Record du monde

En guise de record du monde, le TGV a bien voulu me faire parcourir les 500 mètres du quai de la Gare de l'Est en un peu plus de deux heures. Un nouveau record à oublier. Ne faisons pas la fine bouche, il s'agissait des premiers tests de la ligne à grande vitesse. La commercialisation n'avait pas encore eu lieu et toutes les défaillances pouvaient se produire.

Cette petite introduction, véridique et vérifiable, n'a pour but de prouver que parfois les trains ne partent à l'heure, mais met en exergue les contraintes spécifiques au monde du ferroviaire. Cet aller/retour particulier a eu le mérite de dialoguer avec l'ensemble des partenaires qui ont permis qu'un autre jour, un train pratiquement similaire dépasse les 574 kilomètres/heure. Pour la petite histoire, le train du record du monde avait eu droit à une augmentation du diamètre de ses roues qui sont passées de 920 à 1.092 mm afin de limiter la rotation des moteurs. La toile de roue avait même été percée pour faciliter la mise en place de capteurs de mesures qui ont compté que les roues effectuaient 159 mètres à chaque seconde.

Le point commun du train du record au TGV Est, ce sont les entreprises qui ont permis qu'un bolide de 440 tonnes soit lancé quotidiennement à 320 km/heure. Elles ont participé aussi bien au design, qu'à la production des constituants mécaniques, à l'élaboration du contrôle/commande ou à la mesure des différents paramètres. On retrouve ces compétences dans les centres de maintenance qui abritent près de 900 personnes pour soigner les 400 rames TGV.

Quelques chiffres

Délégué Général de la Fédération des Industries Ferroviaires, Jean-Pierre Audoux confirme que le marché du ferroviaire se porte bien en France. Il aurait représenté 3,3 milliards d'euros en 2006 avec une répartition des 2/3 pour le marché intérieur et de 1/3 à l'exportation notamment pour le matériel de tractions et voyageurs.

Et 2007 devrait se présenter sous de bons auspices avec un marché intérieur demandeur de 130 locomotives, de 14 rames TGV et 140 TER auxquels viennent se rajouter des investissements de plus de 1.6 Milliards d'euros pour la mise en place de lignes nouvelles. Et les projets pour le futur ne manquent pas, entre le TGV Rhin/Rhone, Nîmes/Montpellier ou Tours/Bordeaux, il reste de quoi travailler.

Autre potentiel considérable, c'est le fret. La France est largement derrière les autres pays, l'Allemagne ayant même progressé de 10,8 % l'an dernier. *« Il faut accélérer la restructuration de cette activité »* confirme Jean-Pierre Audoux.

Ça roule pour eux

Tous les acteurs veulent profiter de ce marché en croissance. Seulement pour pénétrer dans l'anti-chambre il faut montrer patte blanche, et faire ses preuves. Ce ne sont pas les industriels du roulement qui diront le contraire, comme l'indique Jean Tournoux, président de la MHP, l'association française de la mécanique de précision *« le secteur ferroviaire est un important consommateur de roulements standard et spéciaux »*. Spéciaux, le mot est lâché. Pour répondre au cahier des charges imposé, le plus souvent les roulements sont spécifiquement développés, avec des développements qui vont rejaillir sur les autres produits.

Et si le chiffre d'affaires des fabricants de roulements se fait pour 20 % dans le monde automobile, le ferroviaire dépasse les 4 % des ventes d'un marché total de plus d'un milliard d'euros (1,48 milliards de production française dont 1 milliard d'exportation, avec une importation de 956 millions).

