

TRAINING!

2021-2022

**SCIENCES
INGÉNIEUR**

**PREMIÈRE
SPÉCIALITÉ**



SUJET SI-E3C-25-08

Constitution du sujet

- **Étude d'une performance du produit**..... Pages 4 à 6
- **Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement** Pages 7 à 9
- **Documents réponses** Pages 10 à 12

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 ;

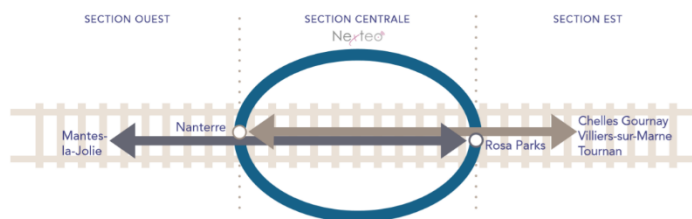


Figure 2 : Les sections du RER 2024

- 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).

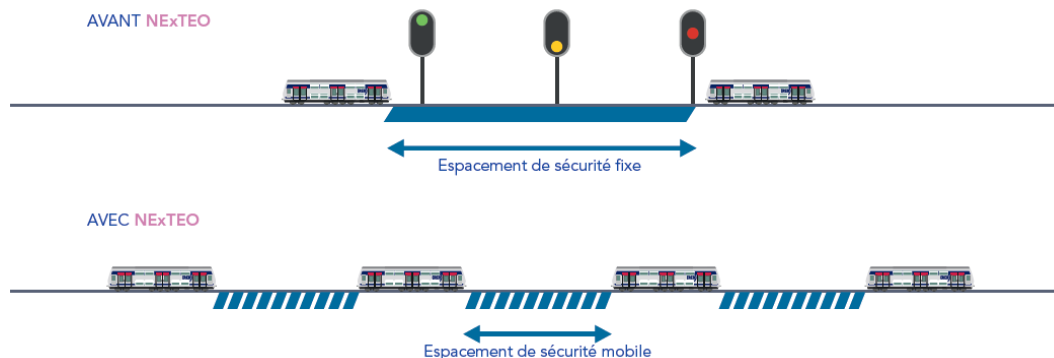
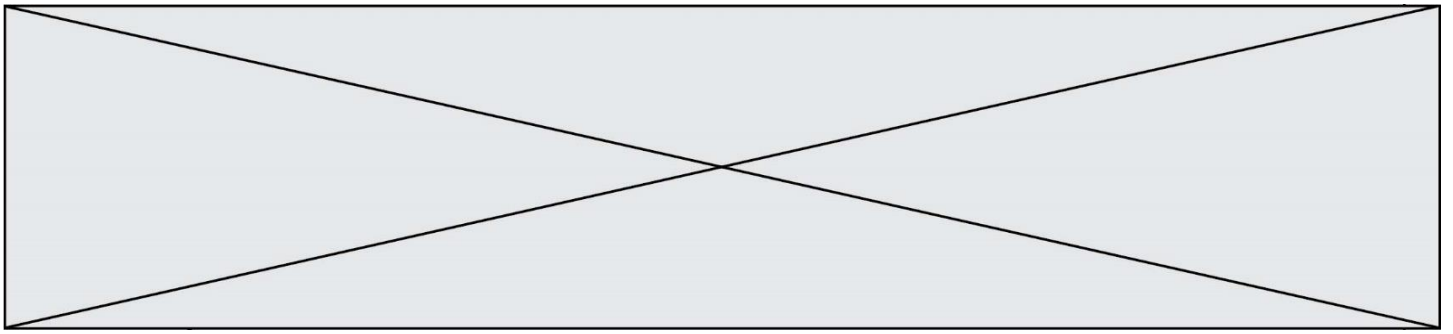


Figure 3 : La gestion des cantons



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).

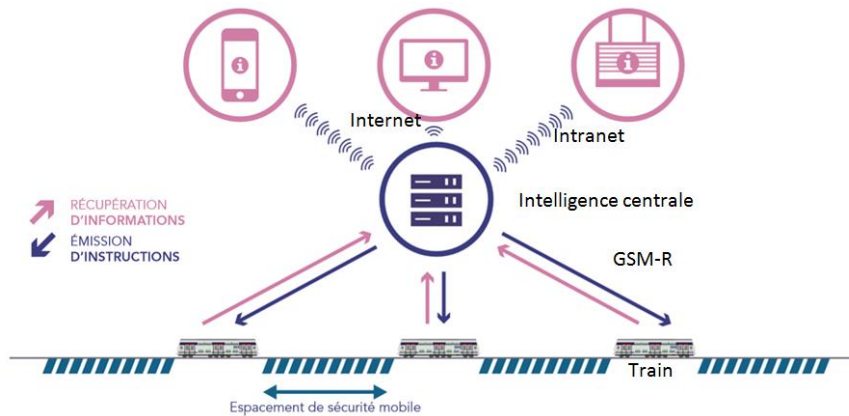


Figure 4 : Le système CBTC

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 : / /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

