

## L'ISOLATION DES ESSIEUX: UN MOYEN D'OPTIMISER LA VISCOSITÉ DES HUILES ET DE RÉDUIRE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE\*

D.A. Ljubic\*\* et G.P. Chinn\*\*\*

### Introduction

L'utilisation de machines à l'extérieur, surtout de machines mobiles, par des températures fraîches sinon froides, entraîne habituellement des frais supplémentaires de fonctionnement et d'entretien, particulièrement dans les conditions rigoureuses de l'hiver. On croit en général que ces frais supplémentaires sont même sous-estimés pour ces périodes puisque les pièces, affaiblies par les efforts qu'impose le fonctionnement au froid, peuvent continuer à fonctionner pendant un certain temps, et casser plus tard au cours de l'année ou avant d'avoir atteint la durée de vie normale prévue.

Le Comité consultatif de FERIC sur la recherche en génie forestier (NACFER) a constaté l'existence du problème et l'a à maintes reprises inclus dans les discussions qui ont guidé FERIC lors de l'élaboration de ses programmes de recherche annuels. En réponse à l'intérêt manifesté, FERIC a axé la collecte des données destinées aux projets de transport forestier vers l'obtention d'une meilleure compréhension des effets du froid sur les conditions de fonctionnement des machines.

La fiche technique, intitulée: "Températures des huiles du système propulsif des véhicules de transport routier", présente un sommaire des données de température recueillies sur les huiles lubrifiantes des composantes du système de transmission de puissance d'un camion grumier, dans le cadre d'essais contrôlés, ainsi que dans des conditions normales d'utilisation.

Ainsi, la figure 1 montre les températures des huiles du système propulsif d'un camion en charge (poids brut total 64 500 kg) depuis le démarrage

jusqu'à ce qu'elles soient stabilisées. Le camion avait roulé autour de la piste d'essai de Blainville à une vitesse constante de 83 km/h, à une température ambiante de 7,8°C. Des données analogues, recueillies sur des camions accomplissant leur cycle normal de travail, et par conséquent soumis à des temps morts et à des variations dans la vitesse de déplacement, ont montré que les températures de l'huile ne se stabilisaient parfois que pendant moins de 25% du cycle de travail.

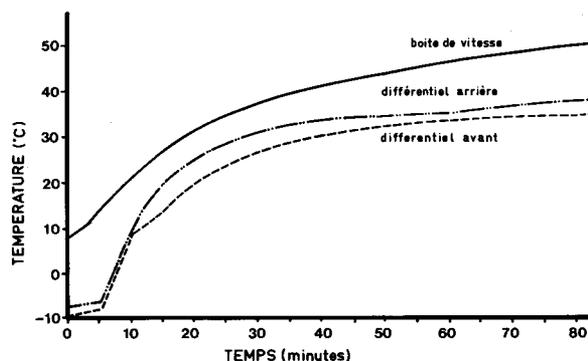


Figure 1. Températures des huiles du système de transmission d'un camion forestier en charge (poids brut total: 64 500 kg), roulant à une vitesse constante de 83 km/h.

D'après Ljubic [1], la stabilisation des températures de l'huile de l'essieu moteur, illustrée à la figure 1, peut augmenter la puissance requise du moteur d'environ 430 N (7,2 kW à 60 km/h) par rapport à la puissance nécessaire avec des températures de l'ordre de 80°C.

### MOTS-CLÉS:

Transport routier; camions grumiers; ensembles camion-remorque; consommation de carburant; huiles lubrifiantes; viscosité; essieux; isolation.

This Technical Note is available in English.

\* Traduit par: T. Sicard-Lussier, ing.f.

\*\* D.A. Ljubic est chercheur principal de la section de transport secondaire, Division de l'Est.

\*\*\* G.P. Chinn a été directeur de la Division de l'Est de FERIC.

Cette puissance supplémentaire n'est pas requise pour mouvoir le camion, mais seulement pour faire tourner les engrenages dans des huiles lubrifiantes plus visqueuses. Elle se dissipe sous forme de chaleur, mais non sans avoir imposé deux coûts supplémentaires à l'opération. Il a fallu dépenser une plus grande quantité de carburant pour générer cette puissance additionnelle (environ 1,5 kg/h, d'après Ljubic [1]); et le surplus de puissance entièrement dissipé dans les différentiels a imposé des contraintes équivalentes plus élevées sur les éléments du système propulsif, au détriment de leur durée de vie prévue.

