Guide : SNCF_BB9400_F2

Un peu d'histoire : genèse et carrière des BB 9400

1°) Au départ étaient le poids et l'économie…

L'histoire des BB 9400 débute vers le milieu des années cinquante. Le contexte est alors moins à l'urgence qu'en 1945 : le réseau ferroviaire français est à nouveau opérationnel, l'économie redémarre brillamment, et avec elle les besoins en transport des hommes et des marchandises.

La traction électrique a le vent en poupe : de manière rationnelle, la SNCF a mené à bien l'électrification de l'axe majeur Paris-Lyon, et compte bien poursuivre rapidement jusqu'à Marseille, en conservant la solution éprouvée du 1500 V continu. L'interrogation a pourtant été de mise, au moment de décider de l'électrification de Lyon vers Marseille (et des « antennes » proches à fort trafic) : 1500 V continu ou 25 kV alternatif ? Car, dans la décennie écoulée, grâce à l'acharnement de Louis Armand, devenu Directeur général de la SNCF en 1949, et promu Président en 1955, le courant « industriel » 25.000 V – 50 Hz a pris toute sa place dans les choix d'électrification : bien moins coûteux en infrastructures, performant contre toute attente, il fait les beaux jours de la vitale artère Nord-Est, et fera bientôt basculer les régions Nord et Est dans l'électrification (presque) complète des grands axes.

Mais, vers 1955, si le « monophasé » paraît déjà bien au point, la perspective de devoir créer un point d'échange de machines à Lyon (en 1955, les « bicourant » modernes sont encore dans les méninges de leurs futurs concepteurs) fait vite pencher la balance en faveur de la continuité… du continu 1500 V. Le problème posé se résume alors, en dehors de l'électrification des lignes concernées, à disposer d'un parc de locomotives électriques suffisant à assurer le trafic, éventuellement de bout en bout, c'est-à-dire de Paris à Marseille (863 km).

Le parc Sud-Est se résume alors aux 35 2D2-9100 commandées pour l'électrification de Paris à Lyon, et dont la vocation est résolument « voyageurs lourds », complétées des CC-7100, plus légères mais tout aussi puissantes, et des BB-8100, réputées « mixtes », mais dont la conception un peu datée (ce sont les « cadettes » de la famille des BB Midi), et le « coup de reins » les prédisposent à un rôle presqu'exclusivement « marchandises ». Il convient d'y rajouter les quatre prototypes BB-9001 à 9004, ultra-modernes pour l'époque, car légers (dans les 80 t) et aussi puissants que les machines précitées (107 t pour les 7100, et 144 t pour les 9100).

Le problème sera vite réglé en ce qui concerne le parc de vitesse : partant des BB-9000, la SNCF va passer commande des BB-9200, encore plus puissantes et aptes à 160 km/h, qui seront livrées à partir de 1957 et seront les machines d'exception à tous niveaux (vitesse, fiabilité, polyvalence) que nous avons connues.

Pour les « marchandises » lourds, le parc de 8100, machines fiables et dures au mal semble à même de satisfaire la demande, à condition de regrouper, à terme, la série sur le Sud-Est (en 1955, un nombre conséquent d'unités opère sur le Sud-Ouest).

Reste une classe de besoins à satisfaire : les machines « mixtes », de préférence aptes tout autant à la traction des marchandises de moyen tonnage du RA (Régime Accéléré), des trains de messageries, mais aussi des directs et omnibus voyageurs et des express à arrêts fréquents et supplémentaires de grands départs (très présents sur le Sud-Est).

Parfois, on comprend mal les décisions des « décideurs »… Alors que la conception des BB-16500 était déjà dans les cartons, on peut se demander pourquoi il n'est alors venu à l'idée de personne de proposer une version « continue » des 16500 ! Il eut suffi de retirer de celles-ci le transformateur et les redresseurs, d'y faire entrer un rhéostat et une électrotechnique adaptée, et de combler le déficit de masse adhérente par un lest bien placé pour avoir une BB-8500 avant l'heure ! Lesquelles n'ont jamais déçu dans leur rôle obscur mais nécessaire de « machines mixtes ». On peut voir deux raisons à la genèse des BB-9400 : d'une part le fait que le projet ait été initié par la DETE (Division d'Etudes de Traction Electrique – SNCF) probablement avant celui de la 16500, d'autre part que la 16500 était un produit Alsthom, et qu'il convenait, à cette époque, de partager la poire en deux entre Alsthom et son principal concurrent, à savoir la Compagnie Electro-Mécanique (CEM).

Pourtant, à la base, les besoins étaient assez similaires. On voulait une machine légère, très légère : Louis Armand considérait que le poids était l'ennemi numéro 1 de la locomotive. Laquelle pouvait devoir assurer des convois marchandises d'un poids estimable, aussi bien que des express pas trop tendus. Très vite, et dans les deux cas, on opta pour la solution (presque) inédite à l'époque des bogies monomoteurs (l'adage était auparavant 1 essieu = 1 moteur). Ceux-ci présentaient l'avantage de la légèreté, et surtout du couplage deux à deux des essieux, limitant les patinages lors des gros efforts, dont le risque était, précisément, renforcé par l'allègement des locomotives. S'y rajoute, au moins sur le papier, un avantage économique (des engrenages coûtent moins cher que deux moteurs supplémentaires), mais l'augmentation de puissance unitaire des moteurs, difficile à résoudre simplement à l'époque, vient en limiter la portée.

