

30* Les TL étudient la construction d'une antenne du TSOL (fiche 8.11.3) entre l'EPFL et Morges passant par Saint-Sulpice. On prévoit des circulations directes entre Cully et Morges via Lausanne CFF, Renens et l'EPFL, nécessitant l'achat de rames bisystèmes (15 kV 162/3 Hz et 750 V=) dont les éléments de mécanique et carrosserie seront en grande partie identiques à ceux du matériel actuel. Evaluer les équipements électriques possibles et proposer un choix.

31* On veut dimensionner une locomotive de 64 t. pour des lignes à faible charge par essieu.

- A Quel effort maximal pourra-t-elle développer au démarrage sur rail propre et sec?
- B Quelle sera la puissance installée, l'effort maximal pourra être fourni jusqu'à 80 km/h?
- C Quel sera l'effort subsistant à la vitesse maximale de 140 km/h?

32* Les TL envisagent la prolongation du LO jusqu'au CHUV; les arrêts intermédiaires entre la gare et le nouveau terminus seront Flon et Beaulieu. La tension de la ligne de contact passera à 750 V=. On maintiendra la crémaillère sur le tronçon inférieur (120 ‰). Le tracé nouveau - établi en tunnel sera soit à adhérence (60‰) soit à crémaillère (80‰).

Discuter des équipements possibles pour le futur matériel roulant et proposer un choix.

33* On veut construire une automotrice de type TSOL (fiche 8.11.3) pour la ligne Lausanne - Ouchy (longueur 1,5 km; déclivité: moitié inférieure: 70‰, moitié supérieure: 120‰). Les bogies seront mixtes à crémaillère et adhérence, du type MC (fiche 8.6.99), ce qui implique un poids supplémentaire de 2 t. Les vitesses requises sont: 30 km/h à la montée et 25 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.

45* Les caractéristiques d'un véhicule sont établies pour des roues mi-usées. Les roues neuves de Re 6/6 (fiche 8.3.4) ont un diamètre de 1260 mm et à mi-usure de 1235 mm. Le capteur de vitesse est placé sur l'axe de l'essieu et calibré pour des roues mi-usées.

- A Quelle est la vitesse de rotation du moteur à 140 km/h (au compteur), roues mi-usées?
- B Quelle est la vitesse maximale réelle avec des roues neuves?
- C Le régime continu est défini: 235 kN à 111 km/h (cran 31). Le mécanicien a sélectionné le cran 31 et lit 110 km/h sur le compteur. Quel est l'effort réel à la jante de roues neuves?
- D Outre la vitesse, les cadrans du pupitre de mécanicien affichent la tension à la ligne de contact, les courants dans les moteurs et les pression au compresseur, à la conduite générale de frein et aux cylindres de frein. Le mécanicien peut-il s'apercevoir de l'écart d'effort par rapport à celui attendu par les caractéristiques?

46* Calculer les vitesses de rotation maximales des moteurs de Re 4/4 II (fiche 8.3.3) et Re 460 (fiche 8.3.12). Expliquer les différences.

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

A Calculer la valeur d'effort nécessaire pour imprimer à l'automotrice une accélération de 1 m/s^2 . Quelles sont les puissances absorbées par les moteurs de traction?

B Commenter les équipements de véhicules de type voisin pour retracer une brève "histoire de la traction électrique à courant continu".

Remarque: Prendre la valeur de TSOL (fiche 8.11.3) pour le coefficient des masses tournantes.

118* Les automotrices Be 4/4 du NStCM (fiche 8.7.5) sont encore en excellent état général, mais les thyristors 15.7 ne sont plus disponibles sur le marché. L'équipement est de 0,75 MW (max. 1,32). En cas de panne, il ne reste que les cartes de réserve à l'atelier, et les cartes défectueuses ne peuvent pas être réparées. En 2015, les premières nouvelles automotrices à moteurs asynchrones seront livrées, avec un équipement de 1 MW (max. 1,35). (2010)

A Analyser les solutions possibles de *retrofit*, ou de modernisation de l'équipement de traction, en conservant la partie mécanique (caisse et bogies). Les moteurs de traction, comme les réducteurs peuvent être soit conservés, soit remplacés, selon la solution technique étudiée.

B Evaluer aussi la pertinence économique de chaque solution technique.