Ljubic [1] rapporte que des mesures prises au cours de l'été au Canada ont rarement montré des températures supérieures à 60°C, pour les huiles des différentiels des camions forestiers. Par conséquent, toute réduction dans la viscosité de l'huile (n'affectant en rien ses qualités lubrifiantes) entraînera une réduction dans la consommation de carburant et une augmentation dans la durée de vie des composantes du système de transmission (diminution des frais d'entretien) pour toutes les saisons de l'année, dans la plupart des conditions rencontrées au Canada.

Il existe trois façons de réduire les pertes de puissance dues au brassage de l'huile dans les différentiels des camions forestiers. Des essais préliminaires ont indiqué que le design du différentiel (et de la boîte de vitesses) pouvait être une solution. Cela demanderait toutefois une étude complexe, puisqu'il faudrait comparer les pertes énergétiques et la durée de vie des composantes (frais d'entretien des divers modèles); il s'agirait donc au mieux d'une solution à long terme.

La seconde méthode consiste à utiliser des huiles lubrifiantes ayant une courbe de viscosité plus uniforme, dans la gamme de températures rencontrées dans les différentiels des camions forestiers. De telles huiles, synthétiques et semi-synthétiques, existent et sont même en usage. Ljubic, [1] et [2], a publié des études qui comparent l'effet d'huiles minérales courantes et d'huiles synthétiques sélectionnées, sur la demande de puissance et sur la consommation de carburant. Toutefois, même les huiles synthétiques deviennent plus épaisses à mesure que leur température s'abaisse; les pertes énergétiques dans les différentiels, pour les températures mesurées à la figure 1, seraient donc plus élevées encore que si on trouvait un moyen d'élever la température de fonctionnement des composantes du système propulsif, disons, à environ 80°C.

Dans le cadre d'une autre étude, où le personnel de FERIC devait contrôler les températures des huiles de la boîte de vitesses et du différentiel, on a découvert que l'addition de chaleur n'était pas nécessaire. En effet, la puissance perdue dans chacune des composantes du système propulsif est convertie en chaleur, laquelle est ensuite absorbée par l'air qui circule sous le camion en mouvement. En choisissant une couche isolante d'épaisseur appropriée et en l'installant autour des différentiels, il a été possible d'élever les températures

de stabilisation des huiles au niveau requis, de réduire le temps nécessaire pour atteindre les températures stabilisées et de diminuer les pertes de chaleur durant les périodes d'attente et d'arrêt. On a découvert de plus que la quantité d'isolant requise n'était pas considérable et qu'il n'était pas difficile de s'assurer que toutes les pièces étaient recouvertes, peu importe leur forme et l'endroit où elles étaient situées.

Len Arvelin et son équipe d'entretien, chez Great Lakes Forest Products, dans le nord-ouest de l'Ontario, se sont intéressés à ces travaux et, de leur propre initiative, ont procédé à quelques essais au cours de l'hiver 1984-1985. FERIC désire exprimer toute sa reconnaissance à la direction de Great Lakes Forest Products qui a autorisé la publication des résultats obtenus dans la présente fiche technique.

## Projet de GLFP sur l'isolation des différentiels: méthode d'essais et résultats

Les essais ont comporté deux phases. Les résultats de la phase I ont montré qu'on avait utilisé trop d'isolant, obtenant ainsi des températures de l'huile inacceptables, parce que beaucoup trop élevées. La couche isolante a donc été réduite pour la phase II et la figure 6 donne le profil des températures de l'huile pour deux voyages aller-retour effectués à des températures ambiantes très différentes l'une de l'autre.

### Machine à l'essai:

- Camion-tracteur: Western Star
- Remorques: train routier Superior
- Différentiels: DT480P (double réduction 4.33/5.90)
- Huile lubrifiante: Gulf 75W90

## PHASE I

### Détails de l'isolation:

- carters des essieux entièrement isolés (figure 2);

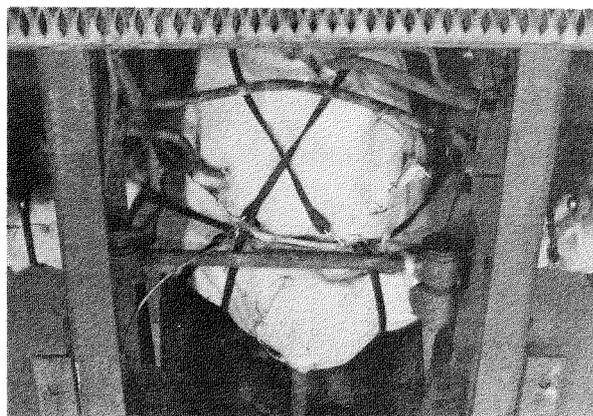


Figure 2. Phase I: carters des essieux entièrement isolés (à l'avant et à l'arrière) d'une roue à l'autre.