ÉTUDE D'UNE PERFORMANCE DU PRODUIT

Problématique : La gestion du flux des trains permet-elle une restitution énergétique sur le réseau ? L'objectif est d'analyser le temps de trajet entre 2 gares avec l'effet marche sur erre et de valider la quantification énergétique pouvant être récupérée sur le réseau.

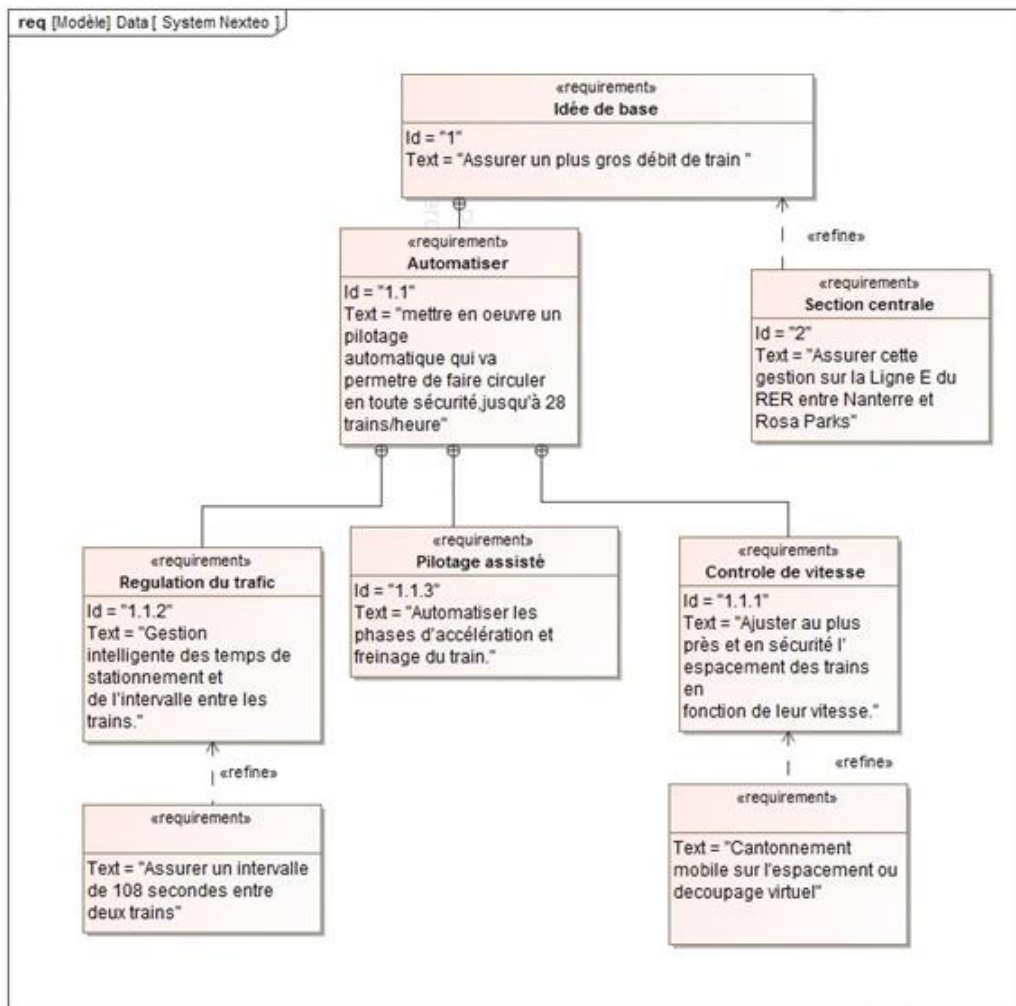


Figure I-1 : Diagramme des exigences partiel du system Nexteo

Question I-1 En vous aidant de la présentation du système et du diagramme des exigences de la figure I-1, **analyser** et **justifier** la mise en place du système Nexteo.



