

Roulements et grande vitesse

L'exemple du TGV Est-européen

Parmi les composants équipant le TGV Est-européen, également appelé TGV POS (Paris-Ostfrankreich-Süddeuts- chland), les roulements jouent un rôle primordial. L' Association française de la mécanique de haute précision (MHP) nous explique.



Boîtes d'essieux

Schaeffler

► « Une rame TGV est composée de deux motrices encadrant des voitures articulées sur des bogies. Les moteurs de traction ainsi que le réducteur sont suspendus dans la caisse des motrices et reliés à l'essieu moteur par une transmission tripode et un pont, conception qui a permis d'alléger le bogie et qui lui confère une vitesse critique très élevée. Chaque bogie, moteur ou porteur, comprend deux essieux qui admettent chacun une charge maximale de 175 kN. Les roulements du TGV peuvent

être classés en deux catégories : traction-transmission, boîte d'essieux.

Les bogies du TGV POS sont constitués d'un moto réducteur, l'axe du rotor moteur est également le premier arbre du réducteur. Un cardan relie ensuite la sortie du moto réducteur à un réducteur de pont installé directement sur l'essieu. L'arbre moteur est maintenu radialement par deux roulements à rouleaux cylindriques type NU et axialement par un roulement à billes à quatre points de contact type QJ. Les trains d'engrenages du moto réducteur et du réducteur de pont sont supportés par une série de divers roulements à rouleaux coniques et roulements à rouleaux cylindriques.

Le cahier des charges de ces roulements porte notamment sur les points suivants :

- vitesse de rotation "moteur" supérieure ou égale à 3 800t/mn,
- température en fonctionnement continu jusqu'à 120°C,
- vibrations très importantes,

notamment dans les parties non suspendues,

- durée de vie en service supérieure ou égale à 3 000 000 km.

COMPOSANTS CRITIQUES

Chaque boîte d'essieux est le support d'un roulement cartouche à deux rangées de rouleaux coniques qui constitue l'un des composants les plus critiques de toute la cinématique d'une rame de TGV. Chaque roulement de boîte d'essieu pèse 34 kg.

Le cahier des charges est extrêmement sévère :

- charge de 175 kN par essieu, soit 87,5 kN par roulement,
- vitesse d'homologation : 352 km/h,
- température de 70°C maximum dans la zone de détection des boîtes chaudes,
- taux de défaillance très faible, ce qui conduit à une durée de vie de quelques millions de km,
- maintenance limitée.

« Chaque boîte d'essieux est le support d'un roulement cartouche à deux rangées de rouleaux coniques »



Roulement 4 points de contact

Schaeffler

Au total, une douzaine de roulements différents équipent la transmission. « Ils sont tous spéciaux notamment au niveau des cages, afin de pouvoir supporter des sollicitations et vibrations importantes. De plus, ils répondent aux exigences élevées en termes de traçabilité et de contrôle qualité liés aux applications ferroviaires », souligne-t-on chez Schaeffler.

Des roulements à capteurs intégrés ont été développés, par exemple chez SKF, pour les grandes vitesses. Ils permettent de détecter la vitesse et de surveiller l'état des roulements.

La rame WSR sur laquelle a eu lieu le record de vitesse de 574,8 km/h en avril dernier, était équipée de roulements d'essieux SNR. Leur dimension est de 150x250x180 mm et leur poids est d'environ 40 kg. Ils ont tourné à 3000 tr/min et ont subi, selon la SNCF, une hausse de température de 10°C seulement.

COMPLEXITÉ ET CONVIVIALITÉ

L'époque où nous vivons est ainsi faite, les équipements dont nous disposons nous paraissent de plus en plus simples, conviviaux, souples, fonctionnant sans failles et faciles d'emploi alors que sous les capots, les constituants sont de plus en plus complexes et subissent toujours davantage

de contraintes de fabrication.

Les exigences en durée de vie, qualité et fiabilité sont particulièrement poussées dans le secteur ferroviaire. Le rapport charge/dimensions ne cesse d'augmenter. Les roulements sont ainsi de plus en plus chargés. Les trains modernes vont vite, même très vite, et soumettent donc les organes de transmission à des sollicitations extrêmement fortes. Leur longévité et leur résistance sont déterminées afin d'assurer la sécurité des passagers et un service fiable.

