

# SUJET

## 2020-2021

### SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

### Spécialité Première

### ÉVALUATIONS COMMUNES





SUJET SI-E3C-25-05

## Constitution du sujet

- **Étude d'une performance du produit**..... Pages 4 à 6
- **Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement** ..... Pages 6 à 8
- **Documents réponses** ..... Pages 9 à 10

### Rappel du règlement de l'épreuve

Le sujet comporte deux exercices indépendants l'un de l'autre, équilibrés en durée et en difficulté, qui s'appuient sur un produit unique.

Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

Le second exercice porte sur la commande du fonctionnement du produit ou la modification de son comportement. L'étude s'appuie sur l'algorithmique et de la programmation, à partir de ressources fournies au candidat qu'il devra exploiter, compléter ou modifier.

## PRÉSENTATION DU PRODUIT

La région Île-de-France représente 40 % du trafic ferroviaire assuré sur 10 % du réseau ferré national. On y observe une grande diversité de services et de matériels qui cohabitent : entre autres Transilien, TER, TGV, Intercités, trains spéciaux, trains de fret.

Le réseau d'Ile de France est composé de lignes ferroviaires urbaines (métros, tramways), et de lignes ferroviaires suburbaines (RER, lignes Transilien). Les zones dites denses et très denses se situent dans une zone de 20 km de rayon autour du centre de Paris. Le défi de l'exploitation suburbaine en zone dense porte sur le débit, le temps de parcours et la qualité de service, et notamment la gestion des aléas. Afin de décharger la ligne A du RER, un prolongement d'Eole (ligne E du RER) à l'ouest d'Hausmann Saint-Lazare à Mantes-La-Jolie en passant par La Défense sera opérationnel à partir de 2024 (Figure 1).

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1



Figure 1 : Carte du prolongement du RER E

Cette solution doit être capable d'assurer la contrainte de 28 trains par heure avec un intervalle de temps de 108 secondes entre deux trains. La SNCF va mettre en place le système NExTEO sur la section centrale Nanterre - Rosa Parks (Figure 2).

Le système NExTEO permet de contrôler 3 tâches :

- le contrôle de la vitesse ;
- la réalisation des phases d'accélération et de freinage ;

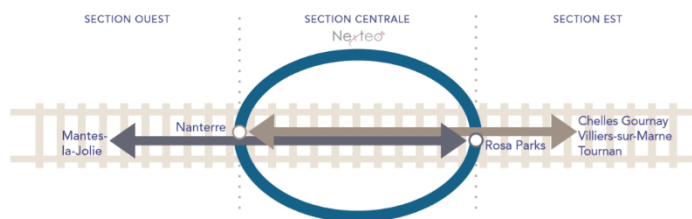


Figure 2 : Les sections du RER 2024

- et une aide à la gestion des temps de stationnement de gare.

Les objectifs de la technologie NExTEO ont pour but :

- l'amélioration de la fréquence, de la vitesse et de la régularité ;
- l'optimisation d'énergie ;
- et l'optimisation des infrastructures.

Le système NExTEO passe d'un espacement de sécurité fixe entre deux trains (canton fixe) à un espacement mobile qui s'adapte en temps réel aux conditions de circulation et à la vitesse des trains (canton mobile). (Figure 3).