122* Un réseau de transports publics urbains construit une nouvelle ligne de tramways de 11 km. L'opérateur lance un appel d'offres pour 20 nouvelles automotrices, avec une option pour 10 autres :

1. Tension nominale à la ligne de contact 750 V=.
2. Capacité : ~280 usagers dont ~90 places assise.
3. Masse : $\leq 60 \text{ t}$.
4. Longueur : $\leq 54 \text{ m}$
5. Vitesse : 70 km/h.
6. Plancher bas sur $> 70 \%$ de la longueur
7. Charge par essieu $\leq 10 \text{ t}$, plus faible sur les essieux porteurs que sur les moteurs.
8. Démarrage à pleine charge sur rampe de 40 ‰ jusqu'à 30 km/h avec une accélération de $0,7 \text{ m/s}^2$.
9. Circulation sur une avenue à 60 km/h à pleine charge sur rampe de 10 ‰ avec une accélération résiduelle de $0,1 \text{ m/s}^2$.

A Calculer la puissance à installer dans le véhicule pour respecter le cahier des charges et proposer une répartition de la motorisation. Pour les calculs, on peut utiliser les caractéristiques des frottements et masses tournantes de l'exemple indicatif (fiche 8.6.65).

B Analyser les types de chaînes de traction réalisables pour une livraison en 2020 : points forts et points faibles.

C Proposer au client la solution mieux adaptée pour une décision à prendre à l'automne 2018.

D Calculer l'appel de courant à la ligne de contact au moment du démarrage, pour la tension nominale.

124* En remplacement d'une rame *Domino* de RegioAlps, une rame *Flirt* CFF quitte Bouveret en direction de Saint-Maurice avec 21 voyageurs à bord (ligne N°121). Le mécanicien demande un plein effort de traction. (Fiche 8.3.21) (2017)

A Calculer la puissance mécanique développée au moment où la vitesse de 47 km/h est atteinte.

B Calculer la puissance électrique pour la traction soutirée à la ligne de contact au même moment. Si on devait commander un freinage de même puissance mécanique, quelle serait alors la puissance injectée à la ligne, si on considère qu'il n'y a pas de puissance pour les auxiliaires.

C Peut-on exploiter un tel train sur Vevey-Chexbres (ligne N°149)? Expliquer et justifier! Quelle accélération pourrait-on atteindre à pleine charge au démarrage de Chexbres-Village vers Puidoux-Chexbres en présence de bonnes conditions d'adhérence? Et un jour d'automne avec rail glissant $\mu_r = 0,2$?

D Pour une nouvelle livraison de trains semblables, on envisage l'installation de moteurs synchrones à aimants permanents plutôt qu'asynchrones. Expliquer les avantages et inconvénients d'une telle évolution.

E Expliquer les conséquences de D sur les autres équipements : électriques, mécaniques, informatiques...

125* Un train *Giruno* RABe 501 (Fiche 8.5.19) circule seul en course d'essai sur la ligne à double voie Mattstetten – Rothrist. On pose les hypothèses suivantes :

- Ce véhicule moderne a un facteur de puissance $\lambda = 1$.
- Il n'y a que 3 personnes dans le train, masse des voyageurs = 0 t.
- On a les forces de frottement (V en km/h) ! $F_f = 3300 + 43,8*V + 1*V^2$ [N].
- On peut négliger la puissance des auxiliaires et de la climatisation.
- La ligne de contact est standard des CFF (Fig. 10.10), $\rho_{lc} = 50 + 80j$ [mΩ/km]. La voie est construite en rail UIC de 60 kg/m, $\rho_v = 30$ [mΩ/km].
- La sous-station est ajustée à 17 kV. (2018)

A Le train accélère avec l'effort de traction maximal à-côté d'une sous-station. Calculer la puissance mécanique à 10 km/h et 72 km/h. Calculer le courant au pantographe pour ces deux vitesses. Quel est la valeur du courant délivré par la sous-station dans les deux cas ?

B Dix kilomètres plus loin, le train circule en palier à une vitesse stabilisée de 200 km/h. Calculer la puissance et le courant soutiré. Quelle est la tension à la ligne de contact ?

C L'entreprise allemande ALEX et la suisse BLS envisagent l'acquisition de trains de même caractéristique. On étudie l'usage de moteurs synchrones à aimant permanent et de convertisseurs au carbure de silicium de mêmes performances. Citer les avantages et inconvénients.