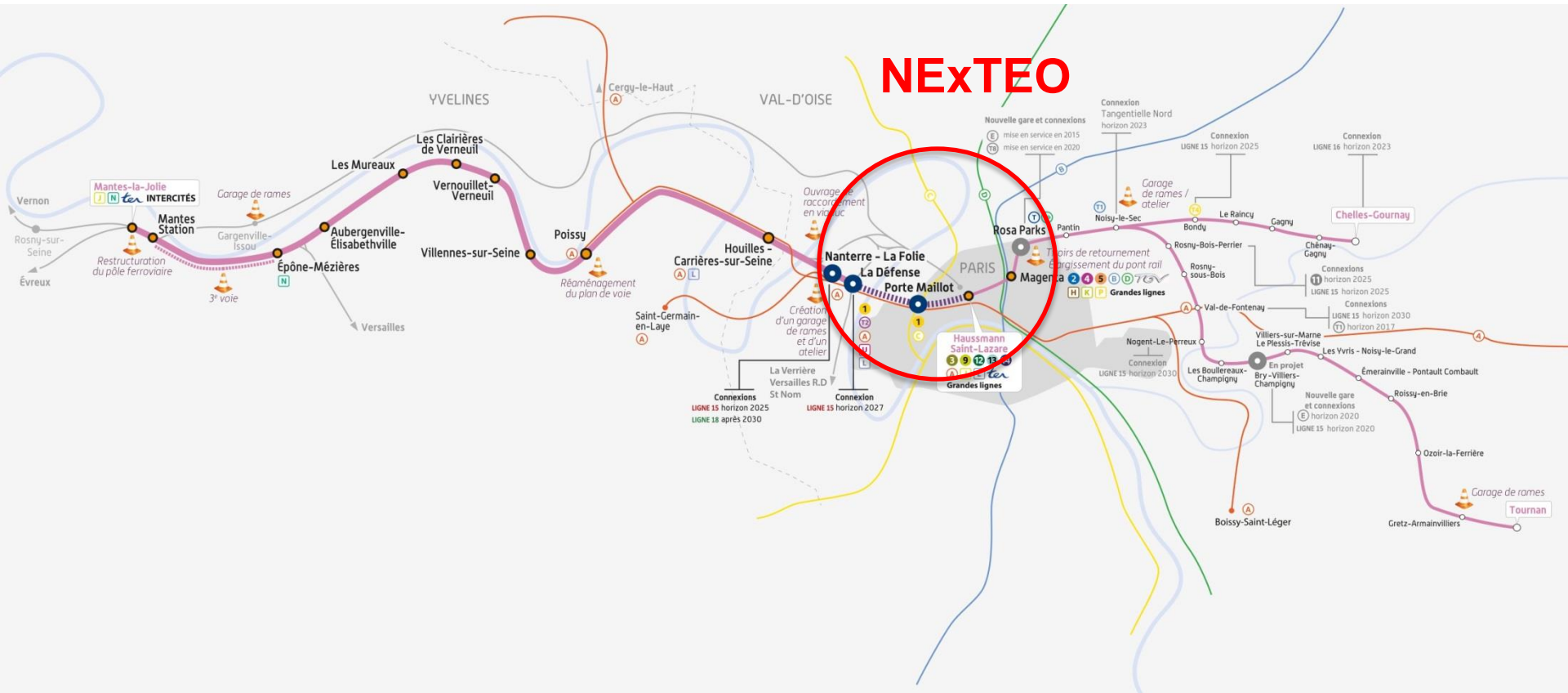
ERTMS Niveau 3

6.10 ERTMS : la problématique du déploiement sur RFN

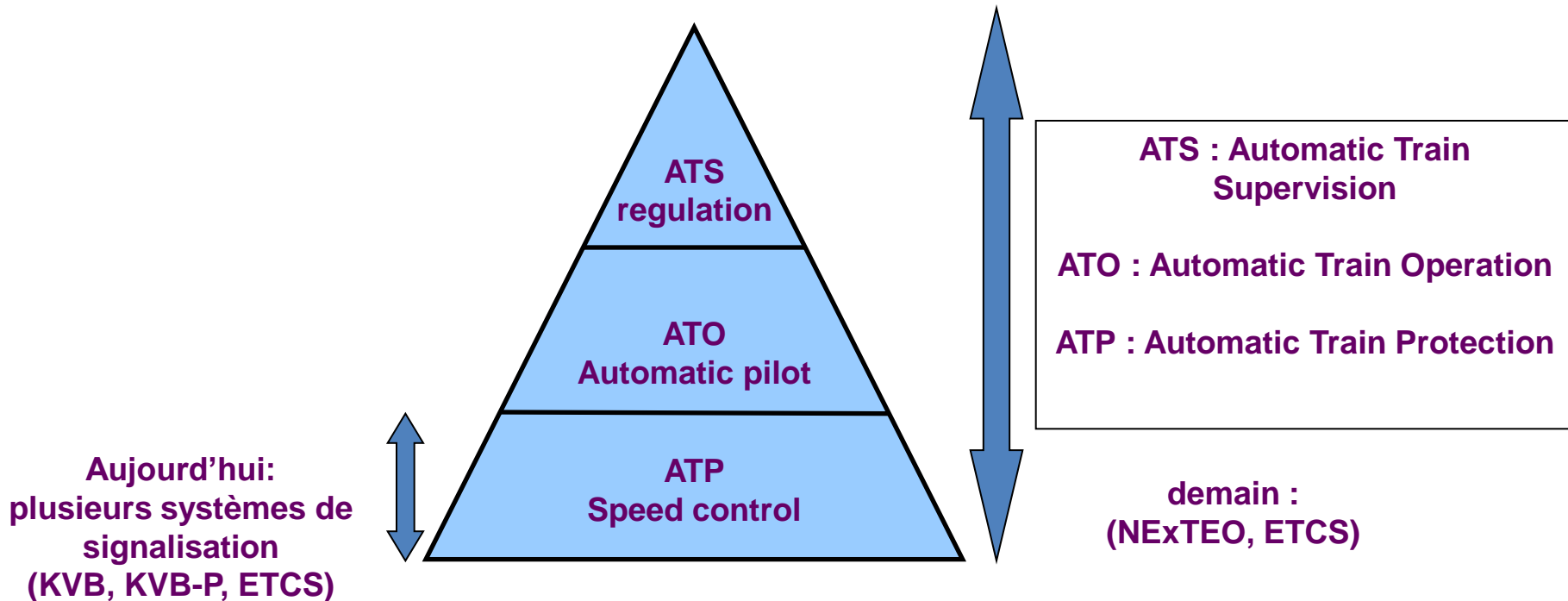
- ▣ La prise en compte de l'existant
- ▣ La migration « sol ». La migration « engin »
- ▣ La superposition d'ERTMS aux systèmes existants (double équipement: TVM française maintenue, cœur TVM intégré dans l'équipement ERTMS bord, superposition au sol)
- ▣ Le choix fait pour la LGV EE : ERTMS niveau 2 + TVM430 (double équipement au sol)
- ▣ Le choix fait pour LGV BPL : ERTMS niveau 2 + TVM300
- ▣ (double équipement au sol)

7.1 NExT_E0 correspond initialement au besoin du projet de raccordement entre deux réseaux existants, de région parisienne (autres applications ensuite)

Quand ce sera réalisé, le trafic dans cette portion centrale sera plus élevé que dans les parties existantes **violettes** – comment gérer ça optimalement?



7.2 NExTEO : ambition et fonctionnalités



7.2 NExTEO : ambition et fonctionnalités

• Amélioration de la capacité de ligne afin de répondre à la demande :

- en réduisant l'intervalle entre trains (canton mobile) ;
- en évitant la dispersion de conduite (accélération / freinage automatique).

• Réduction du temps de trajet:

- en respectant scrupuleusement les profils de vitesse;
- en abandonnant les contraintes du KVB (contrôle de vitesse par balises) et les procédures associées(à l'approche d'un signal fermé...) ;
- Tout en garantissant le sécurité (contrôle de vitesse).

• Amélioration de la qualité:

- En fournissant des informations fiables aux voyageurs (sur quais, dans les trains...);
- En adaptant temps d'exploitation et intervalles entre stations ;
- En gérant bien les points de jonctions (algorithme spécialisé...).

