

Conversion au 25 kV 50 Hz du complexe ferroviaire marseillais

Fédération Nationale des Associations d'Usagers des Transports

Claude JULLIEN - FNAUT-PACA

claude.jullien13@orange.fr



Ind C le 3 / 09 / 2014

Photo de couverture



Dans la zone des appareils de voies de Blancarde

Le 1500 V continu : quel fouillis de caténaires à Blancarde !

Quatre fils pour une seule voie principale, huit fils dans la zone de transition des équipements tendeurs, plus les caténaires secondaires des voies de raccordements, les anti-balançants, les rappels d'anti-balançants, les chaises d'anti-balançants, les chaises de relevage, les équipements tendeurs, etc ...

Imaginez la même zone en 25 kV 50 Hz, considérablement allégée.

Rendez nous le ciel bleu à Blancarde !

Conversion au 25 kV du complexe ferroviaire marseillais.

La revue "Chemins de Fer" a publié trois articles très intéressants sur les possibilités de conversion au 25 kV de certaines lignes électrifiées en 1500 V continu [1].

Bien entendu, l'idéal serait que le réseau français devienne entièrement "interopérable", c'est à dire unifié autour de la tension de 25 kV, mais les articles déjà cités montrent bien que si les progrès des engins bicourants facilitent grandement les conversions, l'obstacle principal reste avant tout financier, d'où une liste de lignes un peu décevante, limitée au cas par cas, et dont les Alpes du nord seront les principales bénéficiaires.

Pourtant, nous voudrions exposer aujourd'hui pourquoi la gare St-Charles de Marseille (en réalité tout le nœud ferroviaire marseillais) pourrait bien un jour basculer elle aussi vers le 25 kV.

Un nœud ferroviaire en promesse d'évolution

Les installations ferroviaires de Marseille sont relativement complexes, ce qui entraîne mécaniquement un grand nombre de bifurcations. Pourtant, la situation des électrifications n'est pas très compliquée, avec seulement 2 frontières électriques :

- électrification Tarascon - Marseille, de 1961 à 1962, clôturant la modernisation complète de la plus grande artère française de Paris à Marseille en 1500 V continu
- électrification de Marseille à Vintimille, de 1965 à 1969, en 25 kV 50 Hz, avec création d'une **première frontière électrique** dans le quartier de La Pomme
- arrivée de la LGV-Méditerranée aux portes de Marseille, dans le quartier de St-Henri, en juin 2001, avec création de la **deuxième frontière électrique**

Ainsi, un TGV Paris - Marseille - Nice change 2 fois de tension en quelques kilomètres (21,5 km par le raccordement des Chartreux) de part et d'autre de la ville. (voir carte)

Trois lignes proches restent exploitées en traction diesel :

- Marseille - Aix-en-Provence, récemment partiellement modernisée, amorce de la ligne des Alpes à voie unique vers Gap, Grenoble et Briançon
- la Côte Bleue, de l'Estaque à Martigues et Lavalduc (bifurcation vers le port de Fos), double voie en corniche en bordure de la Méditerranée de l'Estaque à Carro, comportant 20 tunnels cumulant 5 542 m
- Rognac à Aix-en-Provence, ligne à voie unique dont la voie est neuve à environ 80 %, parcourue seulement par des trains de Fret à destination de Gardanne (Bauxite) ou Meyreuil (Charbon pour la centrale électrique), tous trafics repris par des exploitants privés [2]

Le plus grand bouleversement à venir concerne la construction de la LGV-PACA [3], qui doit relier Marseille à Nice.

Depuis le déroulement du Débat Public concernant cet ouvrage, comme souvent à l'occasion de l'apparition d'un projet de LGV [4], des forces d'opposition importantes se sont manifestées, à tel point que le préfet de région a pu déclarer : "Je suis parfois terrorisé par les propos de certaines associations".

Il reste que ces mouvements d'opposition participent largement au retard du projet, en profitant de la lâcheté de la faune politique locale, incapable de choisir entre l'intérêt général et l'humeur de leurs électeurs. Miraculeusement, le projet fut sauvé par la "mission Cousquer", qui choisit fort opportunément le tracé "des Métropoles", reliant Marseille à Toulon et Nice [5].

Arrive la crise, et le nouveau gouvernement de Jean-Marc AYRAULT, toujours à la recherche d'économies, qui juge avec juste raison que le SNIT [6], qui propose plus de 2000 km de LGV, est un peu irréaliste. La LGV-PACA se retrouva sur la sellette, et si en définitive elle fut sauvée des oubliettes, le projet évolua dans un sens

1 Chemins de Fer - N° 527 Avril 2011 - N° 528 Juin 2011 - N° 542 Octobre 2013 - Christophe Keseljevic

2 Il existe malheureusement un projet aberrant de reconversion de la centrale à la biomasse, vraisemblablement avec du bois venant du Canada, pour une turbine de 250 MW, soit environ plus de 800 000 t de bois / an

3 PACA : Sigle de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, ce qui a le don de mettre en fureur le président de région, Michel Vauzelle, qui souhaiterait revenir à une appellation plus poétique, mais malgré un concours d'idées lancé auprès du grand public, aucune appellation consensuelle n'a émergé.

4 Mais curieusement très rarement en ce qui concerne les autoroutes

5 La région PACA sera la seule de France qui comportera 3 Métropoles : Marseille (en cours de discussion au parlement), Nice (déjà constituée), et Toulon plus tard, ce qui justifie pleinement la desserte en chapelet par des TER-GV Avignon (depuis Lyon ou Toulouse) jusqu'à Nice passant par tous les centres-ville.

6 Schéma National des Infrastructures de Transports

où la grande vitesse n'est plus la priorité, l'objectif principal devenant le doublement de la voie ancienne et l'amélioration des relations intra-régionales.

Pour économiser et étaler les financements, le phasage devient la règle, et la première étape se réduira donc à une liaison depuis la future gare "TGV-Centre-Var" (en fait à hauteur du Muy) jusqu'à Nice [7], et une autre de Marseille à Toulon, cette dernière très vite limitée à un simple quadruplement des voies de Marseille à Aubagne, alors que RFF achèvera le triplement fin 2014 !

Pour bien ancrer ces nouvelles dispositions dans les esprits, il ne faut plus dire "LGV-PACA", mais "Ligne Nouvelle PACA".

Ce nouveau projet part d'un à priori complètement faux, qui voudrait qu'une ligne à grande vitesse est obligatoirement plus chère que toute infrastructure "normale", et qu'en baissant la vitesse, le coût baissera dans les mêmes proportions, alors que le vrai problème en PACA est de se glisser au milieu d'une urbanisation diffuse, à base de villas individuelles, sans laisser libre un seul mètre carré de terrain.

Mais l'ouvrage principal sur lequel tout le monde s'accorde est le passage de la future ligne nouvelle sous la ville de Marseille, avec la création d'une gare souterraine à la hauteur de St-Charles, perpendiculairement à l'extrémité des voies de surface, utilisable par les TGV directs évitant la gare de St-Charles en cul de sac [8], et certains TER intra-régionaux.

C'est principalement cet ouvrage qui risque de changer la donne en matière d'électrification du complexe marseillais.

Un autre projet qui va avoir une influence déterminante, ce sont les interrogations du Conseil Régional pour électrifier tout ou partie de la ligne Marseille - Aix au cours du prochain Contrat de Plan.

Avantages et inconvénients du 1500 V continu

Sans vouloir refaire l'historique de la traction électrique, il faut savoir que l'Europe est régie par 4 grands systèmes d'électrification :

- a) - 1 500 V continu (France, Pays-Bas, Grande-Bretagne)
- b) - 3 000 V continu (Belgique, Espagne, Italie, Pologne, Slovaquie)
- c) - 15 kV-16,7 Hz (Suisse, Allemagne, Autriche, Suède, Norvège)
- d) - 25 kV-50 Hz (France, Grande-Bretagne, Finlande, Danemark, Roumanie, Bulgarie, Grèce, lignes nouvelles à grande vitesse en France, Espagne, Italie, Belgique, Pays-Bas, Grande-Bretagne, etc ...)

chacun ayant ses avantages et ses inconvénients, le système le plus moderne étant quand même le 25kV-50Hz, appelé aussi « Système d'électrification à fréquence industrielle ».