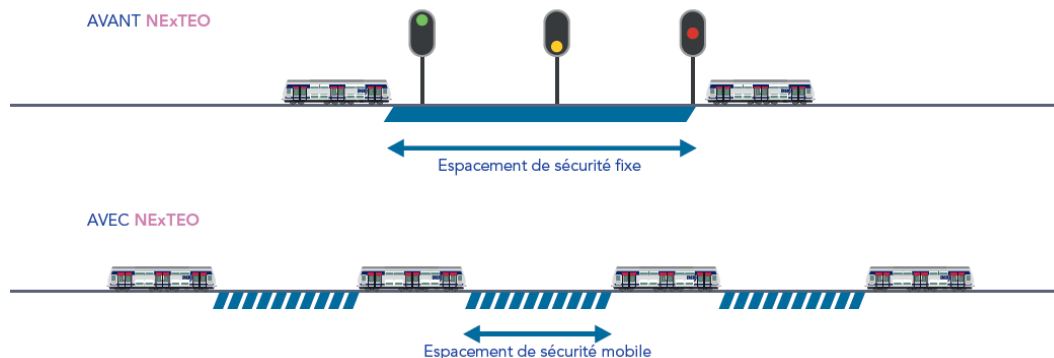


Figure 3 : La gestion des cantons



Au cœur de NExTEO, le nouveau système CBTC (Communication Based Train Control) établit une communication continue entre les trains et l'intelligence centrale chargée de gérer automatiquement le trafic. L'intelligence centrale actualise en temps réel tous les outils d'information des voyageurs. (Figure 4).

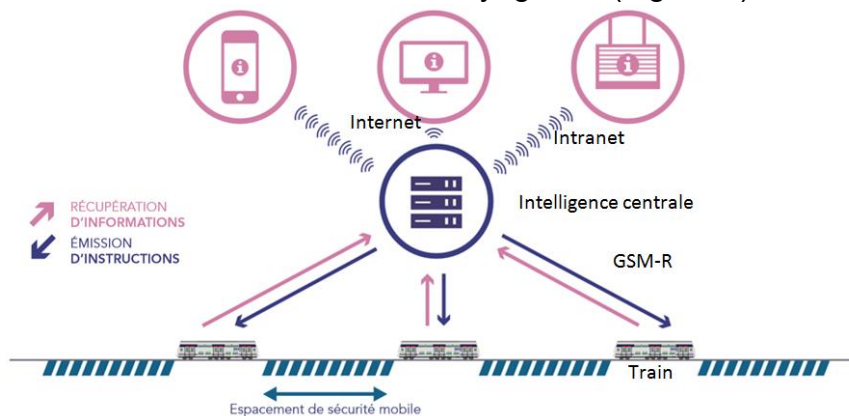


Figure 4 : Le système CBTC

## ÉTUDE D'UNE PERFORMANCE DU PRODUIT

**Problématique** : Dans l'optique de gérer finement les flux de train entre eux (position, vitesse) avec fiabilité, il s'avère que l'usure des roues du train peut avoir une incidence sur les performances ciblées. Comment tenir compte de cette usure pour anticiper les écarts de performance dans la gestion du flux de ces trains ? La performance étudiée est la vitesse d'un train équipé de roues neuves ou usées. L'objectif est d'analyser et de valider (ou non) la nécessité d'agir sur la consigne de pilotage du moteur pour obtenir la vitesse souhaitée suite à l'usure des roues. Un odomètre SKF Axletronic permet de mesurer la distance parcourue et la vitesse de la roue d'un train. L'odomètre est directement fixé sur l'axe de la roue  $\vec{z}$ .