Ces développements se retrouvent par exemple dans l'élaboration de roulements instrumentés. De quoi prouver que les entreprises ne sont plus des fournisseurs de composants, mais deviennent des ensembliers aptes à livrer des systèmes complets. Par exemple, les roulements des bogies du TGV Est permettent de connaître la température du roulement en temps réel, ils intègrent également l'électronique d'assistance au freinage et l'anti-patinage de quoi fournir l'information de glissement de la roue et actionner le sablage de la roue (un système de sablage se trouve au dessus de chaque roue pour l'aider à adhérer lors des phases d'accélération ou de freinage). Le niveau des vibrations est également détecté afin de vérifier l'état de fatigue des éléments mécaniques. *« Le TGV ouvre la voie, c'est un peu le fer de*

lance des nouvelles applications notamment pour l'ensemble du secteur ferroviaire » conclut Jean Tournoux.

L'on retrouve dans le TGV des roulements qui ont des vitesses supérieures de 30 % à celles des roulements standard, des températures d'utilisation qui dépassent les 120 degrés. Dans les boites d'essieux, la charge par essieu est de 17 tonnes, soit des roulements qui supportent une charge de 8.500 kilos. Mais la SNCF est implacable, la durée de vie minimale exigée est de 3 millions de kilomètres.

Transmettre

Pour lancer les 440 tonnes à 320 km/h, encore faut-il que l'énergie électrique soit correctement utilisée. Ce sont 8 MW qui sont répartis sur les huit essieux entraînant l'ensemble du TGV, soit 1 MW par essieu, l'équivalent de trois semi-remorques.

Parmi les difficultés majeures Thierry Constantini, administrateur de l'Unitram, le syndicat des transmissions mécaniques, cite : *« on va trouver des problèmes dus à la vitesse avec parfois des milliers de tours par minute, des problèmes de couples variables sur des pièces complexes, des problèmes de longévité qui doivent rester sans maintenance durant un minimum de 3 millions de kilomètres »*.

Pour répondre à ces contraintes, plusieurs actions sont menées notamment au niveau du poids avec une réduction des masses embarquées, mais aussi du volume *« l'inconvénient de la partie transmission dans un train, c'est qu'elle n'est pas architecturante. Les éléments de transmission doivent s'intégrer dans l'espace qui leur est réservé, le TGV n'est pas conçu autour des éléments de transmission »* tient à préciser Thierry Constantin.

Lors de la conception, c'est le concept de « Fail Safe » qui doit être appliqué. C'est-à-dire que la défaillance d'un élément ne doit en rien créer la défaillance des autres, ou affecter la sécurité de l'ensemble du train. La continuité des opérations est indispensable.

Souplesse et sécurité

Autre groupement important dans la conception d'un TGV c'est celui du pneumatique, comme l'indique Thibaud de Véricourt, délégué général de l'Unitop, le groupement des professionnels des fluides. *« Notre profession peut remercier la SNCF qui, depuis des années, la fait progresser en proposant des projets d'excellence »*. Et les professionnels ne sont pas déçus, ce challenge de la vitesse sur une masse mécanique aussi importante avec ses vibrations induites ne peut être relevé que par des fonctions pneumatiques qui vont assurer le confort au passager.

C'est l'énergie pneumatique qui permet de lever le pantographe et ainsi d'assurer le contact avec la caténaire, mais c'est surtout le moyen utilisé par le conducteur pour donner les ordres aux distributeurs de freins. La vitesse de transmission était à l'origine celle du son, aujourd'hui le mécanicien utilise une commande électropneumatique et l'ordre se transmet alors à la vitesse de la lumière (soit un million de fois plus vite). Mais le TGV conserve en double le circuit tout pneumatique, on ne sait jamais. Surtout c'est la mise en œuvre de la mécatronique avec électronique et informatique mêlées au pneumatique qui est mise en avant pour les spécialistes du pneumatique.

Pour le confort du passager la suspension secondaire (bogie/caisse) est totalement pneumatique et comporte une membrane à flexibilité variable, la suspension se raidissant en fonction de divers paramètres (vitesse, charge…). Autre exemple de la prépondérance du pneumatique, c'est encore lui qui pour la fonction de motricité assure l'aspiration du sable contenu dans le bac à sable et sa projection entre la roue et le rail.

