

Lycée Pierre Gilles de Gennes - Digne les bains	
Automatique et Informatique Industrielle	
Etude : Réalisations technologiques Fonction « Commande de puissance »	
Janvier 2000	Terminale STI Electrotechnique

### COMPETENCES ATTENDUES :

Un moteur étant choisi à partir de caractéristiques techniques connues (vitesse constante ou variable), les documents constructeurs étant fournis :

- Définir les fonctions des constituants de la ligne d'alimentation du moteur.
- Identifier les composants standards réalisant ces fonctions.

### PREREQUIS :

- Cours de physique appliquée sur les machines à courant continu.
- Equation fondamentale de la dynamique (cours de mécanique).

### DONNEES :

Support : Le T.G.V Paris Sud - Est.

Documentation : Catalogue SCHNEIDER, LEROY SOMER.

OBJECTIF OPERATIONNEL : L'élève doit être capable de :

- Choisir l'équipement du moteur du compresseur.
- Justifier les choix technologiques des moteurs de traction.
- Justifier le choix de la structure du hacheur des moteurs de traction.

### CONDITIONS DE REALISATION :

Temps : 3 heures.

Situation : travail autonome par binôme.

Travail demandé : Voir folio joint.

CRITERES D'EVALUATION : La capacité ou la compétence sera reconnue si :

- Le choix du moteur du compresseur est justifié (aucune erreur tolérée).
- L'élève est autonome dans la manipulation des formules de mécanique relatives au calcul de la vitesse du moteur.
- La structure élémentaire du hacheur est justifiée.

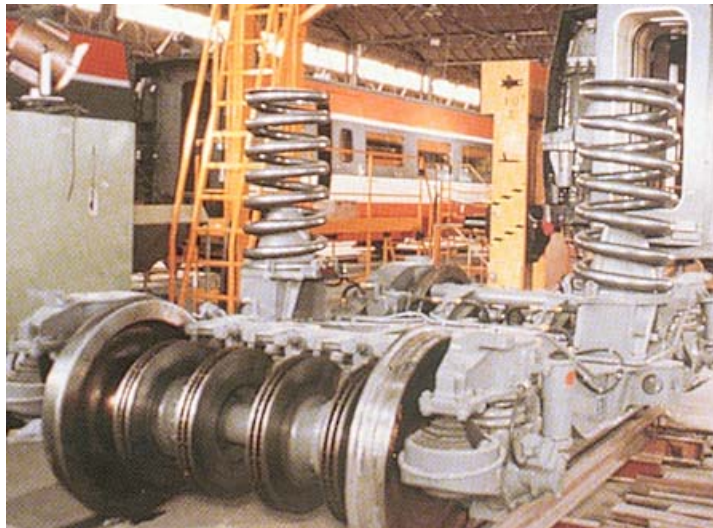
## EQUIPEMENT DE TRACTION TGV PARIS SUD - EST

Objectif : On se propose d'étudier sur une rame de TGV Paris Sud - Est :

- L'équipement de conditionnement d'air d'une voiture.
- L'équipement de traction (moteur, hacheur, composants du hacheur).



La rame est équipée d'un ensemble de huit remorques articulées, encadrées par deux motrices alimentant chacune trois bogies moteurs (M1 + 8 R + M2).



Vue de détail du bogie  
moteur

Moteur de traction.  
TAB 676 C  
537 kW  
Masse : 1560 kg  
530 A / 1100 V

Il y a donc au total six bogies moteur sur l'ensemble de la rame.

Au niveau de la conception et dans un but d'efficacité chaque « bloc moteur » des bogies moteurs précédemment cités fonctionne de façon indépendante et chaque bogie moteur comporte deux moteurs de traction.

1. Calculer la puissance totale qu'il est possible de développer en traction 25 kV-50 Hz.

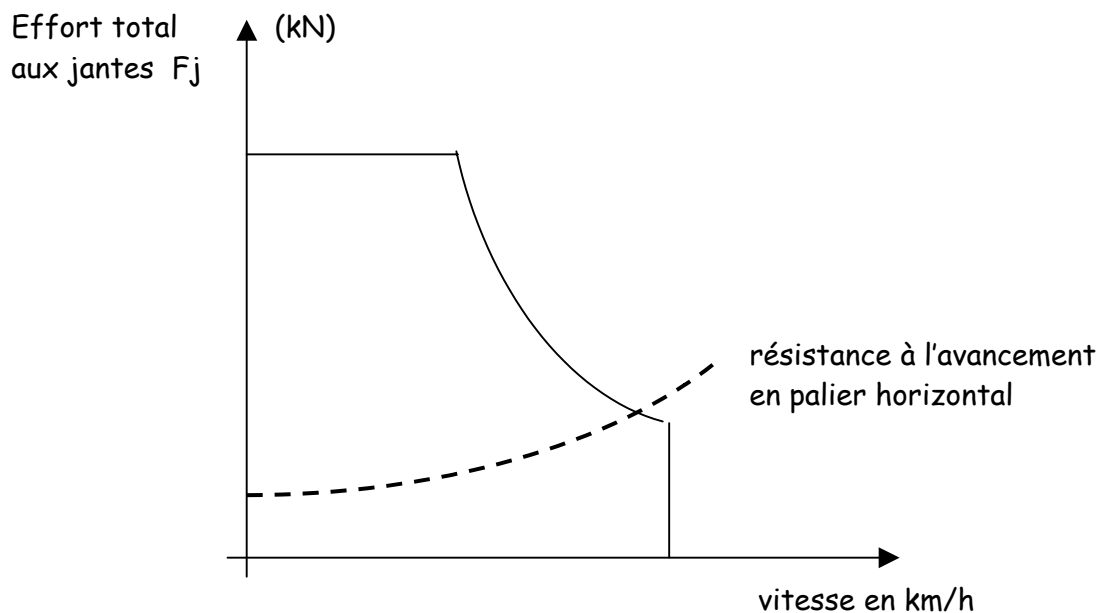
En traction ferroviaire, l'équation fondamentale de la dynamique appliquée à un train de masse  $M$  et caractérisé par une accélération  $\gamma$  s'écrit :