Ces disparités techniques s'expliquent par des considérations historiques, alors qu'il n'existait en compétition que les systèmes a, b, et c, chaque pays ayant privilégié un paramètre ou un autre, tels que :

- le fort couple au démarrage par l'utilisation de moteurs série (1500 V continu) et donc la possibilité d'avoir des trains lourds
- combattre les chutes de tension en ligne (15000 V 16 2/3 Hz, voire le 3000 V continu)
- la simplicité des sous-stations en 25 kV 50 Hz et la connexion directe sur le réseau électrique national

La France, qui a beaucoup électrifié avant la seconde guerre mondiale en 1500 V continu (suite aux décisions de la Commission Parodi, en 1920), a progressivement basculé vers le 25 kV-50 Hz à partir des années 50, après une suite d'essais concluants sur « l'étoile de Savoie », et une confirmation à grande échelle sur la ligne Valenciennes-Thionville. [9]

Il en résulte un réseau pratiquement constitué de deux parties distinctes :

- au sud de Paris, à partir des gares d'Austerlitz (1920 / 1926), puis de Montparnasse (1937), et enfin de la Gare de Lyon (1950), un vaste réseau en 1500 V continu, couvrant l'ensemble du Sud-ouest et Sud-est de la France

7 La situation évolue vite, et dans les derniers Comités de Pilotage (COPIL), la section Est trouverait son amorce sur la ligne Cannes-Grasse, partiellement mise à double voie, jusqu'au franchissement du Var, la ligne ancienne restant à double voie de St-Augustin à Nice-Ville

8 Le passage direct plutôt que le rebroussement en gare St-Charles fait gagner au minimum plus de 20 minutes

9 Pour ceux qui voudraient s'intéresser sérieusement à l'histoire de la traction électrique voir :

* "Technique universelle et filières nationales, le cas de l'électrification des chemins de fer européens"

<http://www.histcnrs.fr/pdf/documentation-publications/electrification-europ.pdf>

* la bible des électriciens ferroviaires : "Histoire de la traction électrique" - Tomes I et II, presque 1200 pages en tout
Yves MACHEFERT-TASSIN, Fernand NOUVION, Jean WOIMANT, éditions La Vie Du Rail

* un ouvrage suisse, 2^e édition, aux Presses Polytechniques Romandes : "Traction électrique", 652 pages,
Jean Marc ALLENBACH, Pierre CHAPAS, Michel COMTE, Roger KALLER, facile à trouver à la FNAC ou sur Internet

- au Nord et à l'Est de Paris, à partir de 1955, un réseau en 25 kV - 50 Hz, puis à partir de la gare St-Lazare, les lignes Paris – Le-Havre et Cherbourg

Au fur et à mesure du développement des électrifications complémentaires, **il s'est posé la question de la cohabitation des deux systèmes aux points de jonction des frontières électriques.**

Le vaillant 1500 V continu a assuré à la SNCF un niveau de performance élevé pendant de nombreuses années. C'est lui qui a permis à notre pays d'avoir les trains les plus lourds d'Europe grâce aux qualités du moteur série :

- très fort couple au démarrage
- aptitude aux basses vitesses et aux surcharges
- relative simplicité du circuit de traction et commande fine de l'effort moteur par rhéostat et shuntage

alors que beaucoup de réseaux étrangers se débattaient dans le même temps avec les moteurs alternatifs directs à fréquence spéciale. Ces moteurs n'appréciant pas les basses vitesses, il fallait démarrer vite, et donc limiter la charge des trains.

Mais avec l'augmentation de la charge et la densification des trains, le 1500 V atteignait de plus en plus ses limites, les exemples les plus flagrants étant la région parisienne et la ligne de la Maurienne à forte rampe, où les sections de cuivre atteignent des sommets.

Les inconvénients du 1500 V sont bien connus, conduisant à un coût d'investissement élevé :

- caténaire avec une section de cuivre très élevée (en moyenne plus de 600 mm² sans feeder)
- pylônes importants nécessitant des ancrages en béton volumineux
- chutes de tension élevées compensées par des sous-stations rapprochées

Avec l'apparition de l'électronique de puissance, et la généralisation des moteurs synchrones ou asynchrones commandés par des IGBT, les autres systèmes d'électrification ont quasiment retrouvé un niveau de performance de traction équivalent au 1500 V. Ce dernier pourrait même se voir maintenant distancé. En effet, au vu des évolutions récentes de l'électronique de puissance, les IGBT tolèrent des tensions de plus en plus élevées (aujourd'hui plus de 6500 V - 600 A pour une fréquence de 2 kHz, alors que les modèles précédents commutaient 1000 A sous 2800 V), et à puissance égale, il vaut mieux commuter plus de volts que d'ampères. Il en résulte que les constructeurs choisissent de plus en plus une tension du Bus intermédiaire de 3000 V dans le cas d'une locomotive polycourant, ce qui fait perdre l'avantage de pouvoir relier directement la tension caténaire de 1500 V à ce même Bus.

Dans le cas du prototype de locomotive quadricourant BB 47000 d'ALSTOM (Prima 6000), ce constructeur a donc choisi un Bus de 3000 V, et un doubleur de tension à partir de la caténaire 1500 V pour alimenter le Bus 3000 V. Il en résulte que les performances de la locomotive en 1500 V dépendent essentiellement des performances du doubleur de tension, ce qui demande des selfs de plusieurs tonnes.

Cet inconvénient se retrouve dans les performances de la locomotive :

- 6000 kW en 25 kV 50 Hz et 3000 V continu
- 5600 kW en 15 kV 16,7 Hz
- 5000 kW en 1500 V continu (on perd 1000 kW par rapport à la version 25 kV)

Curieusement, le vieux 3000 V continu des italiens et des belges retrouve des couleurs (Bus direct après filtrage).

Les avantages du 25 kV 50 Hz

Ce système est le dernier arrivé après la bande des 3 qui sévissait avant la seconde guerre mondiale.

Tous les exploitants ferroviaires rêvaient depuis longtemps de pouvoir utiliser le courant de "monsieur tout le monde", c'est à dire celui fourni par le producteur national en 50 Hz, et s'il était facile de concevoir une électrification à tension élevée, et donc avec des sous-stations très éloignées les unes des autres, il était presque impossible de digérer ce courant dans les locomotives, la commutation des collecteurs des moteurs directs alternatifs étant catastrophique en 50 Hz, d'où le choix de certains pays pour une fréquence spéciale "basse" de 16 2/3 Hz (devenue depuis 16,7 Hz)

La solution aurait été de pouvoir redresser le courant alternatif, et de retrouver les qualités du moteur à courant continu série, mais avant la guerre, aucun redresseur "embarcable" digne de ce nom n'existait, et les solutions à base de groupes tournants conduisaient à des locomotives lourdes, coûteuses en entretien.

Après les essais du "Hollental" (Allemagne - Forêt Noire), et surtout ceux de l'étoile de Savoie (épicerie Annecy), la SNCF décida de tenter une électrification à grande échelle sur la ligne Valenciennes - Thionville, qui connaissait un important trafic de pondéreux (minerai de fer, charbon, coke) avec 4 types de machines :

- 2 modèles de CC lourdes à groupe tournant, les 20 CC 14000 à groupe mono-triphasé (2640 kW), et les 102 CC 14100 à groupe mono-continu (1860 kW), toutes deux limitées à 60 km/h,

- 2 modèles de BB légères limitées à 86 t et 120 km/h, les 148 BB 12000 à redresseurs ignitrons (2470 kW), et les 53 BB 13000 à moteurs directs (2134 kW)

Si les CC remplirent leur mission de tracter à vitesse lente les lourds trains de minerais et de charbon sur l'artère Nord-est, la BB 13000 confirma rapidement que les moteurs directs en 50 Hz étaient délicats.