Dans le TGV Est, la centrale de production d'air atteint les 2.500 l/mn et les circuits pneumatiques courent le long des rames avec une pression constante de 5 bars.

Gérer et contrôler

Le TGV Est, c'est également de l'informatique. Un état des lieux exhaustif est impossible, pour des raisons de confidentialités le plus souvent. Il était néanmoins possible de lever un coin du voile, lors des journées organisées récemment par Kontron et TNI Software sur le transport ferroviaire.

Pour Kontron, spécialisé dans l'informatique embarquée, le ferroviaire reste une part importante. Une branche Kontron Ferroviaire a même été créée avec 35 personnes installées à Bruxelles qui travaillent aux solutions ferroviaires en partant des systèmes de base comme l'IHM du tableau de bord du chauffeur qui équipe chaque rame du TGV Est.

De l'informatique embarquée dans les trains il y en a partout, que ce soit pour la vidéo surveillance ou les systèmes d'informations passagers. Pour le TGV Est, la société a fourni les Gui Bi-Standard d'Ansaldo/CSEE se trouvant dans chaque cockpit.

Filiale d'AnsaldoSTS, CSEE Transport fournit des systèmes de signalisation, de contrôle-commande et de supervision pour les lignes ferroviaires, et bien entendu le TGV. Serena RTM, la solution de contrôle et de gestion, est aujourd'hui utilisée par environ 35 personnes (équipes système, développement et validation) pour la gestion des grands projets

Qui fait quoi sur le TGV

Le TGV Est réunit une grande quantité de fournisseurs présents dans les automatismes industriels.

Le groupe ***Schaeffler*** avec les marques Ina, Fag et Luk est fournisseur d'une part des roulements équipant l'intégralité de la chaîne cinématique des transmissions des boggies moteurs et d'autre part de produits destinés au confort comme les articulations d'ouverture des portes.

SNR équipe le TGV Est avec de nouveaux roulements cartouches. Pour la rame du record du monde, les roulements de dimensions 150*250*180 et d'environ 40 kilos tournaient à près de 3.000 tours/minute et ont subi, selon la SNCF, une hausse de température de 10 degrés seulement.

Ades Technologies pour la conception et la fabrication de systèmes de raccordement de tuyauterie, robinetteries, panneau de régulation pneumatique et clapets de sécurité.

Bosch Rexroth avec la commande de l'essuie-glace de la cabine qui, avec une pression de 9,5 bars, autorise une cadence de 60 à 10 cps/min, également fournisseur de l'actionneur permettant d'ouvrir et de fermer le carénage avant d'accès au crochet d'attelage.

Carbone Lorraine développe, fabrique et commercialise des matériaux comprenant du Carbone Graphite réfractaire pour freiner en urgence et en service le TGV, mais aussi les avions de combat et les voitures de course.

Compin a commencé à livrer les sièges et éléments intérieurs, c'est lui qui a mis en application les idées de fauteuil autoporté dessiné par MBD Design et Christian Lacroix.

FBO avec sa reprise de Pneumatique Union a installé des équipements pneumatiques pour les valves, robinets d'arrêt et sécurité, les éjecteurs de sable, l'asservissement des portes d'accès, des toilettes.

Harting est présent dans l'ensemble la connectique, que ce soit les rames ou les réalisations d'infrastructures avec des commutateurs Ethernet.

MS Relais en plus des relais aura travaillé sur les capteurs à effet Hall, les micro-disjoncteurs magnéto hydrauliques ou les indicateurs de tableaux.

Parker Hannifin a participé au contrôle de freinage, pantographe, commande des marchepieds, avertisseur sonore, commande d'embrayage ou positionnement des siéges passagers.

Tyco est présent par le biais de pendule de connexion reliant le fil de contact à la caténaire, par de la connectique au niveau des équipements de signalisation et des composants haute tension au niveau caténaire et sous-stations.