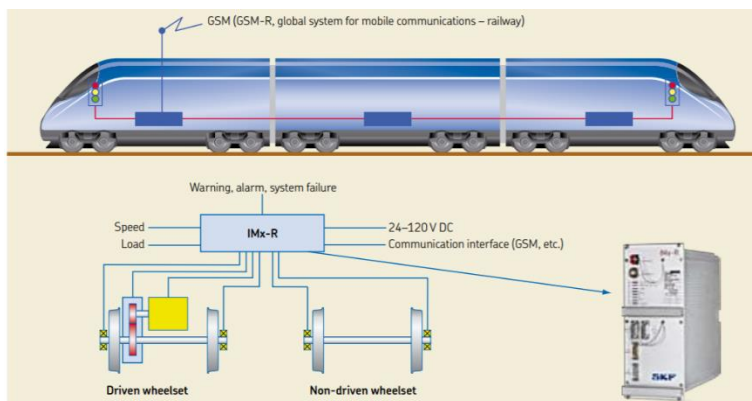


Figure I-1 : Synoptique de la chaîne d'information

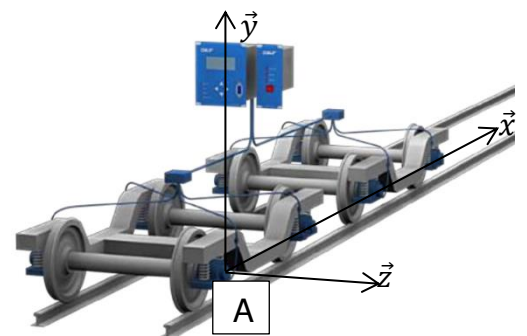


Figure I-2 : Implantation des capteurs odométriques

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Question I-1 **Représenter**, sur le document réponse DR1 I-1, la liaison pivot d'axe  $(A, \vec{z})$  entre le Bogie et la roue.  
**Modéliser** le torseur cinématique associé de cette liaison pivot d'axe  $(A, \vec{z})$  dans le repère  $(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .

Question I-2 **Représenter**, sur le document réponse DR1 I-2, sous forme graphique l'action mécanique de contact ponctuel entre le rail et la roue, notée  $\vec{B}_{2/1}$ .

Ce point de contact  $\vec{B}_{2/1}$  sera considéré comme non glissant entre la roue et le rail. Nous considérerons un roulement sans glissement entre la roue et le rail.

L'odomètre permet de traduire une vitesse angulaire en impulsion électrique.

L'odomètre possède 80 encoches par tour.

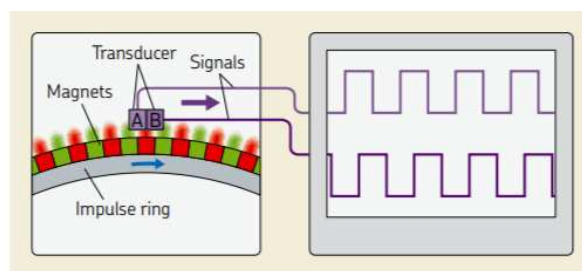


Figure I-3 : Signaux issues de l'odomètre

Question I-3 **Caractériser**, sur le document réponse DR2, les grandeurs physiques d'entrée et de sortie de l'odomètre et préciser la nature de l'information de sortie (analogique, logique et numérique).