Par contre, la BB 12000 à redresseurs ignitrons fut un succès complet, avec réglage très fin de la puissance de traction par un gradateur sur un auto-transformateur Haute Tension.

De fait, on venait de trouver le schéma de traction idéal au regard des technologies de l'époque, et la BB 12000 fut la base de la grande traction monophasé à 50 Hz, qui déboucha, en France, sur les BB 16500, 16000 et dérivés (25100, 25150, 25200).

On avait éliminé le rhéostat des machines 1500 V, dispendieux en énergie, ainsi que les inconvénients des couplages moteurs série ou série-parallèle, néfastes à l'adhérence. Les locomotives monophasées 50 Hz atteignirent des performances inégalées jusqu'alors, et coté continu, il fallut construire les CC 6500 de 120 t pour tenter d'égaliser les mêmes performances.

Avec l'apparition de l'électronique de puissance (thyristors), les 65 BB 15000 de 4400 kW restèrent longtemps les locomotives les plus fiables du parc SNCF (certaines descendirent jusqu'à moins de 1 incident / million de km).

Coté continu, les BB 7200 à hacheur de courant égalaient les performances de traction des BB 15000, mais au prix d'une grande complexité électronique (hacheurs à thyristors), et furent donc un peu moins fiables.

En 25 kV, on gagne sur tous les plans :

- caténaires légères, environ 30 % moins chères
- moins de sous-stations
- puissance disponible plus élevée, qui se retrouve dans les possibilités d'accélération des nouveaux TER
- locomotives performantes, de plus en plus simples, et donc d'entretien réduit

La SNCF a donc de bonnes raisons de convertir le 1500 V en 25 kV 50 Hz **quand les conditions financières et techniques le permettent**, et nous croyons que c'est le cas pour la région marseillaise.

La gare souterraine de St-Charles

Initialement envisagée pour les seuls TGV, elle pourrait être aussi utilisée par certains TER inter et intra-régionaux, dont des TER-GV (ou IC-GV) qui emprunteraient la ligne nouvelle, pour des relations rapides entre l'Ouest de PACA (Montpellier, Avignon, Lyon), vers Marseille - Toulon - Centre-Var - Nice.

Coté est de la ville, l'accès à la gare souterraine se ferait par une trémie depuis la vallée de l'Huveaune, vallée aujourd'hui électrifiée en 25 kV, en cours de travaux pour la 3^e voie Marseille - Aubagne [10].

Le vrai problème se poserait du coté ouest, au beau milieu d'une zone entièrement électrifiée en 1500 V continu. Si les contours de la gare ne sont pas aujourd'hui clairement délimités, on peut quand même imaginer que la sortie ouest se ferait vers le kilomètre 859, entre les gares de St-Barthélémy et Le Canet, soit à moins de 5 km de la bifurcation des Tuileries donnant accès à la LGV vers Paris.

Initialement, à l'occasion de l'arrivée du TGV-Méditerranée Valence - Marseille, la plateforme de la section St-Henri / St-Charles (bifurcation des Chartreux) devait être élargie à 4 voies, dont seulement 3 voies auraient été posées, ce qui imposait le doublement du tunnel de St-Louis (476 m). Le renchérissement du projet LGV-Med a annulé cette opération et la ligne est restée à double voie.

La création de la gare souterraine, le développement des trafics TGV et TER (le Fret hélas ...) relanceraient à coup sûr le projet de quadruplement, et la **présence d'un court secteur de 5 km en 1500 V entre 2 trémies en 25 kV** (celle du tunnel des Pennes-Mirabeau marquant la fin de la LGV-Med, et celle de la gare souterraine) serait particulièrement originale, mais peu rationnelle. Une solution possible serait d'alimenter les 2 voies centrales en 25 kV alors que les voies extérieures resteraient en 1500 V, mais que l'on réfléchisse alors aux difficultés de passage d'une voie à l'autre. Il faudrait mettre en place une signalisation spéciale à messages variables, les communications entre voies se faisant pantographes baissés.

Pas vraiment commode à exploiter, avec un risque d'accident évident suite à une confusion électrique non négligeable. Le bon sens commande de convertir toutes les voies en 25 kV, ce qui entraîne de facto la conversion de l'ensemble des voies marseillaises (voir schéma).

10 Cette troisième voie sera exploitée en navette comme une voie unique, avec un unique point de croisement vers le milieu (station nouvelle de La Barasse), reprenant une idée similaire à l'exploitation de la troisième voie Genève - Coppet, mais le quadruplement pour cause de Ligne Nouvelle PACA pourrait tout remettre en question : http://www.rff.fr/IMG/09_DP_pose_premiere_pierre_MAT_La_Penne_sur_Huveaune_191109_Vdef_du_1811.pdf

L'électrification de la ligne Marseille - Aix

Cette ligne de 36 km - qui réunit les deux plus importantes villes des Bouches-du-Rhône devant être regroupées dans une même métropole - a été récemment modernisée partiellement au prix d'une fermeture complète pendant 2 ans [11], ce qui a permis la construction de 12 km de double voie en trois tronçons, ainsi que son équipement en BAL.

Le Conseil Régional PACA envisage l'électrification dans le prochain Contrat de Plan (annoncée pour 140 M€), qui comprendrait également le passage de 12 km (actuellement) à 18 km de double voie, soit la moitié de la ligne. Le projet n'en est qu'au stade de l'avant projet sommaire, et des choix techniques sont à faire, en particulier concernant la tension d'alimentation.

Toute l'avant gare de St-Charles étant électrifiée en 1500 V, il faudrait choisir entre 3 scénarios :

- Scénario 1 - conserver le 1500 V au départ de St-Charles, mais passer le plus vite possible au 25 kV, avec la difficulté que la ligne démarrait immédiatement en rampe de 15 ‰, la frontière électrique risque de se retrouver assez loin en ligne [12], disons dans le "creux" de Simiane, soit à 19 km des butoirs de St-Charles
- Scénario 2 - électrifier l'ensemble de la ligne en 1500 V, quitte à reporter la transition avec le 25 kV au delà d'Aix, en cas d'extension de l'électrification vers la ligne des Alpes (plausible jusqu'à Manosque, la vallée de la Durance connaissant un fort développement démographique, ou éventuellement en cas de construction du tunnel du Montgenèvre), mais c'est la solution la plus chère en cuivre et en sous-stations
- Scénario 3 - convertir l'avant gare de St-Charles au 25 kV

Aux dernières nouvelles, RFF ferait le choix d'une alimentation 1500 V, avec une sous-station à St-Antoine, à Gardanne, et un groupe convertisseur à Aix alimenté par un feeder 4500 V depuis Gardanne, mais ce dernier système, totalement inédit, permettra-t-il la récupération, pourtant indispensable sur une ligne au caractère montagnard très marqué ?

Ne faudra-t-il pas aussi limiter l'accélération des TER sur la section alimentée par ce convertisseur pour limiter les appels de courant ?

En tenant compte de la future construction de la gare souterraine, il est facile de comprendre que nous pencherions plutôt pour le scénario 3 en 25 kV, avec tous les avantages qui en découleraient.

Marseille - Aix, mais avec quel matériel ?

Dans le cadre de l'exploitation diesel actuelle, la ligne est desservie en majorité par des AGC bimode (diesel + électrique 1500 V). Quelques trains à destination de Gap ou Briançon, sont assurés par des X 72500, dont l'inconfort est notoire (tenue de voie + bruit + fiabilité désastreuse + d'autres défauts), c'est à dire que le service long (4 h 26/36 pour Briançon, soit plus que d'aller en TGV à Paris ou à Lille), est assuré par le plus mauvais matériel.

On voit immédiatement le risque de vouloir électrifier la ligne en 1500 V pour réutiliser au maximum le parc des AGC bimodes (27 rames X 81500 quadricaises de 222 places assises), c'est à dire de reconduire l'erreur de Vierzon - Bourges, pour cause d'utilisation de Z 5300 (qui en réalité y venaient très peu).