A cette époque, on pressait aussi la SNCF de limiter la casse budgétaire. Aussi trouva-t'on donc opportun de définir pour la future machine mixte une vitesse maximale de 120 km/h (contre…150 pour les 16500 voulues aptes, au départ, à la traction de rapides légers !). Cette valeur, finalement proche de la vitesse maxi des 8100 (105 km/h) est faible, mais colle aux besoins de l'époque : nombre de petits express ne sont alors, en effet, pas autorisés à des vitesses supérieures, eu égard au matériel remorqué employé). L'abaissement de cette vitesse limite permet une économie inattendue, puisque ni vraiment élevée, ni vraiment basse, elle permet de se dispenser de la double réduction (Marchandises/voyageurs) retenue pour les 16500. Comme toute solution ménageant la chèvre et le chou, ce sera, au final, une mauvaise décision : les 9400 – même autorisées à 130 – ne pourront jamais assurer d'autres trains que des petits express ou des trains de nuit détendus et des directs/omnibus, en même temps que ce seuil élevé pour des machines à marchandises leur interdira la remorque de gros tonnages en RO (régime ordinaire).

Pour limiter la dépense (les coûts d'électrification en 1500 V du Sud-Est avaient ponctionné une large partie de l'enveloppe !), on partit donc sur une définition un peu « tordue » d'une locomotive qui était destinée… à ne briller nulle part ! On était même tellement pris, à l'époque, par l'impératif de « serrage des dépenses » qu'il fallut attendre la BB 9461 pour doter ces locos poids plume de la commande en Unités Multiples, pourtant indispensable à la remorque des trains RO lourds !

Les industriels soumissionnaires jouèrent donc à fond le jeu de l'économie en proposant une machine à coût très réduit, et emportèrent le marché. La CEM repartait avec la partie électrique, alors que le groupement MTE (Matériel de Traction Electrique : Fives-Lille-Cail, Schneider-Westinghouse et Jeumont) se chargeait de la partie mécanique.

2°) Le « bébé » 9200 ?

Les 9400 étaient de jolies petites locomotives, ressemblant en plus petit aux BB 9200, d'où le titre. La raison en est simple : les constructeurs de la partie mécanique étant les mêmes que ceux des 9200, ils réutilisèrent les lignes définies pour celles-ci, en adaptant certains emboutis à la taille nettement plus réduite de la petite 9400.

Dans le même esprit, on souhaita, d'entrée, adapter l'excellent bogie Jacquemin des BB 12000, 16000 et 9200 à la nouvelle venue… Sauf que la taille « hénaurme » du moteur unique obligea à redessiner complètement l'ensemble (dessin qui fut largement amorti sur les BB 67000/67300 !). Lesdites adaptations, conduites dans un esprit de simplicité… économique furent assez réussies sur le plan de la transmission de l'effort, mais nettement moins sur celui du confort à bord !!

On décida, contre l'avis de Fernand Nouvion, de conserver le dispositif « de traction basse », qui avait fait le succès du bogie Jacquemin. Nouvion jugeait en effet que ce montage était médiocrement compatible avec une transmission par engrenages, qui aurait eu un meilleur rendement avec un dispositif classique de traction haute.

Au total, et malgré un moteur très encombrant, un bogie de 9400, avec transmission et engrenages, ne pesait que 10,8 t, contre 15 t à un bogie de 9200.

Avec une masse en charge de 60 t, soit 15 t par essieu, les 9400 ne devaient pas fatiguer la voie (et pouvoir passer partout, ce qui peut sembler un luxe inutile sur la Ligne Impériale très lourdement armée…). La portée de la caisse se faisant par des dispositifs indéformables, la tenue de voie de la machine était annoncée comme « indéréglable » quelque soit le parcours. On découvrit vite que cette belle constance était rapidement mise à mal en cas d'usure asymétrique des roues : une toute petite différence de diamètre suffisait à mettre à mal la stabilité de la machine…

En veine de créativité, on eut même, au départ, l'idée de démarrer avec les deux moteurs couplés en parallèle, donc avec 1500 V aux bornes. Ceci éliminant le coûteux dispositif de changement de couplage de Série à Parallèle (Ici, seuls deux couplages sont possibles, puisqu'il n'y a que… deux moteurs !). Le problème étant, cette fois, (voir le guide de conduite des BB 9200/9300) qu'un moteur électrique n'a un bon rendement que dans une certaine plage d'effort ou de vitesse… Et qu'un fonctionnement à pleine tension et à basse

vitesse, tel qu'envisagé, était surtout un bon garant d'un rendement déplorable, et d'une consommation d'ampères à même de mettre à mal les vieilles sous-stations peu généreuses en intensité !

On revint donc sagement à la coexistence de deux couplages : Série au démarrage (donc sous 750 V) et Parallèle (sous 1500 V), avec montage de dispositifs antipatinage, rendus nécessaires par le recours au mode « Série » des moteurs.

Côté graduateur, l'innovation fut là encore de mise. La CEM étant étroitement liée à BBC (Brown-Boveri et Cie, Baden (Suisse)), on adopta donc un graduateur à bain d'huile, très similaire à ceux employés sur les machines suisses monophasées à moteurs directs. L'élimination des résistances du rhéostat se faisait donc ainsi grâce à quatre contacteurs seulement, au grand bénéfice du poids. Sauf que… Si le montage eût été absolument idéal avec un seul couplage, il devait « servir deux fois » avec les deux couplages série et parallèle finalement retenus, et ce, sans échappatoire ! (avec un appareillage classique, il aurait été possible de diminuer le nombre de crans en parallèle, comme c'est l'usage…). On avait donc une locomotive dotée de 54 crans sur résistances, record difficile à battre !!

