



*Le placement des radiateurs dans les nouvelles voitures M 2. À remarquer les deux éléments peints en noir qui « radient » la chaleur, alors que les tôles de protection en aluminium répartissent l'air chaud, par convection, dans les parois latérales de la voiture.*

La chaleur, rappelons-le, se propage de trois façons différentes : par conduction, par convection, par rayonnement.

### Chauffage par conduction

Le chauffage par conduction, autrement dit par le passage de l'énergie à travers les corps conducteurs, est celui grâce auquel, par exemple, une barre métallique chauffée à une extrémité devient chaude dans toute sa masse. Ce système est inapplicable lorsqu'il s'agit de chauffer des trains : on ne peut pas installer les voyageurs sur une taque chauffante et on a abandonné depuis longtemps les « bouillottes » qui, vers 1855, réchauffaient les pieds des clients privilégiés de certains réseaux.

### Chauffage par convection

L'eau d'une casserole posée sur un feu entre en ébullition grâce au chauffage par convection. Le fond du récipient s'échauffe et transmet la chaleur, par conduction, à la couche d'eau inférieure. Les particules d'eau échauffées se dilatent, leur densité diminue, ces gouttes s'élèvent dans le sein du liquide et communiquent les calories à la couche d'eau supérieure. Pendant ce temps, d'autres gouttes d'eau ont pris sur le fond du récipient la place des premières, et il se produit, dans l'eau, un mouvement as-

sendant et descendant, grâce auquel toute l'eau est échauffée.

Le chauffage d'un local au moyen d'un poêle est un autre phénomène de convection. L'air au voisinage du poêle s'échauffe, monte au plafond, tandis que l'air froid qui le remplace s'échauffe à son tour. Finalement, toute la pièce est réchauffée.

Le chauffage par convection met donc en jeu des mouvements de liquide ou de gaz, il est applicable aux voitures.

### Chauffage par radiation

Une source de chaleur émet des radiations d'autant plus nombreuses que la source est plus chaude. Les rayons calorifiques ne transmettent la chaleur qu'après la rencontre d'un obstacle imperméable à la chaleur. Les rayons du soleil par exemple passent dans le vide interplanétaire et l'atmosphère terrestre sans abandon appréciable d'énergie. C'est pour cette raison que les régions élevées de l'atmosphère restent aussi froides.

Dans une serre exposée au soleil, les rayons calorifiques pénètrent à travers les vitres et se transforment en chaleur au contact du sol, qui s'échauffe. L'air contenu dans le local s'échauffe à son tour au contact du sol. Le verre (mauvais conducteur de la chaleur par conduction) retient les calories dans la serre, qui prend une température élevée.

Le chauffage des trains est un sujet inépuisable, que pas mal de gens abordent dans leur style particulier : les humoristes en plaisantent, les grincheux s'en plaignent, et les ingénieurs soulignent qu'il est toujours une source de tracas pour ceux qui doivent l'étudier et le mettre au point.

Pourquoi l'électricité, cette fée universelle et toute puissante, se montre-t-elle rétive lorsqu'il s'agit d'équiper une voiture au chauffage électrique ? C'est ce que nous allons voir, en passant en revue les difficultés à résoudre, les solutions appliquées et les résultats acquis.

Le chauffage par rayonnement, lui aussi, est applicable aux voitures. Un exemple bien connu est celui de tramways dont le chauffage est obtenu par le rayonnement de plaques chauffées électriquement.

Au point de vue de la propagation de la chaleur, les chauffages par convection et par radiation peuvent donc être retenus pour les voitures.

Examinons les différents systèmes et comparons les divers modes de chauffage.

### Chauffages par convection

#### à eau chaude et à air chaud

On pourrait, et cela paraît séduisant, échauffer l'ambiance de nos voitures, soit par un système de radiateurs à eau chaude (comme en Allemagne), soit par un chauffage à air chaud (comme dans de nombreux pays).

La source commune de chaleur est dans les deux cas, un radiateur électrique qui échauffe l'eau ou l'air soufflé.