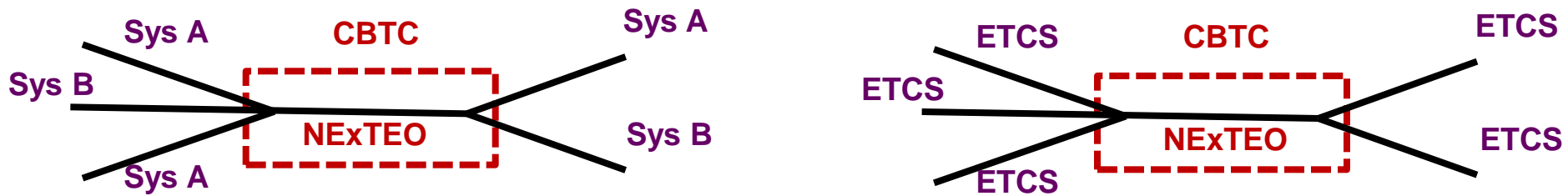
7.2 NExTEO : ambition et fonctionnalités

- **Choix structurants pour NExTEO**
 - contrôle-commande maintenu dans les armoires du réseau RFN ;
 - trafic mixte avec des trains NExTEO des trains non-NExTEO;
 - Signalisation latérale (migration) éteinte et inopérante pour les trains NExTEO;
 - choix d'une architecture embarquée avec un EVC ;
 - transitions dynamiques (pour ATP et le mode de conduite).
- **Conclusion de l'appel d'offre: NExTEO est un système CBTC.**

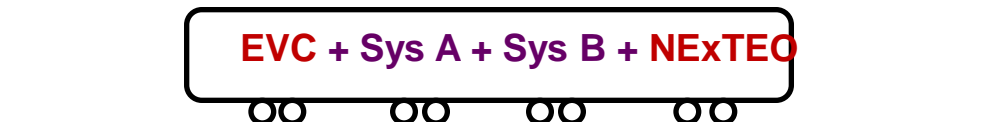
Communication based train control

7.3 Extension de la ligne EOLE

- un système CBTC est plus **efficace** et est **plus performant** que d'autres systèmes mais il est **plus cher**.
- Par conséquent :
 - Mise en oeuvre infra: le CBTC (NExTEO) est réduit à la **section centrale** (compromis entre coût et besoin),