Valdunes est le spécialiste des roues et trains montés ; pour le record du monde les roues avaient été spécialement adaptées avec un diamètre extérieur de 1.092 mm au lieu de 920 mm pour le train normal, de quoi permettre de dépasser les 150 mètres par seconde.

comme l'équipement de la ligne du TGV Est.

Un train reste un système complexe avec plusieurs disciplines et professions, avec son lot d'intégrateurs, de fournisseurs et d'équipes logicielles concernées. L'électronique doit faire communiquer entre eux radio, alimentation, frein, portes, électricité, pneumatique, lumière… d'où la définition d'une architecture de communication et d'automatisation digne des lignes de productions industrielles.

Pour TNI, fournisseur de système embarqué distribué à dominance logicielle comme le définit sa présidente Eliane Fourgeau, c'est l'application des logiciels des automaticiens qui sont mis au service des fournisseurs de premier rang comme Alstom-Transport. Ces solutions à base de modèles, d'outils de simulation et de vérification, sont utilisées dans le secteur du transport ferroviaire. C'est le cas de Controlbuild, système permettant de concevoir, valider et générer le code embarqué pour les applications train.

Pour les développements de demain, tous les acteurs se sont concentrés sur InteGRail, un projet du 6e PCRD. Les objectifs globaux du projet InteGRail sont le développement d'un « système d'information intelligent cohérent » intégrant les principaux systèmes ferroviaires et la réalisation d'un niveau supérieur de coordination et de coopération entre les processus clefs du ferroviaire pour augmenter le niveau de performance (en termes de capacité, vitesse moyenne et ponctualité), de sécurité et d'optimisation de l'usage des ressources.

Contrôler et mesurer

Pour suivre en direct le record du monde du 3 avril dernier, et contrôler tous les organes en mouvement qui n'étaient pas initialement prévus pour rouler à cette vitesse, c'est National Instruments avec LabVIEW et LabWindows/CVI qui était à bord du TGV afin de mesurer 160 voies de température et afficher les résultats via une interface homme-machine accessible en différents endroits du train.

Certaines mesures de température étaient critiques comme les mesures de température au niveau des boîtes d'essieux et des motoréducteurs. Toutes ces mesures étaient rapatriées au sein du laboratoire embarqué dans le train, et étaient aussi accessibles par les experts et les dirigeants présents à bord. Ils pouvaient ainsi surveiller que tout allait bien et prendre la décision de stopper l'essai, si, par exemple, des températures anormalement élevées étaient mesurées.

Pour cela, la SNCF a confié à l'Agence d'Essai Ferroviaire, située à Vitry-sur-Seine, la mission de mesurer les températures au niveau des boîtes d'essieux, des motoréducteurs et des moteurs, et de développer l'interface homme-machine.

Pour ce faire, un système de mesure de température réalisé en 1995 a été repris. Il permettait de mesurer 80 voies et de rapatrier les données via un bus Fip. Il a été ajouté 80 voies de mesure supplémentaires, dont certaines

provenaient de thermocouples. Ces données étaient rapatriées par un bus Can, LabView étant employé comme interface homme-machine commune pour rapatrier ces 160 voies de température. A aussi été intégré, via la liaison RS-232, le signal provenant d'une centrale tachymétrique pour afficher la vitesse et le point kilométrique. Le choix s'est porté sur une architecture client/serveur afin de pouvoir accéder aux données à partir de différents postes.

L'application a fait cohabiter deux systèmes de mesure de température (l'un par bus Fip, l'autre par bus Can), et a permis de visualiser les données en temps réel, dans le laboratoire et en différents points à bord de la rame, et d'enregistrer les données sur disque dur.

A noter qu'au sein de la rame V150, d'autres essais utilisaient les bibliothèques Measurement Studio pour mesurer les informations de mesures électriques comme la tension de la caténaire, le courant absorbé et des mesures sur le pantographe.