Le système à eau chaude est très confortable, mais il présente quelques inconvénients, dont le principal réside dans l'inertie du système. Il faut, en effet, échauffer 400 litres d'eau avant d'obtenir la température de régime et cette opération exige trois heures. Dans un grand pays comme l'Alle-

# CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

gne, ce chauffage préalable pose moins de problèmes, les parcours étant très longs, mais, dans un petit pays, ce système ne s'indique pas.

Quant au chauffage à air chaud, s'il présente quelques avantages séduisants, son fonctionnement est trop délicat et sujet à de nombreux dérangements d'ordre électrique. Il est, de plus, tributaire de l'état des filtres qui s'encrassent.

## Chauffage électrique

### par radiation : radiateurs

En chauffage domestique, on utilise des radiateurs électriques, généralement du type radiant (le grille-pain est le prototype d'un chauffage radiant), qui sont constitués par un fil électrique nu bobiné sur un isolateur quelconque (mica, porcelaine).

Il n'est pas possible de concevoir des radiateurs électriques de construction aussi simplifiée pour le matériel roulant. La tension utilisée en traction électrique est au moins de 1.000 Volts (en Belgique, on utilise 3.000 Volts), et on ne pourrait pas admettre qu'un voyageur puisse être électrocuté à la suite d'un contact accidentel avec un radiateur, ni qu'un incendie de voiture puisse se déclarer à tout instant par l'imprudence d'un voyageur qui jetterait par mégarde un produit combustible sur l'élément chauffant (1).

L'isolation électrique doit être parfaite, et, pour que la source de chaleur soit inaccessible, on l'enfermera dans un boîtier incombustible (pratiquement métallique).

Le radiateur électrique d'une voiture sera donc lourd et encombrant.

Or, plus il est lourd et encombrant, plus il sera paresseux, c'est-à-dire plus lent à se mettre en action. Tandis que le grille-pain chauffe quasi instantanément, le radiateur électrique de chemin de fer n'émettra des calories qu'après un temps déter-

miné (cinq minutes au moins). Par contre, il continuera à chauffer après la coupure du courant, tandis que le grille-pain dont l'alimentation est coupée devient rapidement froid.

Cette caractéristique propre au chauffage des voitures, donne un grand rôle à la régulation, comme nous verrons plus loin.

### Quel type de chauffage choisir ?

Le chauffage par convection chauffe trop sensiblement les régions supérieures de la voiture, ce qui nuit au confort du voyageur, qui, généralement, préfère avoir la tête froide et les pieds chauds.

Le radiateur radiant chauffe uniquement les parties inférieures de la voiture, donc le plancher. Malheureusement, il est impossible d'installer une puissance suffisante sans compromettre le confort : des radiateurs radiants puissants grilleraient les parties inférieures des membres des voyageurs puisque les pieds et les jambes formeraient l'écran idéal pour la radiation calorifique.

Dans ces conditions, le radiateur électrique idéal sera un compromis entre le radiateur radiant et le radiateur convecteur ; c h a q u e fournisseur tente de résoudre ce problème difficile par des constructions appropriées : c h a u f f e r sans créer des zones trop chaudes.

### Régulation de la température

On ne pourrait imaginer que les voyageurs de chaque compartiment puissent, sans dépense coûteuse, contrôler eux-mêmes la température am-

biante ; il faudrait, en effet, prévoir de nombreux contacteurs haute tension. En outre, on ne pourrait tolérer, sans danger d'incendie, que la température d'une voiture ne soit pas contrôlée par un ou plusieurs thermostats : si les contacteurs haute tension alimentaient indéfiniment l'installation d'une voiture abandonnée par les voyageurs, la température des compartiments atteindrait 40 à 50°. En chauffage électrique, la nécessité du contrôle par thermostat est indiscutable.

Le cas est tout différent avec le chauffage à la vapeur : dans une voiture abandonnée, la température ambiante, quand on a oublié de manœuvrer les manettes de commande de ce chauffage, dépasse rarement 30°.