$$F_j - R - Mg \sin \alpha = kM\gamma$$

- $F_j$  représente l'**effort total aux jantes** de la locomotive avec tous ses moteurs en service que nous exprimerons en kilonewtons.
- $R$  représente la **résistance à l'avancement** du train sur voie horizontale.
- $Mg \sin \alpha$  représente la **composante de la gravité** : effort résistant en rampe et accélérateur en pente ( $g$  est l'accélération due à la pesanteur).
- $k$  représente le **coefficient d'inertie** des masses tournantes. C'est un coefficient sans dimension, légèrement supérieur à 1, qui majore la masse du train proprement dite, afin de tenir compte de la présence des différentes pièces en rotation qui possédant leur propre moment d'inertie, comme par exemple les essieux, les transmissions et les rotors des moteurs.

L'engin moteur doit développer un effort à ses jantes supérieur aux efforts résistants présentés par le train pour que le convoi puisse démarrer et accélérer.

Ces performances sont représentées sur une courbe que l'on appelle la caractéristique Effort / Vitesse de l'engin moteur.



La rampe maximale admissible est de 35 m par kilomètre.

La courbe en pointillé représente  $R$  la résistance à l'avancement du train sur voie horizontale et alignée. Cette résistance s'exprime en fonction de la vitesse  $V$  par une équation du type  $(A + BV + CV^2)$  dans laquelle :

- le terme  $(A + BV)$  représente la résistance due au roulement et aux frottements mécaniques.
- Le terme  $(CV^2)$  représente la résistance aérodynamique du train avec la constante  $C$  qui caractérise sa pénétration dans l'air.

## A. Dynamique ferroviaire.

La caractéristique globale effort / vitesse pour l'ensemble d'une rame est représenté sur la feuille jointe en annexe.

La résistance à l'avancement en terrain plat d'une rame est représentée par la force suivante  $F_1(v) = 3900 + 40v + 0,63v^2$  avec  $F$  en N et  $v$  en km / h.

2. Tracer la caractéristique  $F_1(v)$  dans le plan effort / vitesse fournie sur la figure jointe.

Le TGV doit pouvoir démarrer sur des pentes de 35m pour 1 km.

3. Calculer alors la force supplémentaire  $F_s$  à vaincre, en sachant que la masse du train est de 418 tonnes et  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

En supposant que la résistance totale à l'avancement sur une telle pente de 35 m pour 1 km soit alors  $F_2(v) = F_s + 3900 + 40v + 0,63v^2$ .

4. Tracer la caractéristique  $F_2(v)$  dans le plan effort / vitesse et en déduire la vitesse maximale pour le TGV.

## B. Equipement de conditionnement d'air.

Deux convertisseurs statiques continu - alternatif triphasé 400 V d'une puissance unitaire de 400 kVA fournissent l'énergie nécessaire auxiliaire pour l'ensemble de la rame, essentiellement climatisation, chauffage, appareillage, éclairage, etc...

Le groupe de climatisation d'une voiture comprend entre autre, un moto - compresseur, un condenseur, un évaporateur, des ventilateurs, un réchauffeur d'air.

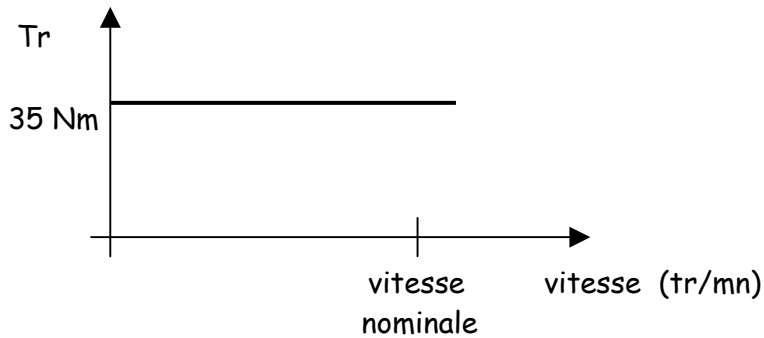
### Réchauffeur d'air

- Le réchauffeur d'air (résistances chauffantes) à une puissance de 20 kW.