Nous allons nous intéresser ici au temps de trajet entre les stations Hausmann Saint-Lazare et Porte Maillot avec l'effet marche sur erre.

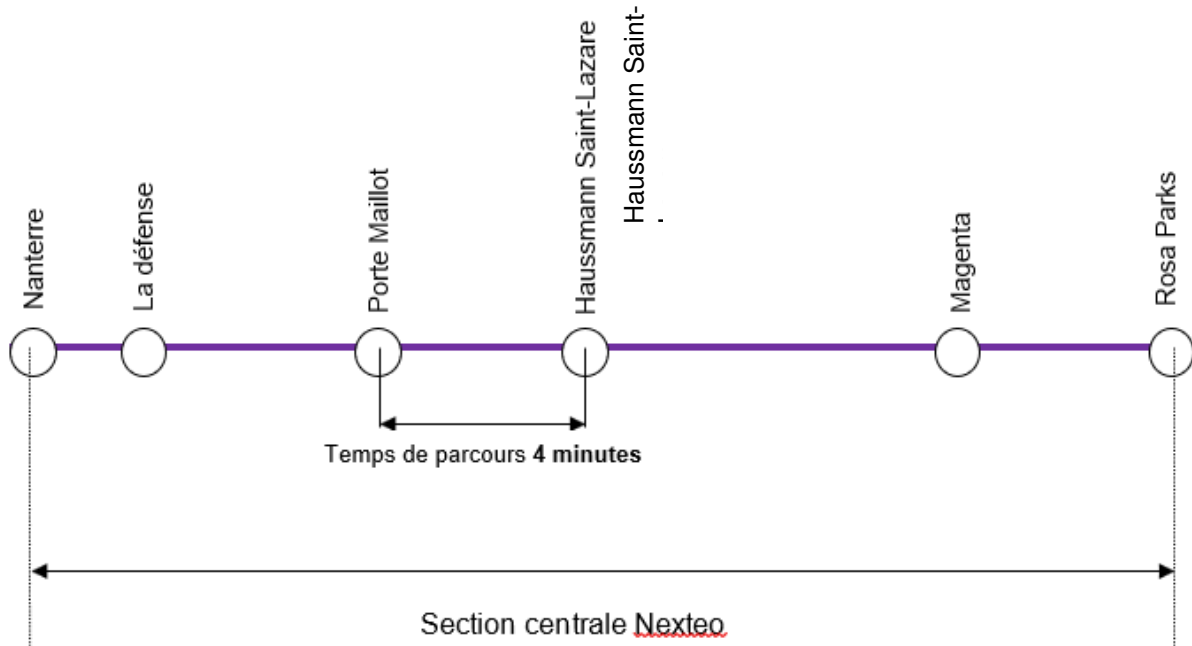


Figure I-2 : Section utilisant le système Nexteo

Le profil de vitesse d'un train est généralement découpé en phases dynamiques. Les quatre types de mouvements identifiés sont :

- **la croisière** : sans dénivelé, phase mobilisant un effort de traction positif faible et une accélération nulle ;
- **la marche sur l'erre** : sans dénivelé, phase mobilisant un effort de traction nul et une accélération négative ;
- **l'accélération** : sans dénivelé, phase mobilisant un effort de traction positif et une accélération positive ;
- **le freinage** : sans dénivelé, phase mobilisant un effort de traction négatif et une accélération négative.

Question I-2 **Repérer** sur le document réponse DR1 QI-2 les différentes phases dynamiques repérées ①, ②, ③, ④.

- Lorsque que le train atteint sa vitesse de croisière il est à 120 km.h^{-1}
- Le train a une accélération constante de $a = 0,842 \text{ m.s}^{-2}$
- Le temps de trajet marche sur erre + freinage est estimé à environ 59 secondes
- La distance parcourue pendant la phase de croisière est de 906 mètres

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 I-3 À partir du profil de vitesse donné dans le DR1 QI-2, **déterminer** le temps de trajet entre les deux gares et **quantifier** l'écart entre le temps estimé et le profil de vitesse du train.

Question I-4 **Caractériser** les grandeurs de flux et d'effort en entrée et sortie du motoréducteur sur le document réponse DR1 QI-4.

Question I-5 Dans le tableau du document réponse DR1 QI-5, pour :

- La force de traction F ;
- La vitesse du train V ;
- La puissance consommée P ;

Indiquer si la grandeur est positive, négative ou nulle (+, -, 0) pour chacune des phases identifiées **1**, **2**, **3**, **4**.