Cette différence est due au fait que le radiateur à vapeur travaille à



Contrôle de l'équipement électrique dans un atelier

une faible température (de l'ordre de 100°C), tandis que le radiateur électrique fonctionne à une température de 300° au moins ; en outre, un radiateur à vapeur est d'autant moins efficace que la température ambiante

(1) La basse tension utilisée pour l'éclairage des trains ne convient pas pour le chauffage, car la puissance mise en jeu pour chauffer une voiture impliquerait des courants intenses à basse tension.



La réparation...



Le réglage...

Et la mise en place d'un thermostat



est plus élevée, tandis qu'un radiateur électrique fournit des calories indépendamment ou presque des conditions extérieures (du moins dans les limites de 10 à 50°).

Le thermostat est un appareil qui fait interrompre le circuit de chauffage quand la température de la voiture dépasse une valeur fixée et fait remettre sous tension le circuit de chauffage quand la température descend sous une valeur plus faible fixée d'avance.

L'écart entre la température de coupure et de rétablissement du chauffage est compris entre 1° et 1,5°.

Au début, on n'avait prévu que le chauffage par « tout ou rien » : un thermostat unique mettait hors service ou en service toute la puissance des radiateurs. Ce principe primitif ne pouvait donner que des résultats médiocres ; la voiture était alternativement chauffée, puis refroidie, et les voyageurs passaient sans transition du chaud au froid.

Pour remédier à cet inconvénient, on a mis à profit la propriété suivante : pour maintenir la température d'une voiture à 20° par température extérieure de 2 à 5°, roulant à la vitesse de 120 km.-h., il faut la moitié de la puissance utilisée à préchauffer la voiture avant le premier départ matinal.

On peut donc n'utiliser que la moitié de toute la puissance de chauffage pour maintenir une ambiance satisfaisante, du moins dans les conditions climatiques habituelles.

### Comment fonctionne l'installation ?

Dans nos voitures, les radiateurs électriques sont répartis en deux circuits : l'un ne sera utilisé que pour le préchauffage et par température extérieure très froide ; l'autre servira à fournir la moitié de la puissance et permettra une régulation de la température.

Les radiateurs des deux circuits sont répartis uniformément dans le véhicule, de façon que, sous chaque groupe de deux banquettes successives, il y ait un radiateur de chaque circuit.

Chaque banquette sera donc sous l'influence d'un radiateur d'un circuit déterminé, placé immédiatement en dessous, ou sera encadrée par des radiateurs placés sous les banquettes voisines. Cela permet de réaliser une diffusion uniforme de la chaleur.

Chaque circuit est contrôlé par un thermostat dont les réglages de remise en service du chauffage sont de 19°C et 22°C.

Avant le premier départ matinal, les deux circuits sont en service. Lorsque la température atteint 19°, le premier thermostat coupe un circuit, et il ne reste plus en service que le premier circuit ; celui-ci, qui suffit à échauffer lentement la voiture jusqu'à 22°C, reste pratiquement en service si la température est inférieure à 2°C.

Si la température est supérieure à 2°C, le circuit est alternativement en service ou hors service, mais grâce aux longues périodicités d'enclenchement et de déclenchement, grâce surtout au fait que la puissance mise en jeu est réduite de moitié, l'impression de confort est notablement accrue.

Si la température extérieure est inférieure à 2°, le premier circuit ne suffit plus pour maintenir à 22° la température de la voiture ; la température diminue jusqu'à 19°C, et la pleine puissance est mise en service pour compenser les pertes. Toutefois, la régulation sera toujours faite à la moitié de la puissance, ce qui est très favorable pour assurer le confort.

Les thermostats doivent, en outre, être sensibilisés, de façon qu'ils coupent le circuit avant que la température de réglage soit atteinte, car la chaleur emmagasinée dans les radiateurs se dissipera après coupure du courant. Cette sensibilisation se fait généralement au moyen de petites résistances incorporées dans l'appareil. Lors du refroidissement du véhicule, le thermostat fera réenclencher le chauffage à la température prévue.

E. MEYER,  
ingénieur principal.