À l'époque de la commande des AGC, la SNCF, tout comme la FNAUT, souhaitait des autorails bimodes-bicourants (bibis), mais par suite de l'entêtement de l'élu responsable à l'époque des transports au Conseil Régional, qui croyait faire des économies, il fallut se contenter de bimodes exclusivement 1500 V.

La FNAUT-PACA lui adressa un long courrier de 6 pages pour le convaincre de revenir sur cette décision, en lui demandant de passer un avenant à la commande (nous avons pris nos renseignements auprès de Bombardier qui nous affirma que c'était encore possible). Rien n'y a fait. Les économies à court terme devraient se payer très cher plus tard.

Nous y sommes.

La SNCF a semble-t-il définitivement renoncé aux rames tractées, pour les liaisons vers la ligne des Alpes (Gap-Briançon), alors que c'était la solution présentant le meilleur confort pour les voyageurs. La commande de 10 Régiolis ALSTOM bibi livrables à partir de 2014 résoudra sans doute le problème, ce qui permettrait d'exclure définitivement les X 72500 de ce service, mais on nous annonce la décision aberrante d'affecter le Régiolis à la ligne Avignon - Carpentras, ligne de plaine, alors que le Régiolis surmotorisé, conviendrait à merveille aux rampes de 25 de la ligne des Alpes et du Val de Durance !!!

11 Pendant cette fermeture, les trains vers Gap et Briançon étaient détournés par Rognac, Roquefavour et Aix

12 Un cas un peu similaire à la ligne du Haut-Bugey, au départ de Bellegarde vers Bourg, où la transition fut envisagée très loin, du côté de Nurieux, problème qui au final fut résolu avec une gare commutable, mais alors, il s'agit d'une transition à l'arrêt, ce qui ne peut être le cas dans l'avant gare de Marseille.

Depuis, la transformation de l'ensemble de la gare de Bellegarde en 25 kV a été prise.

Coté confort, chat échaudé craint l'eau froide, et nous attendrons la mise en service des Régiolis pour juger définitivement ce matériel, en particulier de voyager plus de 4 h avec un power-pack diesel de 300 kW au dessus de la tête, en toiture.

Que faire des 27 BGC X 81500 bimodes ?

Leur spécialisation au 1500 V les exclut de toutes les lignes à l'est de Marseille, à moins de les faire rouler en diesel sous caténaires, ce qui est souvent le cas aujourd'hui.

La solution la plus économique serait encore de les modifier pour devenir de véritables " Bibi", ce qui serait dans les compétences d'un atelier SNCF, ou d'ateliers privés spécialisés, sur fournitures de pièces par les sous traitants de Bombardier. L'ensemble des lignes de PACA serait alors offert aux AGC, et l'électrification de Marseille - Aix en 25 kV serait évidente.

Quelles limites au 25 kV dans la région marseillaise ?

L'électrification de Marseille - Aix risque d'intervenir avant la mise en service de la gare souterraine. Pour préparer cette électrification, RFF aurait tout intérêt à adapter dès maintenant le complexe marseillais au futur 25 kV. Mise à part la ligne principale directe de St-Charles à l'Estaque, la seule qui connaisse des vitesses notables, les autres lignes sont parcourues à des vitesses suffisamment faibles pour que l'on se contente d'un simple renforcement de l'isolation, tout en gardant provisoirement l'alimentation en 1500 V.

Par ailleurs, dans le cadre du programme "Euroméditerranée" consistant à restructurer complètement de vieux quartiers de Marseille qui étaient constitués d'entrepôts et de masures indignes du 21^e siècle, tout le complexe ferroviaire du Canet devrait être abandonné, dont un important terminal conteneurs, avec transfert à Mourepiane., ce qui entraînerait l'abandon de 2 tunnels : tunnel du Canet (528 m), tunnel d'Arenc (531 m).

Quant à la reconstruction intégrale du complexe de Mourepiane, avec remise en service du raccordement vers l'Estaque comprenant le tunnel de Soulat (797 m) et un grand viaduc moderne en courbe au dessus de l'autoroute, il serait dommage de la faire avec des équipements 1500 V, alors qu'au vu des faibles vitesses de cette zone, on pourrait passer directement à des caténaires 25 kV, quitte à prescrire provisoirement des marches à vitesses plus réduites sur 2 pantographes ^[13].

Sur la ligne principale, le problème est plus complexe, car en fonction de l'avancement de la gare souterraine, cette ligne sera une zone de grands travaux :

- passage éventuel à 4 voies selon les options de localisation de la trémie ouest
- construction de la trémie ouest

ce qui s'accompagnera d'un important remaniement des caténaires.

Il sera sans doute préférable de tout reconstruire au type 25 kV, tout en gardant provisoirement le 1500 V, au prix d'une légère réduction des vitesses, et d'une limitation drastique des intensités sur 2 pantographes levés. Fort heureusement, le profil ne dépasse jamais 1,5 ‰.

Afin de mieux ménager l'avenir, il serait préférable d'implanter le 25 kV au delà de la bifurcation vers la Côte Bleue, ce qui situerait la **frontière électrique 25 kV / 1500 V entre la gare de l'Estaque et le tunnel de la Nerthe**, zone à double voie très favorable à cette transition en vitesse (140 km/h, palier et légère rampe 1 ‰).

Quelles autres électrifications dans la région ?

Trois autres lignes seraient susceptibles de connaître un jour l'électrification, bien qu'actuellement, ce soit purement une spéculation de notre part.

La Côte Bleue

C'est une ligne magnifique, en encorbellement au dessus de la Méditerranée, de l'Estaque à la Couronne, et qui comporte donc un grand nombre d'ouvrages d'arts, dont le viaduc des Eaux-Salées, chef d'œuvre de Paul Séjourné. Le projet d'électrification a toujours tenté l'opérateur historique, car la ligne peut servir d'itinéraire de détournement en cas d'incident sur la grande ligne PLM, mais la présence de 20 tunnels cumulant 5 542 m, fait vite grimper la facture, pour un trafic TER actuellement relativement faible.

La partie nord de la ligne connaît au contraire un trafic Fret important :

- desserte du grand port de Fos-sur-Mer, lequel vient de connaître des bouleversements organisationnels importants, qui pourraient conduire à ce que ce port, qui a trop longtemps souffert des grèves à répétition, connaisse enfin une fiabilité équivalente aux autres grands ports européens, avec l'espérance d'une explosion du trafic de conteneurs à Graveleau (Darse N° 2), à tel point qu'il faudra prévoir un renforcement des installations ferroviaires (projets Fos-2XL, 3XL, 4XL)
- desserte du grand port pétrolier de Lavéra, avec un important complexe pétrochimique à l'ouest de la gare de Martigues-Lavéra

13 Et malheureusement, les travaux sont bien en cours d'exécution en 1500 V, avec des pylônes caténaires neufs, après avoir soigneusement découpé les anciens qui tenaient parfaitement debout.

La ligne est électrifiée en 1500 V de Miramas à Lavalduc, bifurcation vers le port de Fos. Il existe un projet de prolongement jusqu'à Martigues-Lavéra, toujours en 1500 V, ce qui nécessiterait l'équipement du célèbre viaduc de Caronte et de sa non moins célèbre travée tournante. Mais la zone des 19 tunnels en bord de mer (le vingtième, le tunnel de l'Engrenier est au nord de Port-de-Bouc) reste encore à l'écart, alors que son équipement fiabiliserait la ligne PLM directe. Divers progrès technologiques, comme **la voie sans ballast**, ou encore **les caténaires rigides**, permettent aujourd'hui de faciliter le dégagement du gabarit électrification dans les tunnels. La voie sans ballast coûte cher en investissement, mais elle est rentable sur la durée en diminuant considérablement les frais d'entretien. Les caténaires rigides sont aujourd'hui bien au point et la DB vient d'homologuer un modèle pour 250 km/h, alors que la Côte Bleue ne dépasse jamais 110 km/h.