En même temps, la SNCF et les autres utilisateurs veulent réduire les frais d'exploitation et désirent donc des produits qui durent très longtemps avec un entretien des plus réduits et des conditions de montage et de démontage simplifiées.

De leur côté, les constructeurs qui raisonnent en qualité totale, demandent des produits qui offrent toutes garanties, aussi bien techniques (tenue en température, aux vibrations ...) qu'organisationnelles (contrôles en fabrication, traçabilité, livraison dans les délais ...).

Un essai de roulement pour boîte d'essieu comprend 1500 cycles (marche AV / marche AR) et représente un parcours de 800 000 km. Pendant cet essai, de nombreux paramètres sont enregistrés.

Les roulements sont définis et



Réducteur ferroviaire

Schaeffler

« Les trains modernes vont vite et soumettent les organes de transmission à des sollicitations très fortes »

fabriqués afin d'obtenir des durées calculées suivant la norme ISO 281. Les moyens actuels de calculs intègrent tous les paramètres de fonctionnement comme les matériaux, les jeux internes, la lubrification et les températures, les déformations des composants et des pièces adjacentes aux roulements. Le comportement en fonctionnement peut donc être étudié dans ses moindres détails. Ces calculs approfondis associés au très haut niveau de qualité de fabrication conduisent à une fiabilité de fonctionnement très élevée, et les durées de vie garanties peuvent ainsi être de plus en plus longues.

DES RÉFÉRENCES MONDIALES

Les roulements des fabricants regroupés au sein de la MHP se retrouvent sur une grande quantité de projets français et internationaux.

Les grands clients français sont ainsi la SNCF, la RATP, Faiveley, Alstom, De Dietrich et ANF Bombardier.

Parmi les principales applications en cours, on peut citer les TGV POS, TGV PSE, TGV Atlantique, Nord et Réseau, Eurostar, Thalys, TGV PBKA, TGV 2 niveaux (France et pays associés), AVE (Espagne), KTX (Corée du Sud), ICE (Allemagne), ETR (Italie), X-2000 (Suède), SHINKANSEN (Japon).

A cela s'ajoutent les applications liées au Tunnel sous la Manche (Eurostar, Shuttle, Navettes tourisme et poids lourds (motrices et wagons), wagons fret porte-conteneurs et porte-autos), d'autres trains de grandes lignes (EMU, DMU (Electrical/Diesel Multiple Units), y compris à deux niveaux) et les matériels de banlieue (SNCF France, TER ZN N6, ZTER, XTER, AGC, MI2N, Luxembourg, voitures 2 niveaux (Belgique), automotrices Z2N, MF 2000 (RATP, Luxembourg, Pays Bas), EMU pour Taiwan ...)



SNR Roulements © SNR Sémaphore

Roulement TGV



Roulements de la chaîne de transmission

ORGANES DE SÉCURITÉ

Le secteur ferroviaire est un important consommateur de roulements standard et spéciaux (environ 4,4% du chiffre d'affaires de la profession).

Il s'agit de la fourniture et la mise en place de tous types de roulements pour moteurs et tractions, transmissions et boîtes d'essieux, à savoir roulements à rouleaux cylindriques, à rouleaux coniques, à rotule sur rouleaux, à billes, roulements spéciaux à rouleaux coniques, cylindriques et sphériques, roulements cartouches, rotules et galets de roulement, articulations, couronnes d'orientation, systèmes de guidages linéaires, corps de boîtes, outillages de montage et démontage spécifiques de roulements de boîtes d'essieux, ainsi que l'intégration des composants électroniques.

Les roulements sont également utilisés pour divers équipements et automatismes de confort. Ainsi, par exemple, des rotules sont utilisées pour les articulations d'ouverture des portes. Lorsqu'un client du secteur ferroviaire établit un nouveau cahier des charges, il est généralement nécessaire de développer un produit, lequel doit répondre à certaines règles. Les études se font en partenariat entre l'utilisateur, le constructeur et le fabricant de roulements. Il s'agit d'un partenariat multiple, car pour une affaire donnée, il y a souvent plusieurs fournisseurs consultés. A partir des données techniques et des préconisations, les résultats des essais sur bancs doivent être concluants avant que l'on puisse généraliser la solution. Les évolutions technologiques

des roulements ont amené les constructeurs à respecter des procédures d'homologation précises et normalisées en Europe. L'évaluation des performances du produit s'effectue en deux phases : la réponse aux demandes du client, la réponse aux normes. Il faut ensuite s'assurer que cette double conformité reste valable dans le temps.