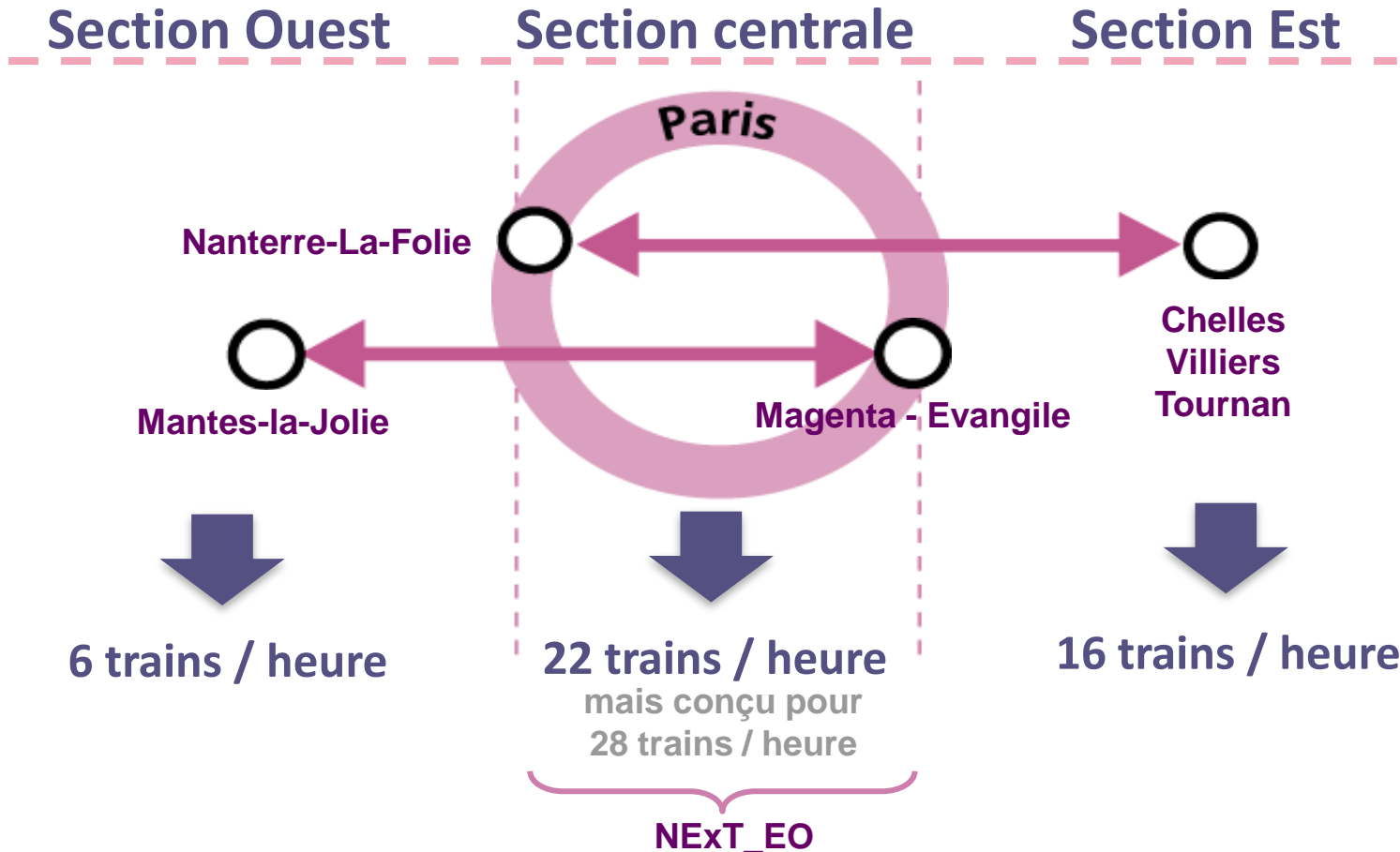


- Mise en oeuvre train : le matériel roulant existant est équipé d'un **EVC** et **tous les systèmes** servent le long de la ligne; le train peut être utilisé partout.