Dans les cases de la dernière ligne du tableau, **indiquer** si la récupération d'énergie sur le réseau est possible ou non (Oui ou Non).

Nous souhaitons maintenant déterminer la quantité d'énergie potentiellement récupérable sur le réseau. Pour cela, nous nous aiderons des relations suivantes :

Force de freinage :

$$F = m \cdot \gamma \quad \text{avec :}$$

F : force de freinage, exprimée en N

M : masse, exprimée en kg

γ : décélération, exprimée en m.s^{-2}

Travail de la force de freinage

$$E = F \cdot D \quad \text{avec :}$$

F : force de freinage, exprimée en N

E : travail, exprimé en Joules

D : distance de freinage, exprimée en m

Informations complémentaires :

- une décélération de $\gamma = -0,842 \text{ m.s}^{-2}$
- une distance de freinage de $D = 960\text{m}$
- la masse pesante du train à charge moyenne = 675 000 kg

Question I-6 En vous appuyant sur le DR1 et à partir des relations ci-dessus, **quantifier** l'énergie (en kWh) restituable sur le réseau pendant la phase de décélération.

Rappel : 1 joule = 1 W.s

Conclure quant à l'intérêt d'une telle gestion de flux de trains.



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.

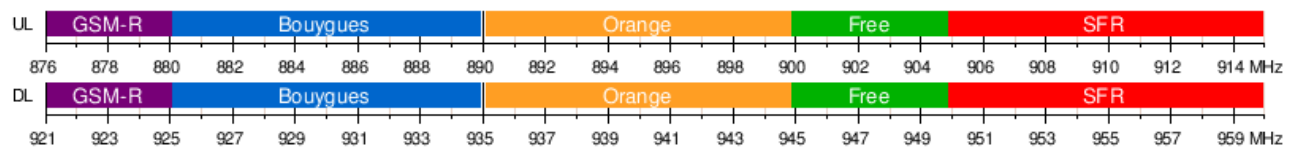


Figure II-1 : Attribution des fréquences GSM en France

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).

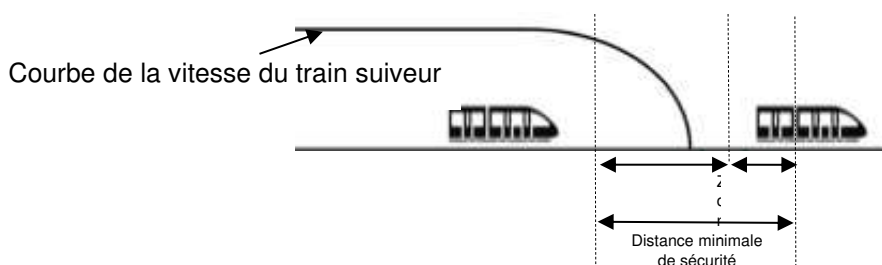


Figure II-2 : Les cantons mobiles

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

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 $m.s^{-1}$.

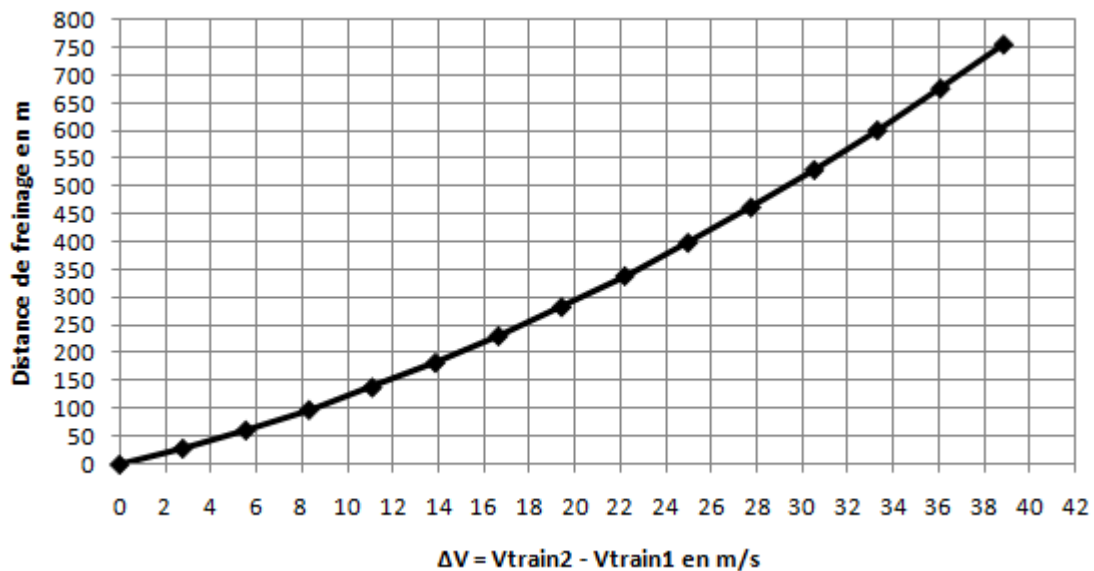


Figure II-4 : Courbe de la distance de freinage par rapport à la différence de vitesse des trains