- couverture en fibre de verre (R12), entourant toutes les surfaces, avec une couche double (R24) sur la section avant de chaque essieu;
- tout le matériel isolant enveloppé hermétiquement d'un papier coupe-vapeur (figure 3).

Au cours des deux trajets de la phase I, des températures inacceptables (trop élevées) se sont développées dans les différentiels (c'est-à-dire plus de 120°C). Rockwell recommande d'arrêter le moteur quand les températures atteignent 120°C et le fournisseur d'huile mentionne qu'à des température de 70°C et plus, l'huile lubrifiante 75W90 perd sa viscosité et n'offre plus une couche protectrice capable d'empêcher le contact dent sur dent des engrenages. Il fallait donc moins d'isolation. Des essais sur l'huile lubrifiante ont d'ailleurs montré que l'échantillon d'huile contenait une quantité de fer et de silicium supérieure à la normale, ainsi qu'un grand nombre de grosses particules de fer.



Figure 3. Phase I: isolant avec papier coupe-vapeur recouvrant entièrement l'essieu.

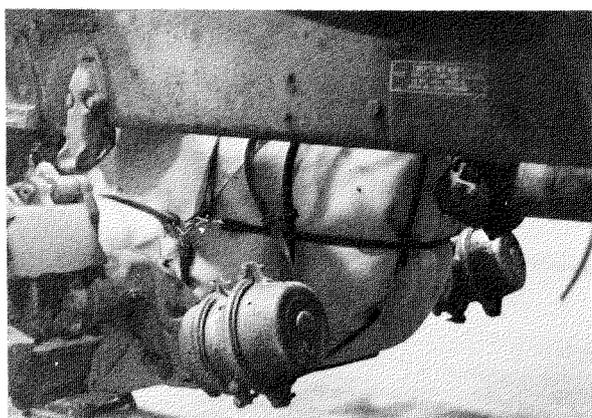


Figure 4. Phase II: section centrale seulement entourée d'une couverture de feutre, avec isolant R12 sur la section avant des deux essieux moteurs.

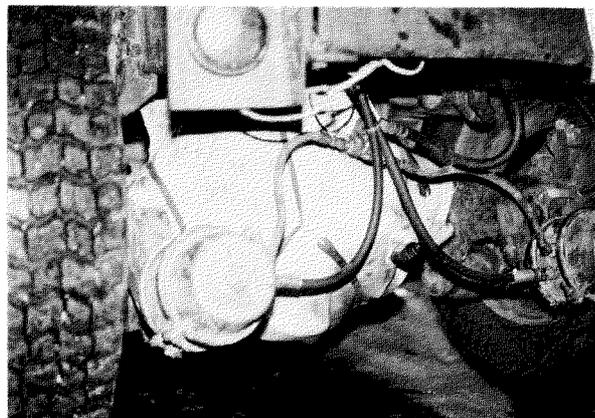


Figure 5. Phase II: bras des carters d'essieux laissés à découvert.

## PHASE II

### Détails de l'isolation:

- section centrale entourée seulement d'une couverture de feutre, avec isolant R12 à la section avant (figure 4);
- bras des carters d'essieux laissés à découvert (figure 5).

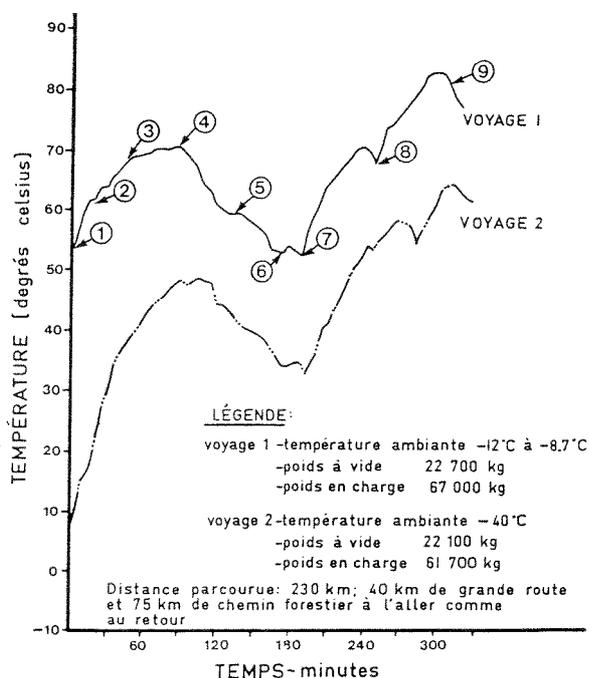


Figure 6. Profil des températures de l'huile du différentiel avant (Great Lakes).