Et l'idée plutôt saugrenue de se passer du couplage série eut d'autres conséquences, puisqu'elle conditionna l'adoption d'un moteur à rotation lente (625 tr/mn à 50 km/h), corrélativement plutôt lourd et encombrant. Le SW 408 était dérivé de celui équipant les BB-12000 (SW45), et proche des TO 136-8 des BB-16000. En contrepartie, il avait une vitesse d'emballement (celle où l'efficacité tend vers zéro) proportionnellement très élevée (2030 tr/mn), garant d'un rendement conservable à des valeurs élevées sur une large plage de vitesse, et acceptait des taux de shuntage importants. De plus, il montra, tout au long de la carrière des 9400, une très bonne tolérance aux surtensions (jusqu'à 1850 V !) parfois engendrées par les sous-stations bodybuildées de la ligne Impériale.

La puissance continue était de 2210 kW au total (soit 780 A par moteur sous 1500 V), et de 2320 kW unihoraires (avec 820 A). L'effort continu correspondant était de 124 kN à 61 km/h, l'effort unihoraire de 132,5 kN à 60 km/h. Les 9531 à 9535 avaient des efforts évidemment différents selon la réduction : soit en PV (VL =120) : 120 kN à 63 km/h en continu – 128 kN à 62 en unihoraire ; et en GV (VL=180) : 90 kN à 84 km/h continu – 96 kN à 82,5 km/h unihoraire.

L'effort maximum au démarrage, en conditions normales d'adhérence et en limitant l'ampérage à 1200 A peut être estimé à 170 kN. (Pas de données officielles)

Toujours pour des raisons de poids, et de facilité de ventilation, le rhéostat délaissait la fonte au profit de résistances en acier, bien plus légères et fiables.

La caisse de la machine fut pensée pour être la plus légère possible. On fit appel, très largement, aux « plastiques » pour la réalisation de certaines pièces : panneaux démontables des faces latérales, dont ceux porteurs des persiennes de ventilation, et portes de cabine (mais là, c'était aussi le cas des BB-12000, 9200 et 16000). A la mode de l'époque, et suivant fidèlement le modèle des 9200 et 16000, les cabines étaient « panoramiques », c'est-à-dire intégralement vitrées sur leur pourtour.

A noter que les 9400 sont sorties avec deux formes de caisse différente :

- Les 9401 à 9435 avaient une toiture « basse » dotée de deux plateformes surélevées supportant les pantographes
- Les 9436 à 9535 avaient une toiture surélevée permettant la pose directe des pantographes sur celle-ci.

Les bogies étaient inspirés des Jacquemin, mais, comme déjà dit, l'encombrement du moteur central avait contraint à un remodelage profond. La recherche de légèreté et de simplicité avait conduit à définir une transmission aux deux essieux très simplifiée, ne comportant que cinq engrenages. Sur les BB-9531 à 9535, équipées d'une bi-réduction (120 et 180 km/h), on avait simplement adapté un pignon moteur double, engrenant selon le choix du rapport sur un secondaire de démultiplication différente.

La technique d'accouplement des essieux nécessitait, c'est évident, des engrenages principaux rigides. La flexibilité dans le couple moteur devait donc être assurée par un accouplement élastique. On eut l'initiative d'assurer cette flexibilité par l'interposition, entre l'arbre d'induit creux et l'arbre moteur, d'un joint en caoutchouc déformable travaillant en torsion. Vue comme une idée géniale de simplicité et d'efficacité à l'époque, cette innovation constitua, de fait, le talon d'Achille de ces machines. A partir de 1970, à la suite des problèmes récurrents de tenue de cet élément, le Matériel exigea son remplacement par un accouplement rigide… Ce qui reporta le problème vers des défauts répétitifs d'isolement au niveau du collecteur ! Ce qui nécessita, alors, l'installation de roulements de collecteur isolés…Ou comment déplacer un problème initial de conception un peu trop… légère !

La faible masse de la locomotive permit d'adopter des roues de faible diamètre (1.02 m seulement). Les BB-9401 à 9518 étaient, de construction, équipées de boîtes à coussinets Athermos, remplacées sur les dernières machines par des boîtes à rouleaux coniques Timken. Par suite, et au gré des passages en RL ou RG, toutes les machines finirent avec des boîtes à rouleaux.

Le freinage très classique, était modérable au serrage et au desserrage, commandé par le non moins classique robinet H7A. Seules, en 1967, les 9531 à 9535, aptes à 180 km/h, eurent le H7A remplacé par un PBL2 « presse-bouton », en même temps qu'un dispositif de Vitesse Imposée (VI).

Les pantographes, de type unijambiste, étaient du type AM14B. la 9401 sortit toutefois d'usine avec un AM14 « non renforcé ». Les 9531 à 9535 reçurent, en 1973 des AM18B en vue de leur usage régulier à 160 km/h sur les rames réversibles Paris-Tours (Poitiers).