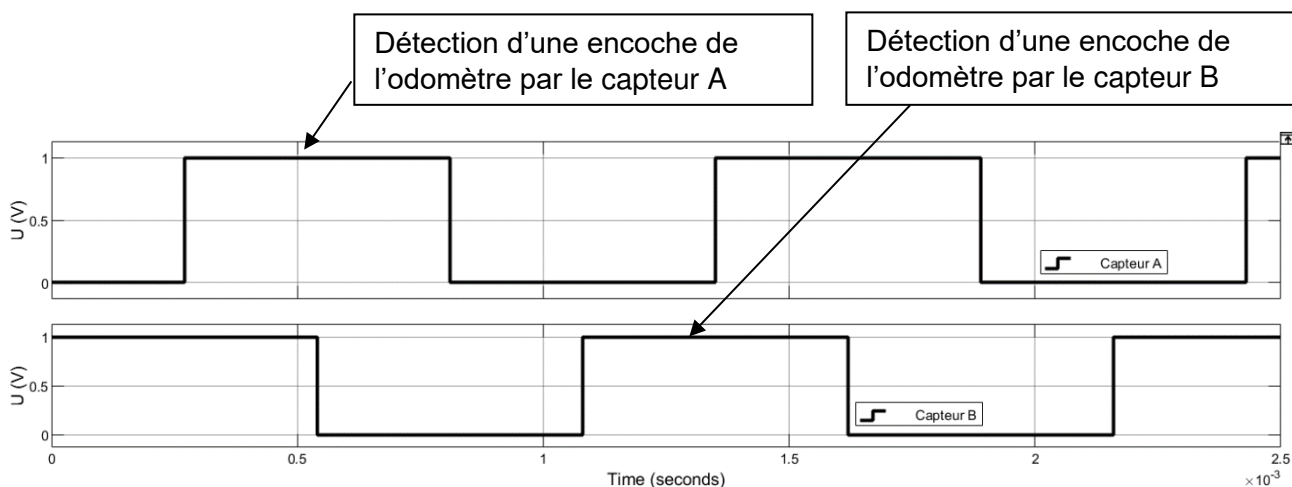


Figure I-4 : Signaux issue de l'odomètre



Question I-4 A l'aide la figure I-4, **déterminer** le nombre d'état détectable par l'odomètre grâce à l'association des 2 capteurs.

**Déterminer** la précision de l'odomètre en mm d'une roue neuve (Le diamètre de roue neuve est 900 mm).

La roue s'use, la précision de l'odomètre est de 8,5 mm.

Question I-5 A l'aide la figure I-4, **Prévoir** l'ordre de grandeur de la vitesse mesurée par l'odomètre.

La consigne de vitesse est de 120 km.h<sup>-1</sup>. L'odomètre indique une mesure de 112 km.h<sup>-1</sup>.

Question I-6 **Quantifier** l'écart de performance entre la vitesse attendue et la vitesse mesurée.

**Valider** (ou non) la nécessité de mettre en place un asservissement pour corriger l'écart de vitesse.

## COMMANDE DU FONCTIONNEMENT DU PRODUIT

**Problématique** : Comment adapter une intelligence centrale afin d'ajuster au mieux la régulation du flux des trains sur leurs parcours ?

L'objectif est de compléter une partie d'algorithme de fonctionnement de l'intelligence centrale pour contrôler la vitesse du train ainsi que la gestion du temps de stationnement en gare.

Le nouveau système CBTC établit une communication continue entre les trains, l'intelligence centrale, les outils des voyageurs et l'ensemble des équipements du réseau. L'intelligence centrale est chargée de gérer automatiquement le trafic des trains en leur communiquant une consigne de vitesse et une consigne d'attente en gare.

Le standard de communication utilisé pour communiquer entre l'intelligence centrale et les trains est le standard GSM-R.

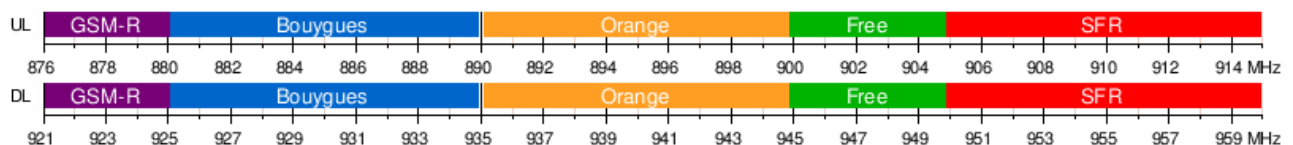


Figure II-1 : Attribution des fréquences GSM en France

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

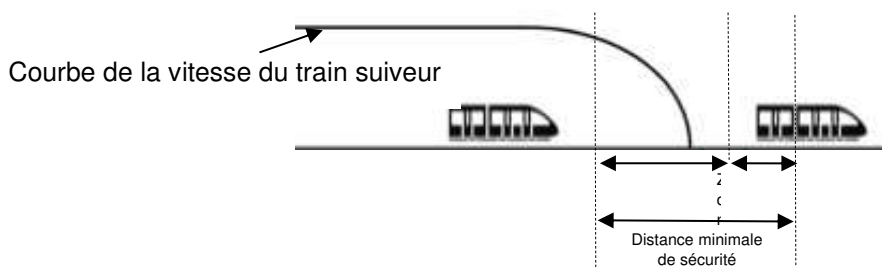
Né(e) le :  /  /



1.1

Question II-1 **Analyser** le moyen de communication utilisé pour communiquer entre l'intelligence centrale et les trains en donnant le sens de la communication : unidirectionnelle ou bidirectionnelle et le type : filaire ou non-filaire. **Justifier** le choix de bandes de fréquences différentes de celle utilisées par les opérateurs publics.