Rognac - Aix-en-Provence

Cette ligne à voie unique n'achemine que des trains de Fret pour Gardanne (2 trains quotidiens de bauxite depuis Fos à l'aller, et un train hebdomadaire d'alumine en retour), et Meyreuil (charbon pour la centrale électrique). La voie a été quasiment renouvelée sur les 3/4 du parcours. Il existe un projet de réouverture pour les TER, qui malheureusement ne pourront pas desservir Aix-TGV.

Ces projets s'accompagneront-ils d'une électrification ?

Dans ce cas, il faudrait prévoir une progression du 25 kV dans le complexe marseillais vers le nord, jusqu'aux portes de Miramas (exclu).

Un projet du Conseil Régional serait de sortir cette ligne du réseau national RFF, de la moderniser (sans électrification pour le moment), et de l'exploiter grâce à la Régie Régionale des Transports (RRT PACA) en cours de création pour l'exploitation des Chemins de fer de Provence (CP).

À terme, la RRT pourrait exploiter aussi en navette St-Auban - Digne et Gardanne - Trets, pour un coût d'exploitation kilométrique beaucoup plus faible que la SNCF.

Malheureusement, un obstacle important s'oppose à l'électrification de la ligne : le passage aux Milles au bout des pistes de l'aérodrome, les caténaires venant mordrent sur les dégagements aéronautiques, [14] ce qui en théorie nécessiterait l'enfouissement de la ligne sur quelques centaines de mètres, solution hors de prix, et surtout remettant en cause le profil en long et donc la construction du futur pôle multimodal du Plan d'Aillane.

RFF a donc étudié la réouverture de la ligne en gardant provisoirement l'exploitation en traction diesel de Rognac à Aix, mais le chiffre potentiel de 7000 voyageurs journaliers + le Fret, justifieraient largement l'électrification de cette ligne.

Gardanne - Trets

Deux associations militent pour la réouverture de la ligne Carnoules - Gardanne, l'une pour l'ensemble de la ligne, l'autre seulement pour la section Gardanne - Trets. La FNAUT-PACA milite pour Gardanne - Trets dans un premier temps :

- cette section fait seulement 20 km sur un total de 79 km, et ce serait un premier pas, selon l'adage "un tien vaut mieux que deux tu l'auras"
- elle est située entièrement dans le département des Bouches-du-Rhône, ce qui facilitera les formalités administratives
- le Conseil Général des Bouches-du-Rhône pourrait participer au tour de table financier
- le trafic prévisible serait le double sur cette section par rapport au reste de la ligne
- les élus du Var ne semblent pas pro-ferroviaires, et il est contre-productif de les attendre (voir la lamentable affaire du tramway de Toulon, dont le maire est justement président du Conseil Général du Var)
- aux électeurs du Var de se faire entendre auprès de leurs élus, pour une éventuelle prolongation, au moins jusqu'à Brignoles

L'arrivée à Gardanne nécessiterait la construction d'une courte voie en impasse dans l'axe du BV, pour une exploitation en navette, avec changement obligatoire pour Marseille ou Aix. La création de trains directs Marseille - Trets demanderait le doublement complet de la voie de Marseille à Gardanne, sans attendre son éventuelle électrification.

La section Gardanne - Trets pourrait être exploitée par un Train-Tramway 25 kV, certes limité à 100 km/h, mais avec beaucoup plus d'arrêts intermédiaires, alors que les axes routiers parallèles commencent à saturer.

La faible capacité de ce matériel serait compensée par une fréquence plus élevée, bien plus attractive commercialement pour les usagers. L'exploitation en navette, totalement indépendante de la ligne Marseille -

14 Il existe exactement le même problème à Hyères, pour un projet de prolongement des TER vers le bâtiment commercial de l'aérogare.

Aix, sans aucune interpénétration en service commercial avec les voies principales de cette dernière ligne, garantirait une bonne fiabilité.

Cette ligne bénéficierait de l'éventuelle construction d'une petite sous-station 25 kV à Gardanne ou à Meyreuil.

Le tunnel de la Nerthe

L'une des difficultés de la progression jusqu'à Miramas serait le grand tunnel de la Nerthe (4638 m, inauguré en 1848), qui subit régulièrement des travaux depuis ... toujours ! Le creusement de ce très long tunnel a été fait avant l'invention des moyens modernes de forage [15] à partir de 24 puits d'attaque, dont on peut apercevoir les cheminées dans la garrigue.

Prochainement, il va encore subir divers travaux pour une légère modification de gabarit pour un projet de Ferroutage, soit encore des travaux pour agir sur un seul paramètre.

Ne serait-il pas temps, à l'occasion d'une conversion au 25 kV, de moderniser ce tunnel de fond en comble, avec un gabarit conséquent, une voie sans ballast et une caténaire rigide sur la totalité du tunnel, en visant carrément le gabarit C ?

Pourquoi des voies sans ballast ?

Le complexe marseillais comporte beaucoup de tunnels électrifiés en 1500 V.

La conversion au 25 kV risque de poser des problèmes de dégagement du gabarit électrification, et la voie sans ballast fait gagner facilement 20 cm, valeur très proche de celle d'isolement (27 cm).

L'obstacle est le prix, mais il faut alors considérer :

- les économies d'entretien de la voie sur 30 ans, qui rendraient (paraît-il) la voie sans ballast rentable
- les économies sur les travaux de génie civil permises par le gain de 20 cm pour dégager le gabarit

Les traverses bi-blocs

Bien entendu, chacun connaît la voie sans ballast constituée de traverses bi-blocs équipées de chaussons élastiques (dite pose STEDEF), dont voici une vue, ci-dessous, dans la nouvelle gare d'Arenc de Marseille.



La voie sur dalle béton avec traverses bi-blocs équipées de chaussons élastiques

15 Les perforatrices à air comprimé (brevet déposé par Germain Sommeiller - ingénieur sarde né en Savoie - sur la base de l'invention de Giovanni Battista Piatti) n'apparurent sur le chantier du tunnel du Fréjus qu'en 1861 pour une inauguration en 1871.

Cette voie, relativement chère, convient parfaitement pour des vitesses importantes, comme par exemple dans le tunnel de St-Louis, voire le grand tunnel de la Nerthe (140 à 150 km/h).
En supprimant presque entièrement l'entretien, elle évite le séjour des équipes de maintenance en souterrain, améliore leur vie, et renforce donc la sécurité.

Le système Appittrak d'ALSTOM [16]