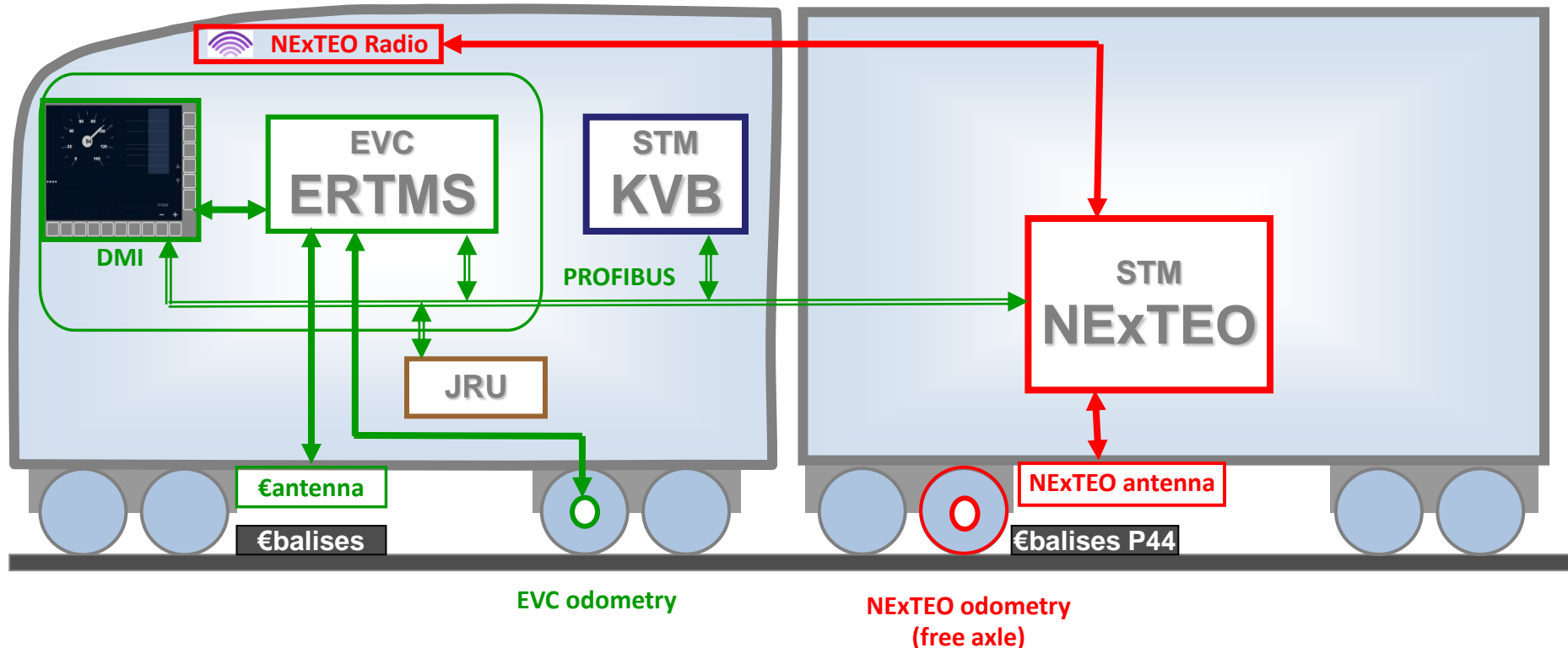
7.3 Extension de la ligne EOLE

- EOLE: schémas d'un service **complexe**



7.3 Extension de la ligne EOLE

- Equipement du train



JRU = Juridic Recording Unit

STM = Specific Transmission Module

EVC = European Vital Computer

7.4 Sujets spécifiques sécurité:

① transitions dynamiques

- **Nécessité de répondre aux exigences en termes de capacité de ligne et de temps de trajet.**
 - a) **transition dynamique ATP:** SNCF réalise des transitions ATP :
 - **entre des ATP nationaux depuis 1981, entre LCs et LGVs;**
 - **ATP national ⇔ ETCS niveau 1 et 2 depuis 2009 (THALYS).**

ERTMS gère une transition séquentielle entre ATP nationaux:

l'ATP quitté est mis en sommeil; l'ATP atteint est réveillé.

Il y a besoin d'ajouter une supervision temporary additionnelle supervision sur lignes avec zones denses pour éviter de devoir circuler sans ATP durant "n" secondes ($n \leq 15s$).



transition ATO dynamique au moment de la transition ATP dynamique: étude ergonomique menée auprès des conducteurs

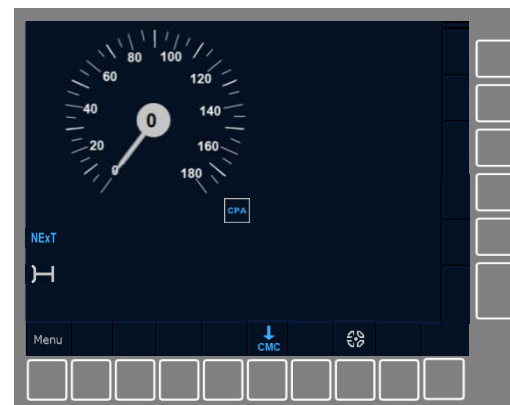
7.4 Sujets spécifiques sécurité:

② ergonomie de conduite

- **Conformité aux spécifications européennes : ETCS DRIVER MACHINE INTERFACE (ERA_ERTMS_015560)**

- **Affichage Réduit:**

- Vitesse du train seulement
- Aucune pré-indication ou indication



- **Etude ergonomique**

- Statique
- Dynamique sur simulateur de conduite (SIMUFER)

7.4 Sujets spécifiques sécurité:

③ Portes

- **Nouveau risque spécifique à gérer : arrêt bref et repositionnement automatique (ATO) :**
 - Normalement, un CBTC gère les portes (le train est passif) ;
 - Hors zone centrale, sans CBTC, les portes doivent être gérées par le matériel roulant en accord avec les règles définies par l'Autorité de sécurité nationale (EPSF en France) ;
- ⇒ analyse finale = une condition supplémentaire est donnée par le CBTC

7.4 Sujets spécifiques sécurité:

④ process continu avec ANS française

Pour faciliter l'acceptation de l'étude préliminaire de sécurité de NExTEO 'preliminary safety case', un processus de réunions de revues régulières a été mis en place entre SNCF et l'A.N.S. française (EPSF) :

- 2014 : revue du document expliquant les “principes NExTEO”;
- 2015 : session spéciale sur modes dégradés NExTEO :
 - Perte de liaison radio (entre voie et train);
 - Erreur de lecture de balise;
 - Portes (voir ci-dessus);
 - Interface NExTEO-EVC;
 - Interface NExTEO-signalisation
- fin 2015- début 2016 : taux garanti de décélération.

7.5 Conclusion

- **Intégration sécurisée d'un CBTC au sein d'une ligne ferroviaire requiert une attention spécifique pour les points suivants:**
 - Non regression des systèmes existants (GAME);
 - Gestion des modes dégradés;
 - Facteurs Humains.

Merci de votre attention