Le cantonnement est le moyen employé pour assurer l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie. Pour assurer la sécurité contre les collisions, la présence d'un seul train dans un canton donné est autorisée. Le principe NExTEO est d'utiliser un cantonnement mobile ou découpage virtuel qui permet d'ajuster au plus près et en sécurité l'espacement des trains en fonction de leur vitesse (Figure II-2).



**Figure II-2 : Les cantons mobiles**

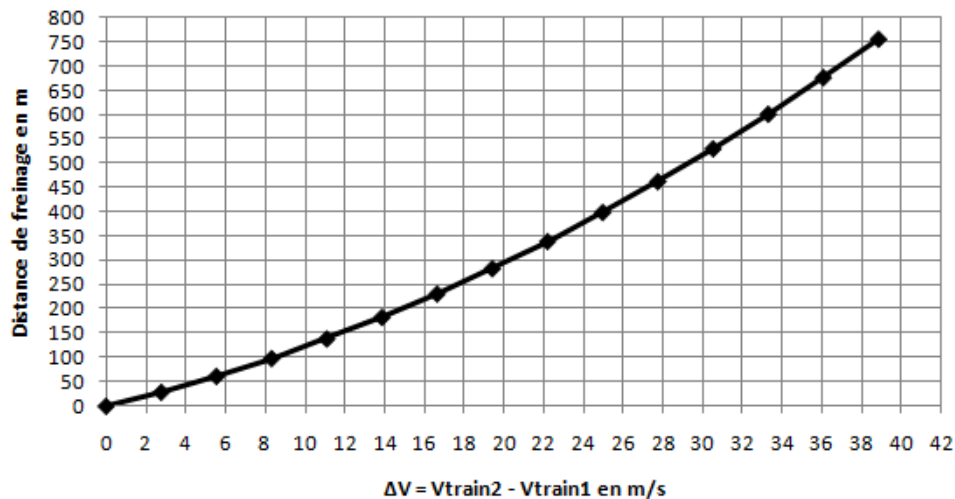
Par rapport à la gestion à cantons fixes, ce système permet deux principaux avantages : d'une part le point visé par le train suiveur (TRAIN 2) est situé au plus près de la queue du train meneur (TRAIN 1), et d'autre part l'espacement est ajusté aux performances dynamiques (vitesse, décélération, état de la voie, état du train...) de chaque train.



**Figure II-3 : L'intervalle entre deux trains**

La distance de freinage, en mètres, entre les deux trains correspond à la distance que met le train 2 à réduire sa vitesse pour atteindre la vitesse du train 1. Cette distance est modélisée par la courbe (figure II-4) représentant la distance de freinage en fonction de l'écart de vitesse entre les deux trains en  $m.s^{-1}$ .





**Figure II-4 : Courbe de la distance de freinage par rapport à la différence de vitesse des trains**

- Question II-2 Pour les 3 cas de vitesses des trains 1 et 2 du tableau du document réponse DR2 II-3, **calculer et reporter** les résultats dans la colonne « distance minimale de sécurité » entre les deux trains sachant que la marge de sécurité à ajouter est de 50 m.
- Question II-3 **Indiquer** dans la colonne « comportement attendu du train 2 » dans le cas où l'écart réel entre les deux trains est de 150 m (Ralentir, Maintenir la vitesse, Accélérer).
- Question II-4 **Compléter** l'algorithme sur le document réponse DR2 II-5 en ajoutant la condition permettant d'adapter la vitesse du train en fonction de la position  $x_1$ , de la position  $x_2$  et  $d_{\text{sécu}}$  la distance minimale de sécurité.