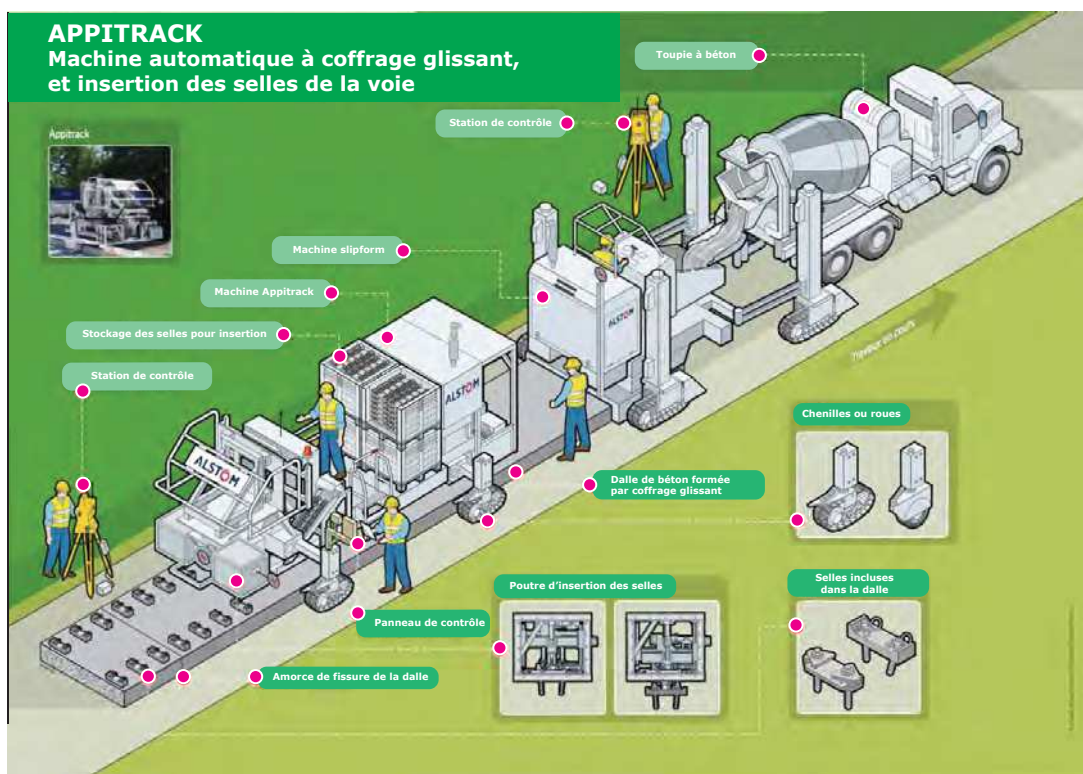
Il existe maintenant une nouvelle technique, le système APPITRAK de Alstom, qui n'a été utilisé que pour des lignes de tramways - car il offre un étage de suspension en moins par rapport à la voie bi-block - mais **qui conviendrait parfaitement à tous les petits tunnels marseillais parcourus à des vitesses relativement faibles**.

Or, ce critère de vitesse se retrouve dans la majorité des petits tunnels marseillais, hors les grandes voies principales.

Elle consiste en une machine à coffrage glissant qui laisse derrière elle une dalle de béton parfaitement calée par laser en tracé et en profil, dans laquelle on vient insérer, dans le béton encore frais, des selles métalliques avec les attaches pour la fixation de la voie. On peut choisir entre 2 modèles de selles, soit pour attaches NABLA, soit pour attaches Fast-Clip, et sans doute d'autres modèles de selles à l'étranger.

Après séchage, une semelle élastique cannelée est déposée sur la selle, puis on met en place les rails.

Cette technologie a principalement pour but de diminuer les coûts, et sa vitesse d'avancement est voisine de 150 m par jour [17]. Elle comporte un étage de suspension en moins par rapport à la voie bi-blocs.



Le système Appittrak d'ALSTOM

Ce système est sans aucun doute le plus rapide, critère intéressant pour limiter au maximum la fermeture d'une voie. Malheureusement, la machine Appittrak risque d'être un peu trop large pour travailler dans un tunnel, mais sait-on jamais, si parmi nos tunnels, l'un d'eux présentait des caractéristiques adéquates ?

Alstom serait certainement prêt à étudier une solution spécifique pour les tunnels marseillais, car l'enjeu commercial est important pour d'innombrables applications en France ou à l'étranger.

Il reste à adapter la visée laser à une mise en œuvre en tunnel, ce qui ne doit pas être trop difficile.

Le système Appittrak offre un étage de suspension en moins par rapport à la voie bi-block.

16 L'acronyme APPITRAK signifie "Automatic Plate and Pin Insert for Trackwork" soit en français : machine d'insertion de traverses et de tire-fonds pour voies ferrées.

17 Record de 403 m de voie simple en une journée sur le tramway d'Orléans.

Toutefois, il existe des modèles de selles à double étage, comme illustré sur la photo ci-dessous, prise sur un appareil de voie du métro de Singapour. (photo ALSTOM)
Ce type de selle pourrait sans doute être adapté au système Appittrak, qui gagnerait alors de nouveaux marchés.



Nous n'ignorons pas l'expérience de voie sur dalle menée entre Gisors et Serqueux, baptisée NBT (New Ballastless Track) qui est en fait le procédé Appittrak appliqué au réseau national RFF sur une longueur de 1 km avec des semelles à double étage. (Ville Rail et Transports N° 556 - 29 octobre 2013)

Pourquoi des Profilés Aériens de Contact (PAC) ?

Toujours pour les mêmes tunnels, mais aussi ceux des voies principales, les caténaires rigides peuvent faire gagner des centimètres sur le gabarit d'isolement.



Caténaire rigide Furrer+Frey AG entre 2 petits tunnels de la ligne du Haut-Bugey Bourg - Bellegarde



L'exemple en cours de conversion au 25 kV de la section de ligne Bellegarde - Genève, comprenant le grand tunnel du Crêt d'Eau (4004 m) prouve que l'on peut adapter un PAC 25 kV dans l'encombrement des anciennes caténaires 1500 V, tout en permettant de garder **une section métallique d'acheminement du courant importante** (mixte cuivre fil de contact + profilé aluminium), nécessaire pendant la phase transitoire d'alimentation en 1500 V, avant le basculement de l'alimentation en 25 kV.

RFF possède un bon retour d'expérience des PAC, avec la transversale Rive Gauche parisienne depuis 15 ans, en 1500 V (Austerlitz - Champ-de-Mars, avec la section à l'air libre de la célèbre tranchée St-Bernard), dans quelques tunnels de la ligne du Haut-Bugey depuis 2010, en 25 kV, et l'équipement actuel des tunnels de Bellegarde - Genève, ainsi que la bifurcation de Longeray.

Ce système a été homologué pour des lignes à 250 km/h par l'organe de certification des chemins de fer allemands EisenbahnCert EBC (PAC Furrer+FreyAG).

Pour plus de détails, voir les sites Internet des sociétés Galland (France) :

<http://www.galland-sas.com/fr/actualites/80-le-pac-le-produit-tendance>

ou Furrer+FreyAG (Suisse) :

<http://translate.google.fr/translate?hl=fr&sl=de&u=http://www.furrerfrey.ch/&prev=/search%3Fq%3Dfurrer%2Bfrey%26safe%3Doff%26biw%3D1673%26bih%3D1265>

Document à charger : http://www.furrerfrey.ch/dam/furrerfrey/PDFs/Stromschiene/DSS_D_low0/DSS_D_low.pdf

Le profilé aluminium semble commun aux 2 sociétés, comme si l'une était la licenciée de l'autre.

Là encore, si l'investissement au départ est plus élevé qu'une caténaire filaire (et encore, pensons au surcoût des travaux en tunnel), la rentabilité doit s'estimer sur les économies d'entretien sur 30 ans, et les économies de génie civil pour dégager le gabarit.

Le remplacement du fil de contact sur ce type de caténaire est une opération relativement simple.

Même avec une rentabilité moindre, il est avantageux de passer aux nouvelles technologies, afin **d'éviter à des ouvriers de passer des heures de travail dans des tunnels**. Je me réfère là à un responsable de la maintenance signalisation qui avait dans sa circonscription le grand tunnel de la Nerthe, fortement minoritaire en kilométrage par rapport au reste de son secteur, mais qui me déclarait avoir consacré tellement de temps à ce tunnel, qu'il avait le sentiment d'avoir passé une grande partie de sa carrière de cheminot "au fond d'un trou" !

L'adaptation des caténaires

Bien entendu, face à ma proposition de conversion du plateau marseillais en 25 kV, je ne compte plus les réactions d'étonnement, puis parfois carrément de septicisme et de désapprobation :

" Transformer tout le plateau marseillais ? Mais il faudra 20 ans ! ".

Cela fait toujours parti de ces affirmations que l'on lance à la cantonade sans jamais avoir étudié le problème. J'ai l'habitude, après avoir vécu de très près le problème du Ferroutage à la SNCF en 1993, puis les affaires "ROOS Rail" et "Équilibre" vers la fin des années 90. [18]

Tous les pylônes caténaires nécessiteront la pose d'un fil de terre, opération simple pouvant se faire sans coupure du trafic et même souvent en présence du courant de traction 1500 V.