Les roulements ferroviaires donnent lieu à des contrôles spécifiques supplémentaires, par exemple en ce qui concerne la santé matière. C'est ainsi que l'on contrôle la finition en surface de la matière, que l'on effectue des contrôles non destructifs d'intégrité du roulement et que l'on s'assure que les performances des roulements fabriqués sont au même niveau que les roulements homologués.

Chaque roulement de catégorie 1 est contrôlé et mesuré unitairement. En cours de fabrication, il est tenu compte de procédures spécifiques au niveau de l'exécution et des traitements thermiques afin d'assurer une grande sécurité. En outre, des essais sur bancs sont réalisés afin de confirmer la bonne tenue des roulements sous charge. Les roulements ferroviaires sont généralement testés dans des départements d'essais spécialisés.

SAUT TECHNOLOGIQUE

La plupart des fabricants de roulements disposent de centres de recherche et de bureaux d'études pour répondre aux exigences de leurs clients. Les premiers travaillent sur les matériaux et leur mise en œuvre, les autres sont plus tournés vers les développements des roulements.

La totalité des fabricants de roulements disposent de leur propre manuel d'assurance qualité et les établissements sont certifiés ISO 9001 et selon les normes environnementales. La qualité matière et les conformités des fabrications sont contrôlées suivant des spécifications particulières au ferroviaire. En fabrication, des contrôles et autocontrôles systématiques avec des plans qualité et des plans de contrôle spécifiques sont pratiqués pour chaque type de roulements ferroviaires.

Aujourd'hui, certains roulements de boîte d'essieu sont instrumentés (capteurs de vitesse, température et vibration) pour asservir les dispositifs de freinage, détecter les anomalies et renforcer la sécurité des passagers.

Des recherches sont également en cours afin d'instrumenter les roulements des réducteurs. Le TGV POS, dont la vitesse

commerciale est de 320 km/h, soit 20 km/h au-dessus de la vitesse habituelle des TGV, marque un nouveau saut technologique. Une rame de 450 tonnes transporte en effet 500 passagers à la vitesse d'une Formule 1. Par ailleurs, des études de longue durée pour des vitesses jusqu'à 400 km/h sont en cours. Toutes ces performances sont rendues possibles par des moyens de calculs et d'essais de plus en plus performants. Certains pays européens, l'Italie et la Suède en particulier, ont pris l'option de réaliser des trains à grande vitesse pendulaires. Ces trains qui utilisent les voies existantes comportent une caisse qui s'incline dans les virages afin de compenser le manque d'inclinaison de la voie et éviter la force centrifuge. Les roulements qui équipent ces trains demandent de nouveaux

« Les fabricants de roulements veulent continuer à jouer un rôle majeur dans ce challenge »

calculs des charges. En effet, les essieux sont davantage sollicités. En particulier, les roulements ont à subir des efforts axiaux plus importants.

Le TGV français a eu pour mérite de donner un nouvel élan au chemin de fer en France et en Europe. La SNCF et les constructeurs français de matériel ferroviaire ont manifesté leur volonté de conserver leur avance et les fabricants de roulements veulent continuer à jouer un rôle majeur dans ce challenge.

Enfin, dans le domaine ferroviaire, il n'y a pas que des TGV. De même que les trains à grande vitesse bénéficient des avancées aéronautiques, tous



les matériels ferroviaires qu'ils soient de grande ligne, de banlieue ou même urbains profitent des études menées sur les trains à grande

vitesse.

Parallèlement au matériel roulant, des roulements d'une grande fiabilité sont également requis dans les appareils de voies et de signalisation ainsi que dans les barrières automatiques pour répondre aux impératifs de sécurité. Il en est de même pour tout ce qui touche aux matériels de pose et d'entretien des voies. Entre le secteur ferroviaire et l'industrie du roulement, les rapports existants dépassent donc de loin le seul matériel embarqué ». ■