

**2\*** On veut commander une série de mégatrolleybus pour une ligne urbaine chargée. Sur les 4 essieux, deux seront directeurs et deux motorisés. La puissance nominale souhaitée est de  $2 \times 160$  kW et la maximale de  $2 \times 240$  kW. (Fiche 8.6.38 à titre indicatif).

**A** Evaluer deux chaînes de traction : moteurs asynchrones ou moteurs synchrones à aimant permanent : service normal, mais aussi en cas de défaut : court-circuit dans une phase du convertisseur, et dans une phase du moteur.

**B** Comparer la solution avec des moteurs longitudinaux et des ponts hypoides, et celles des moteurs roues ( $4 \times 40/120$  kW) sans arbre transversal.

**3\*** A l'occasion de la construction de la nouvelle gare souterraine de transit à Zürich, on prévoit de trains Uetliberg–Zürich-Uster. La ligne de l'Uetliberg est alimentée en  $1200 \text{ V}=\$  alors que le S-Bahn de Zürich est alimenté en  $15 \text{ kV } 16,7 \text{ Hz}$ . On prévoit des rames automotrices articulées pour quais de  $55 \text{ cm}$ , avec plancher bas à environ  $60 \text{ cm}$  du rail.

**A** Concevoir un entraînement pour  $1500 \text{ V}=/15 \text{ kV } 16,7 \text{ Hz}$ , apte aussi à fonctionner sous la tension actuelle de  $1200 \text{ V}=\$ .

**B** Dimensionner la puissance à installer pour un train de quatre voitures offrant environ 180 places assises et autant de places debout. (Exemples : Fiche 8.3.21 et fiches *Stadler*). On veut atteindre  $140 \text{ km/h}$ , et une accélération de  $1 \text{ m/s}^2$  jusqu'à  $60 \text{ km/h}$  en palier à pleine charge sous ligne monophasée. Sous ligne continue, on veut tenir l'horaire actuel sur l'Uetliberg avec une vitesse maximale de  $70 \text{ km/h}$  (doc. annexe).

**C** Etudier si l'architecture articulée  $\text{Bo}'-2'-2'-2'-\text{Bo}'$  peut convenir ou s'il faut choisir une motorisation mieux répartie : rames  $\text{Bo}'-2'-\text{Bo}'+\text{Bo}'-2'-\text{Bo}'$  ? Motorisation des bogies *Jacobs*, mais alors où placer les équipements ?

**33\*** On veut construire une automotrice de type TSOL (fiche 8.11.3) pour la ligne Lausanne - Ouchy (longueur  $1,5 \text{ km}$ ; déclivité: moitié inférieure:  $70\text{‰}$ , moitié supérieure:  $120\text{‰}$ ). Les bogies seront mixtes à crémaillère et adhérence, du type MC (fiche 8.6.99), ce qui implique un poids supplémentaire de  $2 \text{ t}$ . Les vitesses requises sont:  $30 \text{ km/h}$  à la montée et  $25 \text{ km/h}$  à la descente. Cette automotrice doit en outre circuler sur TSOL avec les mêmes performances que les rames actuelles.

**A** Définir les courbes enveloppes  $Z(V)$  et  $B(V)$  répondant au programme d'exploitation.

**B** Choisir des moteurs à collecteur (valeurs nominales et maximales).

**C** Imaginer une commande à rhéostat:

- type(s) de couplage en traction et freinage
- nombre de crans pour des à-coups inférieurs à  $20 \%$  de la valeur d'effort précédente.

**D** Quelles seraient les implications d'une commande à hacheurs?

**E** Serait-il plus favorable de choisir des moteurs asynchrones? Expliquer.

**47\*** Expliquer les avantages et inconvénients apportés à la réalisation des onduleurs triphasés par le développement des thyristors GTO.

Expliquer les deux manières possibles d'ajuster le point de fonctionnement d'un moteur triphasé alimenté depuis une ligne de contact monophasée via un convertisseur quatre quadrants de réseau, un circuit intermédiaire et un onduleur triphasé.

**48\*** Les onduleurs triphasés modernes sont soit à thyristors GTO, soit à transistors bipolaires IGBT. Quels sont les avantages et inconvénients de ces deux technologies et leurs domaines d'application préférentiels? En 1997 (rédaction de l'exercice) ? Aujourd'hui ?

**49\*** Une B 80D du Rheinbahn est occupée par 90 usagers (fiche 8.6.98).

- A Quelle est son accélération maximale en palier? Jusqu'à quelle vitesse?
- B Expliquer le fonctionnement de l'équipement en traction et freinage.
- C Comparer avec les équipements plus modernes à onduleurs à GTO (Genève-La Plaine) et IGBT (tramway de Rostock).

Remarque: Pour le coefficient des masses tournantes, voir TSOL (fiche 8.11.3).

**91\*** Un train du MC circule de Vernayaz aux Marécottes. Calculer l'énergie consommée par un train occupé par 80 passagers. (Voir document annexé). Les courbes et contre courbes ont un rayon moyen de 70 m sur 20 % du trajet (minimal 60 m). Indiquer également l'évolution du courant prélevé à la ligne aérienne en admettant un tension constante à 850 [V]. Le seul arrêt intermédiaire est Salvan. Evaluer l'échauffement des moteurs.

**A** Automotrice ABDeh 4/4 et voiture Bt (fiche 8.6.96) circulant à 20 km/h en crémaillère et 25 km/h en adhérence.

**B** BDeh 4/8 (fiche 8.6.95) roulant à 23 km/h en crémaillère et 27 km/h en adhérence.

**92\*** Entre 1991 et 1997, 4 familles de locomotives à moteurs triphasés à fréquence variable ont été conçus par ADtranz pour des puissances de 6 à 7 MW.

**A** Décrire le fonctionnement des équipements électriques

**B** Expliquer les choix et limitations en relation avec l'évolution du développement des semi-conducteurs.

**C** Quel est l'impact des choix retenus sur la fiabilité d'exploitation de ces machines.

**93\*** L'automotrice BDeh 4/8 (fiche 8.6.95) du MC est le premier véhicule pour voyageurs destiné à la crémaillère équipé de moteurs asynchrones à fréquence variable.

**A** Décrire le fonctionnement de l'équipement électrique.

**B** Que manque-t-il au schéma fourni, sachant que le frein électrique est combiné (rhéo./réc.).

**C** Expliquer pourquoi les moteurs asynchrones ont été appliqués si tard en crémaillère.

**106\*** Les JREast ont mis en service deux types de rames bi-niveaux "MAX" à grande vitesse: E1 en 1994 (fiche 8.2.96) et E4 en 1997 (fiche 8.2.16).

**A** Calculer pour chacune ainsi que pour les Shinkansen 0 (fiche 8.2.3) les valeurs suivantes, rapportée à une place assise: tare, résistance à l'avancement à vitesse maximale, puissance nominale installée et longueur de la rame. Quelles sont les conséquences sur l'exploitation?

**B** Comparer les solutions électriques des deux rames MAX. Quelles sont les conséquences sur l'exploitation?

**109\*** Comparer des véhicules de transport publics à moteurs linéaire (fiche 8.6.82) avec des engins à moteurs asynchrones tournants et transmission mécanique (fiches 8.6.14 et 8.6.95).