Au final, les 9400 étaient des machines très légères : 60,4 t sauf les 9531/35 à 60,8 t, et d'une puissance élevée compte-tenu de leur faible masse (2210 kW/3000 ch continus ; 2320 kW/3150 ch unihoraires). A noter que cette légèreté n'en faisait pas les machines dotées de la plus forte puissance massique : une 9200 était plus lourde d'un bon tiers, mais plus puissante de 50 %... Comme quoi, les meilleures intentions n'amènent pas toujours aux meilleurs résultats ! Cette tare très contenue engendrant une faible charge à l'essieu fit, un

temps, caresser l'espoir d'autoriser les 9400 en tête de rames légères à jouir des plafonds de vitesse réservés aux automotrices, souvent supérieurs de 10, voire 20 km/h à ceux des trains classiques sur lignes (un peu) sinueuses. Espoir vite déçu, à cause d'une part d'une stabilité susceptible de se dégrader pour un simple écart d'usure entre deux roues d'un même essieu ; d'autre part à cause des chauffages des boîtes Athermos d'origine aux vitesses supérieures à 120 km/h… Les seules incursions des 9400 dans le domaine des vitesses supérieures à 130 km/h resteront donc le fait des 9531 à 35, utilisées dans les années 70 en réversibilité avec les fameuses rames « Cyclope » sur Paris-Tours, et Paris-Poitiers. Ces rames circulaient au maximum à 160 km/h, avec des machines équipées de boîtes à rouleaux, et régulièrement visitées afin de rechercher une éventuelle disparité trop marquée du diamètre des roues. Evidemment, en exceptant aussi les BB-9600, directement issues des 9400, et autorisées à 140 km/h.

3°) Carrière

Livrée le 31 juillet 1959, la BB-9401 fut soumise à des essais sévères, où l'on put confirmer ses très bonnes qualités d'adhérence : des efforts de 250 kN purent ainsi être soutenus, avec des pointes à plus de 300 kN, valeurs exceptionnelles pour une machine aussi légère, et à courant continu de surcroît. Mise en tête de marchandises et d'express lourds, la 9401 fit montre d'une belle polyvalence, semblant confirmer la justesse des choix effectués. Elle fut donc officiellement réceptionnée au dépôt de Villeneuve Saint Georges le 18/12/1959. La 9402 y arriva le 22/12/59, mais quitta bientôt la région parisienne pour rejoindre Avignon en 02/1960. Prévu initialement à raison de trois unités par mois, le rythme effectif des livraisons fut beaucoup plus faible au départ. Il n'attint cette valeur qu'en Juillet 1960 avec un retard de six mois sur le programme initial.

Comme programmé, les premières 9400 (9401 à 16) furent dirigées sur Avignon, pour suivre l'électrification de la Vallée du Rhône. Le programme de traction de l'été 1960 montre une prédominance des courses RA d'Avignon à Châsse sur Rhône, Dijon-Perrigny et Juvisy. Leur aptitude aux messageries légers de 700 à 800 t fut également appréciée, permettant de détacher de leur roulement des 9200 plus utiles à d'autres tâches (pour des raisons « d'humeur locale », les 7100 étaient alors interdites au sud de Châsse par la région Méditerranée… Paradoxe amusant quand on sait qu'Avignon sera plus tard « le » dépôt des 7100 !!). Leur contribution à la traction des trains de voyageurs était également importante lors des périodes de pointe, sur des supplémentaires ou même des trains réguliers (le dédoublement du prestigieux « Train Bleu » fut souvent à leur programme).

La livraison des 9419 à 9435 inaugura une nouvelle répartition : les machines paires étaient affectées à Avignon, les impaires l'étant à Villeneuve Saint Georges. En échange, Villeneuve envoyait des BB-8100 à Dijon-Perrigny. A Villeneuve, point stratégique au confluent des itinéraires sud-Ouest et Sud-Est et de la Grande Ceinture de Paris, les 9400 étaient notamment dévolues aux RA depuis Paris-Tolbiac. Elles assuraient également un service voyageurs plutôt fourni en grande banlieue sur Montereau et Sens, les relais traction à Moret sur la ligne du Bourbonnais, les express du Morvan jusqu'à Laroche…

La poursuite de l'électrification jusqu'à Miramas, en juillet 61, ouvrit la voie des machines d'Avignon jusqu'à Nîmes, Béziers, Narbonne, Toulouse, élargissant sérieusement leur champ d'action, surtout dédié aux RA et messageries.

Dès réception des premières machines de la seconde tranche (9436 à 9488), on décida d'une nouvelle répartition, mieux adaptée aux besoins. Lyon-Mouche fut choisi comme troisième dépôt récipiendaire, en recevant cinq machines venues de Villeneuve. De Lyon-Mouche, les machines allaient surtout sur Ambérieu et Saint-Etienne, en complément d'activités sur la Ligne Impériale. RO et RA restaient, avec quelques omnibus (en trois pattes…) ou petits express.

1962 fut aussi l'année d'essais sur Béziers-Neussargues, où les 9400 s'illustrèrent par des capacités de traction très supérieures à celles des BB-4100 ou 4600, ainsi que par leur stabilité permettant leur circulation effective au plafond des automotrices.

A partir de la livraison de la BB-9461, et pour les 9461 à 9516, les machines sortirent équipées d'origine de la marche en UM. Cette possibilité facilitant le fonctionnement en double traction sera, comme on le sait, très positivement ressentie. Il devint dès lors possible de recourir à des UM pour la traction des RO lourds, et du même coup, de réorienter l'usage des « Vespas ».

Au 1/1/1963, Avignon possédait 29 machines à l'effectif, Lyon-Mouche 51, et Villeneuve 7. Au printemps 1963, le Sud-Ouest reçut 6 machines (9518 à 9523), rejointes en fin d'année par les 9526 et 9529, et complétées par le transfert d'Avignon de deux machines. Elles y furent utilisées à des tournées RO et RA depuis Paris jusque Limoges, St Pierre des Corps, Vierzon, Les Aubrais. L'arrivée des BB-8500 clôtura l'intermède en 1965, et la dotation Sud-Ouest fut reventilée vers Avignon et Lyon-Mouche.