Afin de respecter la fréquence de 28 trains par heure il faut optimiser le temps de stationnement en gare. Le temps de stationnement peut être réduit si le train arrive en retard ou augmenté si le train arrive en avance. Dans tous les cas, le temps de stationnement ne peut pas être inférieur à 20 secondes. Nous appelons cette stratégie : régulation individuelle des temps de stationnement.

Il est également possible de modifier l'accélération des trains pour essayer de rattraper leurs retards ou de combler leurs avances. Si un train arrive en avance, c'est à dire moins de 108 secondes après le train précédent, nous choisissons une accélération plus lente. Inversement si un train part en retard, on choisit une accélération plus rapide. Nous appelons cette stratégie : régulation individuelle des marches.

- Question II-5 La variable *temps\_ecart* contient le temps qui s'est écoulé entre deux trains arrivés sur le quai. **Compléter** les trois transitions du diagramme d'états-transitions sur le document réponse DR2 II-6.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

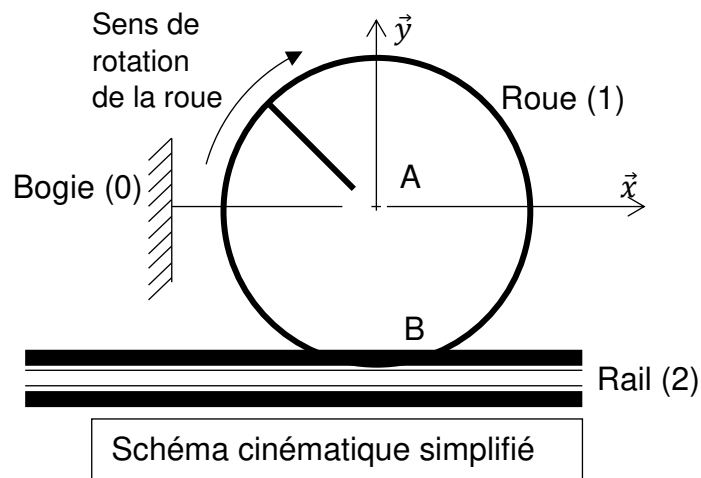


Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

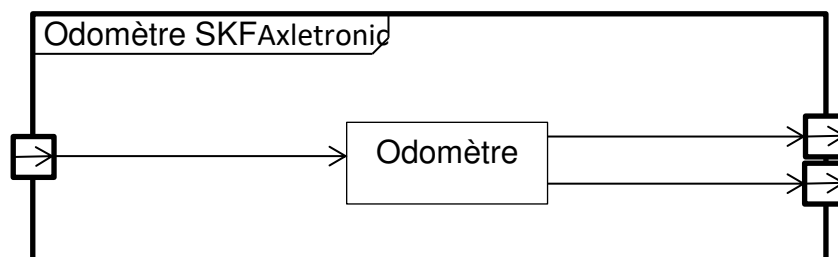
1.1

## DOCUMENTS RÉPONSES

DR1, questions I-1 et I-2 : Schéma cinématique simplifié du Bogie et de la roue et effort rail(2)/roue(1)



DR1 : question I-3 Échanges d'information de l'odomètre





## DOCUMENTS RÉPONSES

### DR2 QII-3 : Programme de contrôle de la vitesse

Vtrain 1	Vtrain 2	Distance minimale de sécurité	Comportement attendu du train 2
70 km.h <sup>-1</sup>	140 km.h <sup>-1</sup>		
70 km.h <sup>-1</sup>	100 km.h <sup>-1</sup>		
70 km.h <sup>-1</sup>	70 km.h <sup>-1</sup>		

### DR2 QII-5 : Programme de contrôle de la vitesse

Début

Si \_\_\_\_\_  
Alors ralentir le train 2

Fin Si

Fin

Note : Abs() est une fonction qui calcule une valeur absolue d'un nombre ou d'une opération.

### DR2 QII-6 : Diagramme états-transitions de la gestion du temps de stationnement