Contrairement à l'opération Bellegarde - Genève, il n'est pas possible de supprimer tous trafics pendant des mois, pour une durée qui dans notre cas devrait être largement supérieure à 2 mois. L'idée générale est donc de garder les sections de cuivre 1500 V en l'état jusqu'au basculement général en 25 kV, et donc de conserver l'utilisation des pantographes 1500 V.

Après passage en 25 kV, il sera toujours possible de réduire la caténaire par voie d'entretien.

Pourtant, un certain nombre de simplifications pourraient avoir lieu avant de commencer à renforcer l'isolement des caténaires.

Par exemple, a-t-on vraiment besoin de 2 fils de contact sur la voie 2 entre La Pomme et l'entrée de St-Charles, alors que la majorité des trains marchent sur l'erre, ou presque ? Si par malheur un train s'arrêtait devant un signal, on pourrait simplement imposer des restrictions d'intensité ou de vitesse, sur 2 pantographes.

Cas presque identique sur la voie 1 du tunnel de St-Louis à St-Charles, pratiquement en légère descente sur la fin.

Les faisceaux de remisage en fils trolleys, l'avant gare de St-Charles, etc ...

On garde les double fils de contact en l'état, qui ne sont pas régularisés. Il faut simplement remplacer les isolateurs 1500 V sur les suspentes par des isolateurs 25 kV en matériau composite, ce que les équipes caténaires savent très bien faire après coupure du courant. Plus tard, l'un des 2 fils sera déposé.

N'oublions pas qu'au départ les fils des suspentes sont posés sans isolateurs, et qu'après tension et réglages, on vient seulement ensuite insérer les isolateurs. Insérer des isolateurs 25 kV très légers (composites travaillant dans l'axe, pas d'efforts cisailants) n'est donc pas un problème.

Les voies de service avec un fil trolley

En 1500 V, ces voies sont alimentées par une caténaire en double fil trolley, soutenus par une console métallique horizontale haubanée d'une laideur insoutenable. Cette console serait trop près du fil de contact en 25 kV. On peut fixer une petite rehausse à l'extrémité de la console, et remonter l'ensemble, ou bien encore, pour une voie unique, remplacer le tout par un montage simple qui s'inspirerait de l'armement du fil trolley régularisé.

Les herses d'alimentation, de sectionnement.

C'est sans doute une opération délicate, qui demande du temps, mais on doit pouvoir garder les blocs de motorisation Soulé, et leur commande depuis le PRCI de St-Charles.

Les voies principales, équipées d'une caténaire compound

Cette caténaire comprend 2 fils de contact en cuivre de 150 mm² chacun, un porteur auxiliaire en cuivre de 143 mm², et un porteur principal en bronze de 116 mm². Cette caténaire généreuse (559 mm²), est souvent accompagnée d'un feeder en cuivre de 250 mm², ce qui est souvent le cas des avants gares où les trains venant de démarrer accélèrent.

Afin de sauvegarder la section de cuivre pendant la période de transition, il faudra se contenter d'un renforcement de l'isolement.

Cette caténaire existe déjà, à titre d'essai, de part et d'autre de la gare de Nouan-le-Fuselier (Sologne), à mi chemin entre Orléans et Vierzon dans une zone autorisée à 200 km/h.

18 * "Le projet ASR - Autoroute Sur Rails" - Claude JULLIEN - Octobre 1993, 380 pages

* Affaire "ROOS Rail", vers 1996/98, projet d'un transporteur routier allemand, qui envoie chaque jour de nombreux camions de produits chimiques d'Allemagne vers l'Espagne, et qui voulait utiliser le Ferroutage de Toul (Lorraine) à Rivesaltes (Perpignan).

* Affaire "Équilibre", projet de l'ensemble de l'industrie de la chimie lyonnaise, la plus importante de France, sur les mêmes bases techniques que ROOS Rail, pour un trafic de camions entre Lyon et Turin, voire Milan.



Caténaire de Nouan-le-Fuselier. Avant la transformation en 25 kV, les pylônes 1500 V étaient déjà équipés d'un joug, ce qui avait permis de diminuer la taille des pylônes. Ce joug serait inutile dans la région marseillaise.

Après basculement vers le 25 kV, RFF pourra procéder la nuit à certaines simplifications sur le cuivre, ainsi qu'à la réduction du débattement latéral pour la rendre compatible avec les pantographes 25 kV, l'expérience de Bellegarde - Genève étant de la plus haute utilité. [19]

Création d'un train de travaux spécialisé

Pour gagner du temps, il faudrait prévoir un train spécialisé facilitant la conversion simultanée sur un minimum de 3 consoles, soit 9 par nuits sur une voie, sur une coupure de 6 h.

En 1500 V, la distance entre pylônes est de 63 m en ligne droite, ce qui pourrait conduire à un train de 150 m.

Ce train, constitué de wagons plats proches de la réforme, comporterait des nacelles élévatrices, un dispositif d'éclairage, un générateur électrique, et quelques bungalows de cantonnement.

La longueur de voies principales simples en caténaires compound étant d'environ 30 km, il y aurait environ 700 pylônes à traiter, soit moins de 80 nuits à raison de 5 nuits par semaine, l'été étant la saison privilégiée.

Ce train pourrait ensuite être bien utile ailleurs en France, l'urgence étant pour moi la conversion de la ligne de la Maurienne.

Les chaises de relevage, les appareils tendeurs

Le même train traiterait à l'occasion ces appareils, selon des solutions inspirées des consoles triangulées de Nouan-le-Fuselier, en utilisant au maximum les pylônes existants.

Les potences de signalisation

Certaines vieilles potences pourraient engager le gabarit 25 kV.

Les nouvelles potences en aluminium sont théoriquement posées avec des normes communes 1500 V / 25 kV.

Même en comptant large, et même très large, nous sommes loin des vingt ans de travaux annoncés par certains.

19 La ligne entre la sortie de St-Charles et l'Estaque est quasiment en ligne droite.
En attendant la modification du débattement, on utiliserait le pantographe 1500 V.

Les sous-stations

Une seule sous-station 25 kV de grande puissance suffirait pour l'ensemble du plateau marseillais, voire également pour la ligne Marseille - Aix (36 km), ce qui amènerait une grosse économie suite à la suppression de quelques sous-stations 1500 V et leurs coûteux raccordements à RTE.

Suivant son emplacement, il faudrait créer un feeder spécial entre la sous-station et la ligne Marseille - Aix, éventuellement en 2 x 25 kV.

Toutefois, si l'électrification de Marseille - Aix intervenait avant le basculement général vers le 25 kV, il faudrait construire une petite SST 25 kV à Gardanne, spécifique à cette ligne.

Conclusion générale

La possible conversion du complexe marseillais au 25 kV n'est plausible que par une vision à long terme.

Dans le cadre de la future Ligne Nouvelle PACA, RFF / SNCF nous annoncent une très forte augmentation des trafics voyageurs dans le complexe marseillais :

- passage de 40 millions de voyageurs à 100 millions avant 2030
- report de 9 millions de voyageurs de la route vers le train
- report de 1 million de voyageurs de l'avion vers le train

L'importance du nombre de trains qui en résultera, avec une augmentation de 26 à 36 trains / h en gare St-Charles ne pourra pas être assuré en toute sécurité par le 1500 V continu actuel, et il serait stupide de continuer à investir dans un système obsolète au regard des puissances appelées, sans garantie de fourniture de la puissance par EDF aux points de raccordements d'aujourd'hui.

Les électrifications projetées compliqueront encore plus le problème. Le bon sens impose le 25 kV.

À court terme

Là encore, les véritables contraintes sont avant tout financières, mais au regard des bouleversements à venir, **la préparation au 25 kV dès maintenant à l'occasion des opérations de maintenance serait peut être en réalité une source d'économies.**

Il faudrait renforcer l'isolement général des caténaires, par voie d'entretien sur l'ensemble du complexe, les sections de cuivre étant conservées en l'état, ce qui ne poserait pas de problème technique majeur.