Les machines de Lyon-Mouche, en partie couplables en UM, s'arrogeaient plus fréquemment des RO lourds, et participaient très activement à la traction des convois de voyageurs sur Lyon-St Etienne. On les trouvait aussi fréquemment engagées sur des trains de nuit transversaux.

Le milieu des années 60 vit la livraison, au second semestre 1964, des BB-9531 à 9535. A titre expérimental, celles-ci étaient équipées de la double réduction 120/180 km/h, surtout destinée à l'évaluation du domaine des grandes vitesses avec des machines légères. Après une série d'essais jusqu'à 200 km/h dans les Landes, où la BB-9531 montra une excellente stabilité et une agressivité très faible vis-à-vis de la voie, les cinq unités de la série, intégrèrent Avignon où elles furent utilisées sur le couple PV.

Dès 1966, les 135 unités étaient regroupées sur les deux seuls centres d'Avignon (43 unités), et Lyon-Mouche (92 unités). Villeneuve avait cédé ses unités restantes au dépôt lyonnais en échange de BB-9200. Dans cette nouvelle répartition, les 9400 assuraient la quasi-totalité des petits express et directs de Paris à Sens, Montereau, Laroche et conservaient leurs autres attributions.

Le vieillissement des BB Midi largement utilisées sur la Transversale Sud conduisit entre 1967 et 1970 à un renforcement de la dotation d'Avignon au détriment de Lyon-Mouche. Le parc

d'Avignon comptait ainsi en 1970 72 unités, contre 63 à Lyon. Durant cette même période, on procéda à l'équipement pour la marche en UM de l'intégralité de la série, lors des RL ou RG, de même qu'au remplacement des boîtes Athermos à coussinets par des Timken à rouleaux coniques. L'ensemble de la série devenait ainsi apte à la marche en UM, et autorisée à la vitesse limite de 130 km/h (contre 120 avec les Athermos).

En 1968, et suite aux essais conduits quatre ans plus tôt, on confia de façon régulière la traction des express de la ligne des Causses à une UM de BB-9400. Cette conversion permit de relever considérablement les plafonds de vitesse (parfois de 25 km/h), tout en augmentant sérieusement la charge admise (360 t contre 300 t avec les 4600).

L'époque fut aussi celle des utilisations fréquentes en UM, avec la traction, par exemple, de trains lourds d'hydrocarbures de 3000 à 3300 t de l'étang de Berre vers le Lyonnais ou la Bourgogne.

Au début des années 70, la série perdit trois machines, suite à accidents : 9531, 9469 et 9501.

A la même époque, pour faire face à la saturation du service intervilles Paris-Orléans-Tours lancé avec des Z 5300 raccourcies à trois caisses, la région Sud-Ouest eut l'initiative d'utiliser les BB-9532 à 35 équipées de la réversibilité pour tracter/pousser une rame de voitures USI aptes à 160 et modifiées pour la circonstance. Ce qui donna naissance aux fameuses rames « Cyclope », la voiture pilote $B^{10}tx$ étant une $B^{10}t$ équipée d'une demie-cabine de conduite à une extrémité. La réversibilité était indispensable, puisque les trains entraient à Orléans comme à Tours, toutes deux gares en cul-de-sac.

La BB-9535 fut transformée et livrée pour essais à Paris-Sud-Ouest en juin 1972. Le service débuta à l'hiver 72-73, avec des rames de huit voitures, bientôt portées à neuf, et même jusqu'à douze, en raison du succès de la formule. Comme une seule machine n'offrait pas de garanties suffisantes de fiabilité, on transforma également la BB-9533, livrée en juin 1973. Le roulement exigeant le devint encore plus quand une circulation par jour fut prolongée à Poitiers, portant la journée de roulement à 1135 km !

Ce service très précurseur fut un succès, tant commercial qu'au niveau de l'exploitation. Et les 9533 et 9535 se sortirent plutôt très bien d'un roulement exigeant les faisant travailler à la limite de leurs possibilités…modérées. Il y eut des incidents, certes, mais finalement en nombre limité. Dans ce cas, une 9200 « normale » assurait la traction, relayée par une autre à Orléans.

Au 1/1/75, Avignon possédait 68 machines, Lyon-Mouche 62, et PSO 2. Hormis l'usage particulier des deux machines de PSO, les activités des machines étaient dédiées à 40 % à la traction des RA et messageries, 50 % à celles des RO et les 10 % restants au service voyageurs.

On voit l'accroissement considérable du quota des trains lourds, lié directement à l'utilisation fréquente en UM. Lyon-Mouche, du reste, distinguait clairement des roulements UM (limités à 110 km/h), à côté des roulements en unité simple. Et l'on doit reconnaître que les UM de 9400 se révélèrent brillantes dans la traction en UM de trains souvent très lourds.

Dès 1975, on se préoccupa de deux points faibles des 9400 : leur cabine offrant, en cas de choc, une protection très insuffisante, et leur insonorisation très relative. La BB-9436 inaugura la transformation par renforcement des cabines en 1975. L'opération entraîna la dépose nécessaire des jupes de bas de caisse et la pose de traverses renforcées augmentant légèrement la longueur HT. L'insonorisation fut travaillée, mais avec…moins de succès. L'origine du mal venait là encore du changement de conception avec la « création » du couplage série. D'abord prévu en bloc unique, l'introduction d'appareillages supplémentaires contraignit à diviser le rhéostat, avant de s'apercevoir que, divisé, il était impossible de le ventiler par une installation centrale. On munit donc chaque bloc de sa ventilation indépendante… et six ventilateurs font bien plus de bruit qu'un seul !!