Maintenir

Une fois les TGV en exploitation, il ne reste plus qu'à les maintenir en état de marche. Pour répondre à cette demande fondamentale, la SNCF a mis en place plusieurs sites spécialisés. Pour les TGV, quatre sites, situés dans la région parisienne et proches de la gare de départ ont été définis. Chaque site doit impérativement fournir au moins 30 minutes avant le départ la rame qui effectuera la liaison. Et attention au décalage, la SNCF annonçant à ses clients que le TGV sera à quai 20 minutes avant le départ.

Chaque site de maintenance a en charge plusieurs niveaux de maintenance. Tous les trois jours, au maximum, ce sont les toilettes qui doivent être reconditionnées. Ce rôle de « station service » qui ne laisse la rame que quelques heures sur le site permet le toilettage du train, mais également la mise à niveau du sable utilisé pour améliorer l'adhérence. Ce passage sur le site de maintenance est un moyen de faire rapidement un état des lieux. S'il paraît évident que le client doit arriver à bon port en toute sécurité, il est important qu'il ait un siège ou une tablette en bon état.

En plus des 420 TGV, la SNCF se doit de gérer plus de 100.000 wagons et plus de 3.200 locomotives, soit un chiffre d'affaires uniquement pour la maintenance de 2 G euros avec 24.000 salariés.

Cinq niveaux de maintenance sont mis en œuvre dans les trains. Du niveau 1 qui consiste en une surveillance en service qui permet de signaler les disfonctionnements aussi bien mécaniques que de confort, un wagon vibre et ce sera peut-être le réusinage de l'essieu qui s'en suivra, une opération lourde mais quotidiennement mise en œuvre dans les centres de niveau 3.

Cette surveillance de niveau 1 est également effectuée automatiquement. Tous les 25 kilomètres, un détecteur infrarouge est implanté sur l'ensemble des voies TGV, à chaque passage d'une rame à 320 kilomètres/heure il est possible de voir instantanément un problème de chauffe des roulements présents dans les boîtes d'essieux, l'information est alors transmise par voie terrestre et le train peut-être stoppé.

Tout en haut de l'architecture, le niveau 5 regroupe les opérations de modernisation et de transformations ou réparations importantes. C'est dans l'un de ses trois sites industriels spécialisés en France qu'ont été relookés les premiers TGV orange, toujours en service après un coup de jeune.

Le site de Montrouge, situé à 5 kilomètres de la gare Montparnasse, a en charge la totalité des rames TGV du réseau Ouest. La maintenance s'arrête au niveau 3 avec une visite périodique de l'ensemble de rames et des durées d'immobilisation de un à quatre jours. Un délai serré qu'il faut impérativement tenir, chaque week-end la totalité des rames doit être disponible pour assurer la pointe de trafic hebdomadaire.

Cette activité de maintenance des TGV génère un chiffre d'affaires de 95 millions d'euros et est assurée par un total de 900 personnes dont plus du tiers travaille en 3x8. Le coût de la maintenance est estimé à 1,75 euros du kilomètre parcouru. Un travail qui permet à François Camincher, responsable de la division maintenance de la direction du matériel roulant à la SNCF, d'annoncer que *« statistiquement il faut parcourir 130 fois Paris/Bordeaux pour qu'un incident de défaillance mécanique implique un arrêt dépassant les 5 minutes »*.

Pour le TGV Est, la plate-forme de maintenance est d'ores et déjà en place avec banc de reprofilage des essieux, soulèvement de la rame dans sa totalité afin de permettre aux opérateurs de séparer la caisse des éléments bas… elle est située entre Bobigny et Pantin, à 5 kilomètres de la gare de l'Est.

TGV et LGV en quelques chiffres

3.125 milliards d'euros pour les 300 kilomètres de ligne ; 338 ponts et viaducs, 130 tonnes pour le plus grand transformateur de courant électrique pour l'alimentation, 12.000 poteaux de caténaires, 1.000.000 traverses, 4.000 kilomètres de câbles, 52 rames dont 19 internationales, 11,5 millions de voyageurs attendus.