### Points de repère:

1. Départ à vide du parc de l'usine
2. Arrivée à la grande route
3. Arrivée au chemin forestier
4. Route vers la jetée et stationnement
5. Déplacement jusqu'à la chargeuse et chargement
6. Départ du point de chargement, en direction du chemin forestier
7. Arrêt pour arrimer la charge
8. Arrêt au dispositif d'alignement de la charge, arrivée sur la grande route
9. En route vers les balances

L'huile a été changée dans les différentiels. La figure 6 montre le profil de température de l'huile pour le différentiel avant, durant deux voyages aller-retour, effectués lors de journées différentes. (Une défaillance du thermo-couple au cours du voyage 2 a empêché de prendre des mesures sur l'essieu arrière.)

Durant les trajets aller-retour des phases I et II, l'isolation a permis d'obtenir des températures d'huile plus élevées, et les conducteurs ont ajouté qu'ils pouvaient "sentir" l'aisance avec laquelle le camion roulait malgré le froid.

## Discussion

Une série de trois groupes d'essais différents sur divers ensembles camion-remorque à divers endroits, a confirmé que les températures de fonctionnement de l'huile dans les différentiels des camions grumiers au Canada étaient peu élevées. De plus, même si les températures stabilisées de l'huile ont été mesurées à près de 40°C au-dessus de la température ambiante, elles n'étaient atteintes que pendant 25% ou moins du temps réel de fonctionnement. Il fallait environ une heure et demie de marche continue après le démarrage pour que l'huile atteigne des températures stables, et celles-ci baissaient à nouveau durant les périodes d'attente pour le chargement et le déchargement.

Une puissance plus élevée est requise pour faire tourner les engrenages du différentiel dans des huiles plus froides (donc plus épaisses), tout en maintenant le camion à la même vitesse sur un revêtement de route donné; cette puissance supplémentaire doit être dissipée dans le différentiel où elle impose une contrainte additionnelle sur les composantes du différentiel, et finit par se transformer en chaleur. Il faut brûler une quantité supplémentaire de carburant pour générer cette puissance "perdue", et il y a augmentation de la fatigue des composantes mécaniques. Par conséquent, ces basses températures de l'huile accroissent la consommation de carburant, sont susceptibles de raccourcir la vie des organes internes du différentiel, et par là-même d'augmenter les frais d'entretien.

Les essais de terrain effectués par le personnel de Great Lakes Forest Products ont montré que l'installation judicieuse d'un isolant permet d'élever en toute sécurité les températures de l'huile dans les différentiels à des niveaux assurant un meilleur rendement.

## Conclusion

L'installation de fortune utilisée dans la Phase II a donné de bons résultats et pourrait être posée sur d'autres camions-tracteurs, mais nous avons réellement besoin d'un design plus "professionnel" qui permette de modifier facilement l'épaisseur de la couverture isolante selon la saison.

Si on se sert d'un isolant, il est essentiel de prendre des mesures de précaution pour empêcher la surchauffe éventuelle des huiles de transmission. Pour ce faire, on dotera le camion d'un signal avertisseur, voire d'un dispositif automatique à retardement d'arrêt du moteur. On s'assurera également que l'isolant est facile à enlever sur place.

Ces études ont porté sur des camions forestiers, mais on devrait établir des profils de température de l'huile pour d'autres machines mobiles utilisées à des fins forestières, minières ou de construction. Partout où on rencontre des huiles à basse température, il y a possibilité de réduire les frais de fonctionnement et d'entretien en conservant ou en recyclant la chaleur générée par l'échappement du moteur ou par les pertes énergétiques dans chacune des composantes du système propulsif.

## Bibliographie

- [1] LJUBIC, D.A. 1984. Analyse de la productivité et du coût du transport forestier. DEUXIÈME PARTIE: Étude de l'influence des conditions d'utilisation sur les pertes énergétiques du système propulsif et établissement des forces de résistance dues au brassage de l'huile. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC). Rap. tech. N° RT-55. 80 p.
- [2] LJUBIC, D.A. 1986. Économie d'énergie résultant de l'utilisation des huiles synthétiques dans le moteur, la transmission et les deux essieux arrière d'un véhicule routier. TP 8140F. 74 p. Rapport destiné au Centre de développement des transports, Transports Canada.