La fin des années 70 vit l'arrivée des 7200/22200 en nombre, qui bouscula à nouveau la répartition des Vespas. Les unités de Lyon-Mouche furent pour une large part, envoyées à Avignon : 103 unités au 1/1/1978 contre 27 à Lyon. Effectif encore grossi de deux unités (9533 et 9535), suite au remplacement en 1978 des rames « Cyclope » du Sud-Ouest par des rames Corail réversibles attelées à des 9200 transformées. Avec l'électrification de la rive droite du Rhône, Avignon avait, de toutes façons, largement l'usage d'un parc renforcé.

L'imminence de la mise en service du TGV Sud-Est, libérant nombre de machines polyvalentes amenait à penser à de nouvelles affectations pour des 9400 moins performantes. Après des essais sur Limoges-Toulouse plutôt décevants, les 9400 s'avérant plutôt mal adaptées à des rampes « moyennes/fortes » sur de longs parcours, le Sud-Ouest préféra muter à Limoges des 7200 PV pour y remplacer les BB-300 et 900 quadragénaires. Néanmoins, il accepta la mutation à Bordeaux d'une partie du parc avignonnais, pour service sur la Transversale Sud en cours d'électrification de Bordeaux à Montauban, mais aussi sur les lignes pyrénéennes. La mutation fut massive et rapide, puisqu'au 1/1/82, Bordeaux recensait 44 machines, contre 61 restant en Avignon, et 26 à Lyon-Mouche.

La première moitié de la décennie marqua une certaine stabilité des effectifs. L'électrification Narbonne-Port-Bou permit aux 9400 de s'aventurer jusqu'à Cerbère, puis en 1983, avec une nouvelle électrification, de fréquenter Fos-sur-Mer. Sur les Causses, les 9400 avaient également pérennisé leur règne, en s'octroyant un quasi-monopole des trafics.

En août 1983, par le jeu de mutations internes, Avignon réexpédia un nouveau lot à Bordeaux, portant l'effectif du dépôt girondin à 55 machines (50 restant en Avignon, et 26 à Lyon-Mouche).

Le début des années 80 vit également l'émergence des « nouvelles déco », avec l'apparition de la livrée dite « Oullins », plus ou moins calquée sur la sobre esthétique des BB-9300. De fait, il n'y en eut pas qu'une variante, chaque atelier accommodant la livrée « à sa sauce ». La constante était la suppression des enjoliveurs alu, du marquage en relief, avec apposition des marquages « Scotch » en gros caractères et d'une livrée verte à nuances (très) variables. On vit aussi apparaître la très colorée livrée « Arzens », à base de gris avec bandes havane et « moustache » Chamois, finalement assez gaie et réussie.

Mais, dès 1985, la série était plus ou moins condamnée ! La stagnation du trafic Fret se traduisit, au travers du projet Etna, par une tentative de rationalisation des parcs traction

dédiés. Cette réduction de dépenses passait par l'arrêt des révisions générales d'un certain nombre de séries de machines. Les CC-7100, BB-8100 et BB-9400 faisaient partie du même lot d'évaluation, et, à ce jeu, ce furent les CC-7100 qui gagnèrent ! (plus puissantes, et/ou plus fiables). Dès 1987, et après des mises en RD de plus en plus fréquentes, les radiations débutèrent : 12 en 1987, 11 en 1988 et 3 en 1989. 1989 vit également l'introduction de la livrée « Béton » sur la BB-9497.

A la fin des années 80, le parc subsistant de 9400 était plutôt sous-utilisé, les garages en bon état se multipliant, particulièrement à Bordeaux.

La dernière révision sur la série concerna la 9401 en 1993, mais dans l'intervalle, la mise en place des TER allait permettre la reconversion d'une partie du parc, par adaptation à la réversibilité et modernisation, débouchant sur la genèse des BB-9600. On se dit en effet à l'époque que la traction/pousse d'un, voire deux coupons de RIO/RRR sous-utilisait les BB-8500 ou 25500 dévolues à cette tâche. Et que la puissance plus modérée d'une 9400 pouvait satisfaire largement à la demande, en libérant une « vraie » machine mixte pour d'autres services…

Une fois cette décision prise, et les premières explorations menées, on continua donc à réformer les 9400 non retenues pour la transformation en 9600 : 13 en 1990, 5 en 1991, 3 en 1992, 19 en 1993 et, pour finir, 22 en 1994. La 9467 fut ainsi la dernière retirée du parc le 29/8/1994.

42 machines furent converties en BB-9600, et même si leur vocation initiale était le trafic TER, on put à loisir en apercevoir en tête de trains de marchandises, au gré des roulements. Bien que très moyennement fiables (nombre d'unités furent réformées suite à des incendies sur les équipements nouveaux…), leur service se poursuivit sous cette forme jusqu'en 2008.

Parmi les machines non transformées en BB-9600, la palme du kilométrage revient à la BB-9405, qui accomplit 4.266.244 km en 32 ans de service (1960-1992). Les unités transformées en 9600 font un peu mieux : 5.402.125 km pour la BB-9620, ex BB-9505, entre 1963 et 2007.

4°) Des machines curieusement conçues

Les 9400 sont souvent décrites comme des « machines ratées ». On est forcé de rejeter ce point de vue : leur service en tête de trains lourds sur la Ligne Impériale ou la Transversale Sud fut aussi précieux qu'exemplaire. Et leur fiabilité, si elle n'était pas du même niveau que celle des 9200 ou des 7100, n'était pas « calamiteuse » : leurs moteurs étaient solides, leur graduateur fiable. Leurs points faibles techniques essentiels portaient sur les bogies, résultant d'une combinaison malheureuse du meilleur de la technique d'alors (la traction basse) avec un progrès sensible (le bogie monomoteur). Le rhéostat n'était pas non plus exempt de reproches, et enfin, leur structure était indéniablement trop légère, non seulement au niveau des cabines de conduite, mais plus généralement du châssis (du reste, largement renforcé sur les BB-9600).