5. Déterminer la catégorie d'emploi (AC1, AC2, AC3,...)
6. Déterminer le calibre du contacteur alimentant les résistances de chauffage.

### Compresseur

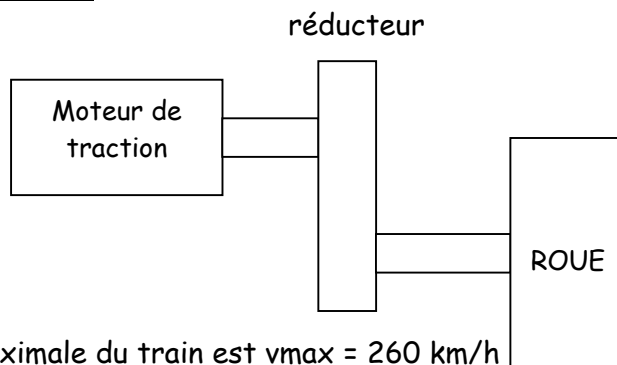
Le compresseur à piston doit être entraîné par un moteur asynchrone triphasé à cages (3000 tr/mn), il présente une allure de couple résistant en fonction de la vitesse donné par la courbe suivante.



7. Choisir le moteur du compresseur en sachant que pour démarrer le compresseur on a besoin d'un couple de démarrage supérieur à trois fois le couple nominal.
8. Choisir l'équipement électrique du moteur (référence, calibre) en justifiant votre choix.

### C. Equipement de traction.

#### Moteur de traction.



La vitesse maximale du train est  $v_{max} = 260 \text{ km/h}$

Le diamètre des roues  $D_r = 920 \text{ mm}$ .

Un réducteur de vitesse est monté entre les roues et le moteur, son rapport de réduction est  $\Omega_m / \Omega_r = 2$

Le rendement de la transmission entre la roue et le moteur est  $\eta = 0,98$ .

9. Calculer la fréquence de rotation du moteur  $n_m$  en tr /mn.

A la vitesse  $v = 246 \text{ km/h}$  ( $68,3 \text{ m/sec}$ ), la tension aux bornes du moteur est de  $1100 \text{ V}$ , le courant absorbé est de  $530 \text{ A}$  et le couple utile est  $T_u = 1800 \text{ Nm}$ .

10. Calculer le rendement du moteur pour ce point de fonctionnement.

Le moteur bénéficie d'une imprégnation classe H.

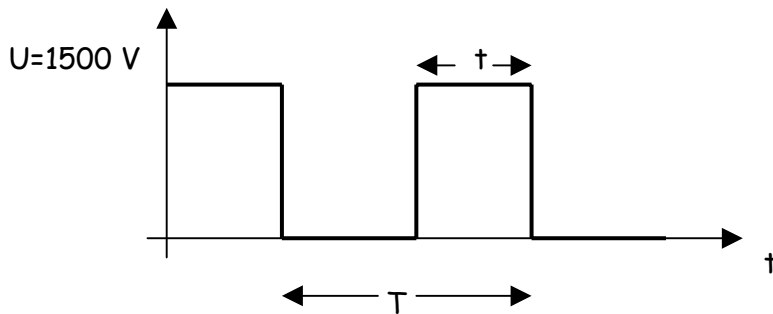
11. Donner la signification de celle - ci.

## Hacheur.

Afin de faire varier la vitesse du moteur, on insère entre la source continue  $U$  et le moteur un interrupteur « H » à fonctionnement périodique de période  $T$  et de durée d'enclenchement  $t$  ( $0 < t < T$ ).



Nous obtenons aux bornes du moteur à courant continu, une tension impulsionnelle  $u_s$  de valeur moyenne  $\langle u_s \rangle$ .



12. Donner l'expression de la valeur moyenne de  $u_s$  en fonction de  $U$ ,  $T$  et  $t$ .

On appelle rapport cyclique le rapport  $t/T$ .

13. Calculer le rapport cyclique afin d'avoir une valeur moyenne de  $1000 \text{ V}$ .

On suppose l'intensité du courant absorbé par le moteur parfaitement lissé.

14. calculer le courant absorbé par le moteur à  $200 \text{ km/h}$ , on a alors à cette vitesse, une valeur moyenne  $u_s = 1000 \text{ V}$ ,  $P_u = 250 \text{ kW}$  et un rendement de  $0,88$ .

Le hacheur  $H$  est réalisé par des thyristors (diode commandée), on donne le schéma simplifié sur le document joint.

15. Préciser l'intérêt d'une telle disposition.

16. Choisir les thyristors principaux et les diodes du pont en sachant que :

- le courant de démarrage peut être de 1000 A.
- la tension de la source continue est de 1500 V.

On prendra une marge de sécurité de 25 % pour la tension et de 20 % pour le courant. Les documents pour le choix des composants sont joints au dossier.

17. Calculer la puissance perdue dans un thyristor en conduction au régime nominal du moteur.

18. Calculer les pertes totales pour le hacheur et préciser ce que cela implique au niveau technologique.