- 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 : / /

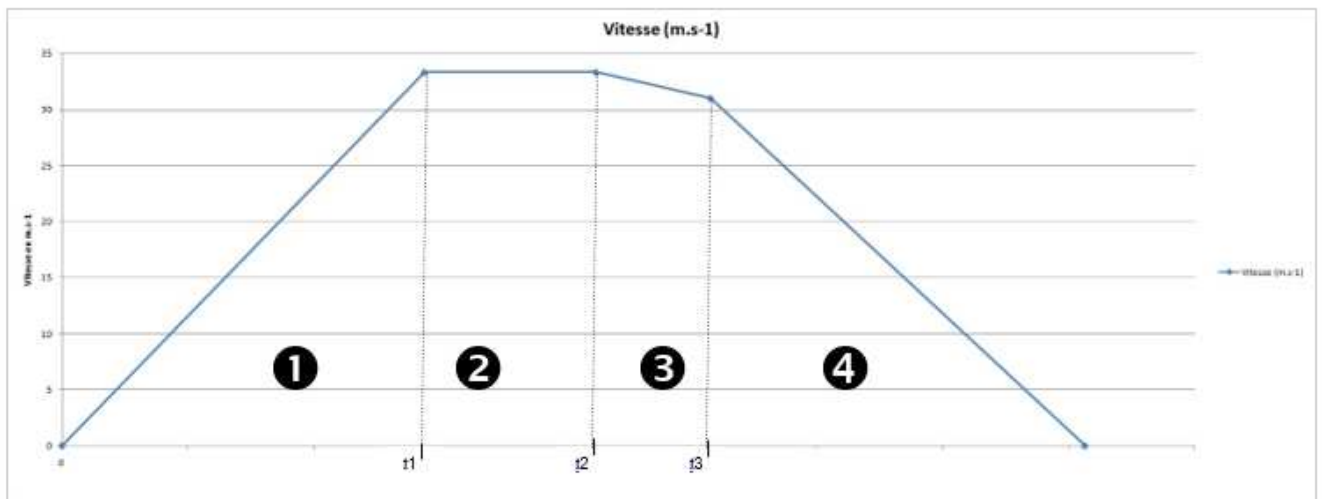


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

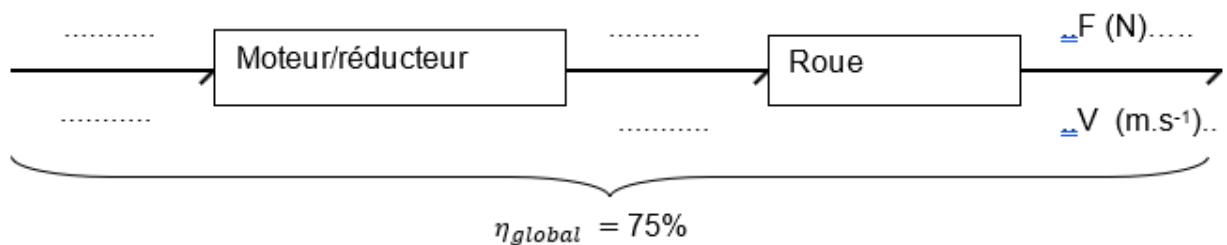
1.1

DOCUMENTS RÉPONSES

DR1 QI-2 : Profil de vitesse du train entre les gares porte maillot et Hausmann Saint-Lazare



DR1 QI-4 : Chaîne de puissance motoréducteur + roue



DR1 QI-5 :

DR1 QI-5 : Phases	1	2	3	4
F (N)				
V (m.s ⁻¹)				
Puissance consommée (W)				
Récupération d'énergie possible ?				



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 ⁻¹	140 km.h ⁻¹		
70 km.h ⁻¹	100 km.h ⁻¹		
70 km.h ⁻¹	70 km.h ⁻¹		

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