Le credo de la légèreté a été poussé trop loin, et a, en cascade, généré un monceau de difficultés parfois très éloignées des problèmes de poids ! On peut, au premier chef, se demander pourquoi il était fondamental de faire des machines aussi légères, sachant que 99

% de leurs kilométrages se sont effectués sur des lignes dont l'armement supportait allègrement 23 t/essieu !! Pour faire léger, on a fait monomoteur (par bogie), comptant sur la liaison mécanique entre essieux pour compenser la perte d'adhérence liée à l'allègement. Raisonnement sain à la base, mais qui aurait nécessité un cahier des charges initial clair et réfléchi. Or, pour aller plus loin encore, on s'est aventuré à souhaiter la suppression du couplage série, ce qui est un non-sens pour une machine dont on pouvait prévoir que l'essentiel du travail serait la traction de convois de fret plutôt lourds à des vitesses souvent réduites ! L'argument de la vraie machine « mixte » pensée pour faire beaucoup de trains de voyageurs directs ne tient pas une seule seconde : il suffit de feuilleter un « Chaix » du milieu des années 50 pour s'apercevoir que ce type de trains est très discret sur les lignes où les 9400 étaient appelées à circuler ! De cette idée quasi-aberrante a résulté le recours à un moteur très encombrant, difficile à loger dans le bogie. Le tout pour s'apercevoir, au final, de l'incongruité de la démarche ! Et ce, alors qu'on a déjà retenu un graduateur directement issu du monophasé, d'excellente facture, mais doté d'un nombre de crans correspondant bien à une machine monophasée fonctionnant sur un couplage unique… Et qui va devoir être utilisé deux fois lors de la montée en vitesse ! Comme en plus, le gros moteur nécessite un accouplement de taille aussi réduite que possible, on opte pour un joint polymère que la chimie de l'époque est incapable de prémunir du craquèlement et qui va à son tour entraîner toute une cascade de problèmes divers, a fortiori quand on essaiera de s'en passer ! Pour couronner le tout, et comme on doit prévoir l'appareillage nécessaire au couplage, on s'aperçoit que sa présence interdit le recours à un bloc rhéostat unique. Donc, on le divise pour le caser comme on peut, et on se trouve, après quelques essais ratés de flux de ventilation dirigés, obligé de munir chacun des blocs d'une ventilation indépendante.

La DETE ne veut pas des ressorts à lames extérieurs au châssis si typiques des BB-9200, et qui garantissent un appui très « compréhensif » de la caisse en toutes circonstances… Ce qui a pour effet qu'en cas d'usure inégale des roues, la caisse est en déséquilibre permanent, avec secousses à la clé…

On commande des machines de puissance et de masse limitée, et l'on découvre les mérites du couplage en UM alors que la moitié des machines a déjà été livrée !

Au final, on se retrouve avec une machine dont la puissance est comparable à une BB-8100, mais qui pèse 32 t de moins, et qui donc, même avec des essieux couplés, ne saurait avoir la même aptitude en tête de trains lourds. Quant à ses aptitudes au trafic mixte, si 130 km/h sont « mieux » que les 105 d'une BB-8100, cette valeur limitée (et encore, le 130 n'a été généralisé que dans les années 70, après montage de boîtes à rouleaux !) a tôt fait, dès le milieu des années 60, d'être un vrai handicap quand la plupart des trains est déjà C140 ! Mesurons bien qu'une BB-16500 pouvait sur le Nord ou l'Est, être mise en tête d'un express C140 à la place d'une 16000 avec la certitude de faire à peu près l'heure, alors qu'on imagine mal une 9400 en tête d'un rapide Paris-Marseille tenir l'horaire en ne dépassant pas 120 et avec 800 tonnes au crochet !

Malgré ces défauts liés à une définition du cahier des charges très contradictoire, les 9400 se sont révélées comme de bonnes machines dès lors qu'elles ont toutes été utilisables en UM. Une UM disposait alors de 4500 kW, pour 120 t adhérentes sur huit essieux, et 250 kN

d'effort continu, aisément soutenus à 60 km/h, le tout avec un plafond de vitesse de 110 km/h (limite réglementaire en UM) : dans l'absolu, c'est (presque) mieux qu'une 6500 sur couple PV, un poil plus puissante, mais d'effort continu moindre, avec six essieux seulement, et limitée à 100 km/h !

Finalement, les 9400 se sont bien adaptées à leur époque : à leur début, leurs errements de conception ne se ressentaient pas trop, en tête de messageries ou de RA dont la charge, au début des années 60, demeurait raisonnable (couverts à deux essieux obligent), ou en tête de petits express composés de matériels anciens limités à 120. La généralisation de l'équipement UM leur a permis, jusqu'aux années 80-90, de remorquer avec une certaine aisance des RO très lourds sur des lignes au profil pas trop difficile.

Et leur conversion en BB-9600 a permis à un lot conséquent d'entre elles d'achever leur carrière aux tâches pour lesquelles elles avaient plus ou moins été pensées : des trains légers, aux arrêts fréquents, nécessitant de bonnes accélérations, et pour lesquels une puissance élevée en pointe n'était pas nécessaire !

On sera plus dubitatifs quant à leur usage sur la ligne des Causses : dépourvues de freinage rhéostatique (ou à récupération), on peut imaginer que les longues descentes succédant aux rampes devaient être abordées avec moins de sérénité qu'avec les antiques BB Midi, voire les BB-8500… Mais elles resteront, dans la mémoire ferroviaire, indissociables de ce magnifique itinéraire !

Côté équipes de conduite, on ne peut pas dire que les 9400 aient déchaîné l'enthousiasme. Le vacarme, lié assez largement à leur ventilation, était difficile à supporter, cependant que la stabilité de plateforme ne figurait usuellement pas au rang de leurs qualités premières ! Si l'on rajoute à cela le sentiment d'insécurité généré par des cabines panoramiques très légères (objet de moult récriminations syndicales jusqu'à leur renforcement dans la seconde moitié des années 70), on comprend un peu cette désaffection. Quant à l'ergonomie du poste de conduite, elle était au niveau des réalisations des années 50 : baroque ! (pour rester indulgent).

Alors, les 9400 ? Des rossignols ? Que nenni ! Actrices indispensables d'un trafic vital de la SNCF, mal nées d'errements intellectuels peu compréhensibles avec le recul du temps, on en retiendra la jolie silhouette, copie un peu naïve des BB-9200, et leur opiniâtreté à la traction de convois dont les wagons étaient le plus souvent, largement plus hauts qu'elles !

5°) Conduite des BB-9400 sous Openrails

Important ! : Il est très fortement conseillé de lire le « Petit guide de conduite des locos fonctionnant sous courant continu : BB 9200 et 9300, BB 8100 et celles à venir…. » pour plus de précisions sur ce chapitre ! (présent dans le fichier « Doc » des BB 9200 et 9300 de François (F2))

Rappelons très brièvement (voir remarque au-dessus) que les machines à courant continu ont une puissance réglable par deux biais principaux :

- Le choix du **couplage** (série, série-parallèle, parallèle), qui limite la tension aux bornes des moteurs de traction.
- Une fois parvenu à un couplage donné, la modulation du champ par recours au **shuntage**, d'importance variable selon le cran choisi.

Sur une machine classique, à graduateur, comme la BB-9400, on module le voltage aux bornes lors de la montée en vitesse en interposant des résistances de valeur variable (rhéostat). Chaque valeur correspond à un cran, dit alors « sur résistances ». Sur ces crans intermédiaires, une partie de l'énergie prélevée à la caténaire est convertie en chaleur, et donc dispersée en pure perte. **On doit donc <u>passer</u> par ces crans (de manière à assurer une accélération progressive du convoi), mais ne pas <u>y rester !</u>**

Ces crans existent entre le « zéro » et le couplage série, et entre le couplage série et le couplage parallèle.

La BB-9400 dispose de deux moteurs seulement. Deux couplages sont possibles :

- Moteurs en série : ils reçoivent alors 750 V maxi (pour 1500 V à la caténaire)
- Moteurs en parallèle : ils reçoivent alors 1500 V chacun.

Nous l'avons abondamment dit : les 9400 sont dotées d'un nombre très élevé de crans !

<u>Résumons</u> :

- Cran 0 (neutre)… **<u>Evidemment économique !!!</u>**
- Crans 1 à 27 (Throttle de 2 % à 47 %) : **couplage série sur résistances**
- **Cran 28** (Throttle : 1° cran à 50 %) **: couplage série « plein champ » - <u>Economique</u>**
- **6 crans de shunts** (Throttle à 50 %) : **shuntage progressif** – **<u>Economiques</u>**
- Crans 29 à 55 (Throttle de 53 à 90 %) : **couplage parallèle sur résistances**
- **Cran 56** (Throttle : 1° cran à 100 %) **: couplage parallèle « plein champ » -<u>Economique</u>**
- **6 crans de shunts** (Throttle à 100 %) : **shuntage progressif (en parallèle) – <u>Economiques</u>**

On dispose donc de 14 crans économiques, permettant, la plupart du temps, de se maintenir très facilement à une vitesse donnée.

Le passage des crans sur résistance doit être assez rapide avec une 9400, compte tenu du grand nombre de ces crans. On peut être (% Throttle) à 8 % vers 5 km/h ; 15 % à 10 km/h ; 25 % à 15 km/h ; 35 % à 20 km/h et arriver au plein champ série (50 %) vers 30 km/h. Le dernier cran à 50 % doit être passé vers 40 km/h. On peut ensuite admettre 69 % vers 50 km/h et atteindre le premier cran à 100 % vers 70 km/h (hypothèse d'un train « lourd ». On ira moins vite avec une rame très légère !). La dernière position (dernier cran à 100 %) ne doit pas être atteinte avant 80 km/h.

La vitesse est ensuite régulée en « restant sur les shunts », c'est-à-dire en jouant sur les crans à 100 % (le plus souvent). Avec une rame très légère, ou en légère descente, on peut, le cas échéant, revenir au couplage inférieur (50 %). En aucun cas, sauf lors des « approches », on ne doit stationner sur un cran résistant (compris entre 0 et 50, ou entre 50 et 100). Dans la réalité, un parcours prolongé sur un cran résistant conduirait à un risque de fusion du rhéostat, avec le feu d'artifice qui s'ensuit !!

Les BB-9400 sont des machines à rhéostat très faciles à la conduite, malgré le nombre très élevé de crans. Rappel : pour redescendre à 0 (freinage, par exemple), plutôt que s'échiner à redescendre les soixante et quelques crans à la main, faire **Ctrl+Q**, qui redescend automatiquement tous les crans !

Bonne route avec les Vespas !!!

BJPaul