Sur les voies parcourues à faible vitesse, soit toutes les voies du port et du Littoral, les tunnels seraient équipés de caténaires rigides isolées en 25 kV :

- | | |
|--------------------------------|-----------------|
| - tunnel de Lajout 2 | (VU, 465 m) |
| - tunnel de la Madrague | (DV, 297 m) |
| - tunnel de la Calade | (DV, 395 m) |
| - tunnel Consolat | (DV, 395 m) |
| - tunnel Soulat | (VU, 797 m) |
| - tunnel des Chartreux | (DV, 523 m) |
| - tunnels jumeaux de Marseille | (2 x DV, 223 m) |

soit un linéaire de 4928 m de voie simple.

Les circulations se feraient normalement en 1500 V continu.

Sur les voies principales, la direction de Nice ne pose pas beaucoup de problème, car les vitesses sont limitées jusqu'à la transition de la Pomme.

Le problème est plus ardu coté Paris, car très vite les trains roulent à 110 km/h jusqu'à St-Barthélémy, puis à 140 jusqu'à la Nerthe. C'est la section qui va connaître une quasi reconstruction entre la gare souterraine et la bifurcation de la LGV - Med.

Tout dépendra de l'horizon de réalisation de la gare souterraine, et si le projet apparaît trop lointain, il faudra bien se résoudre à isoler les caténaires actuelles. Ainsi, le jour venu, c'est l'ensemble du complexe marseillais qui basculerait sur le 25 kV, jusqu'à l'entrée du tunnel de la Nerthe. La possibilité du 25 kV sur la ligne d'Aix serait ainsi sauvegardée.

À plus long terme

L'électrification de la Côte Bleue se fera (... un jour ...) en 25 kV, avec une frontière électrique qui se situerait au sud de Lavalduc, dans le creux de l'ancienne gare de Plan d'Aren. Pour faciliter le dégagement du gabarit, on utilisera au maximum des voies sans ballast et des caténaires rigides. La fiabilité de la ligne PLM serait alors considérablement renforcée.

Si le complexe de Fos était converti à son tour, la transition électrique se ferait aux portes de Miramas (exclu), au sommet de la bosse qui précède Miramas (PK 811), quitte à décaler la zone en descente pour chacune des deux voies.

L'éventuelle électrification de la ligne Rognac - Aix-en-Provence se ferait naturellement en 25 kV.

L'électrification de Gardanne - Trets, exploitée en navette autonome par un Train-Tramway, pourrait ne pas dépendre du choix de Marseille - Aix, et donc choisir librement le 25 kV de toute façon.

Coté matériels roulants

Aujourd'hui, il ne reste que très peu de matériels purement 1500 V touchant le complexe marseillais.

Un contingent de BB 7200 assure des prestations vers Lyon et la Transversale Sud, mais leur réemploi ailleurs en France ne pose aucun problème. Et puis, on peut toujours emprunter dans les 200 locomotives garées à Sotteville.

Quelque ZGC Languedoc-Roussillon, exclusivement électriques 1500 V viennent à Marseille. En réalité, au cours d'une visite du nouveau Technicentre de Nîmes, je me suis aperçu que ce matériel était bien bicourant, mais pour des raisons d'économies sur la maintenance, vu que ces rames ne roulent exclusivement que sous caténaires 1500 V, le Technicentre a démonté et stocké tout l'équipement 25 kV.

Donc, aucun problème dans le futur pour venir dans le complexe 25 kV marseillais.

Par ailleurs, la totalité des locomotives PACA en cours de modification pour tracter les rames réversibles Corail ou RRR sont exclusivement des BB 22200 bicourant.

Reste le douloureux problème des 27 BGC PACA bimodes, exclusivement diesel +1500 V, une erreur commise en toute connaissance de cause par le Conseil Régional, mais ce matériel moderne reste adaptable.

Coté Fret, l'arrivée massive des exploitants privés augmente la part des trains tractés en diesel sous caténaire jusqu'à Vintimille, ce qui est la négation parfaite de toute l'histoire du rail français.

Vive l'Europe !

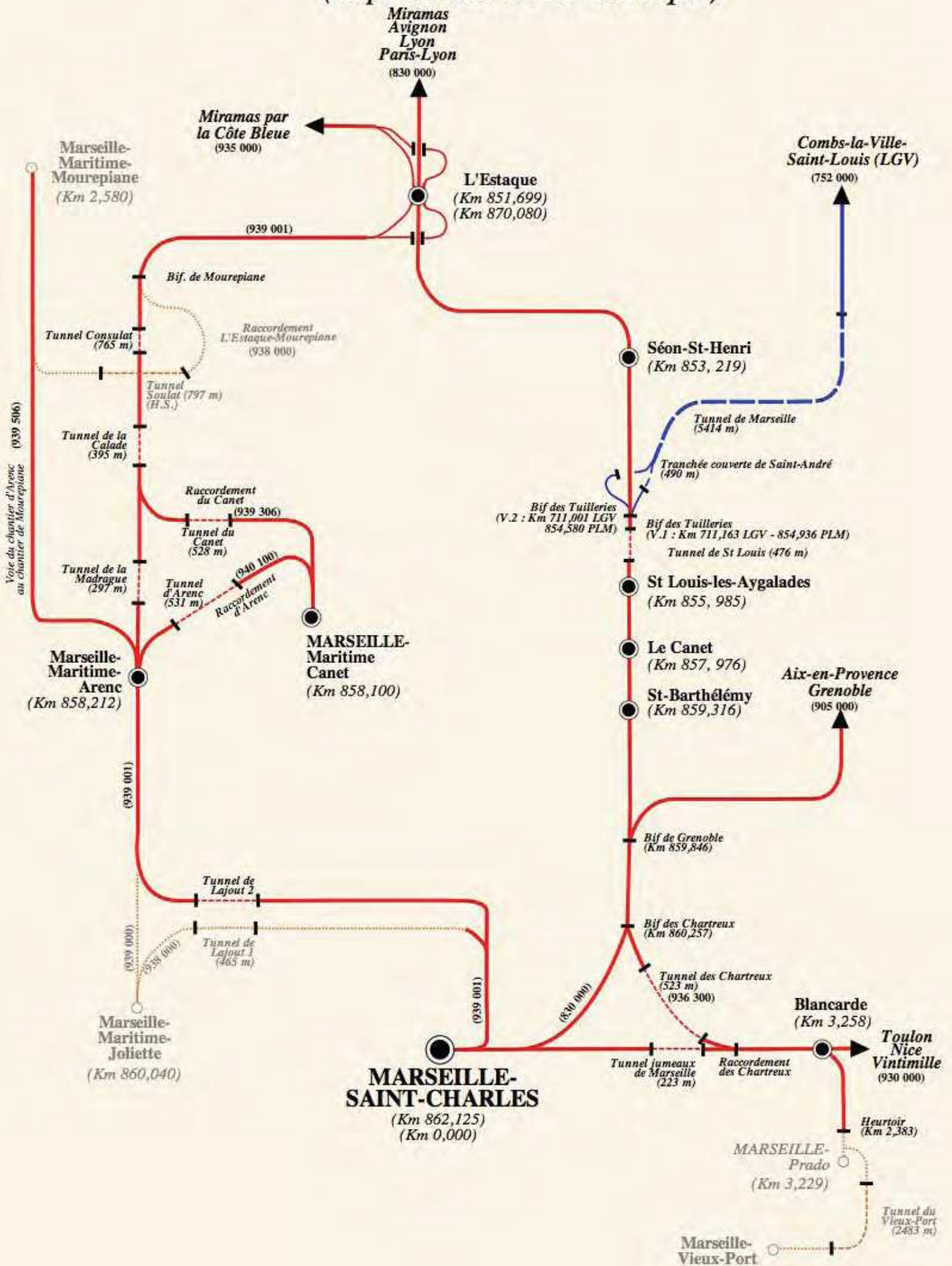
Claude JULLIEN
Vice-président de la FNAUT-PACA
Marseille - Mai 2013

Indice C le 23 Août 2014



Nœud ferroviaire de Marseille

(Représentation schématique)

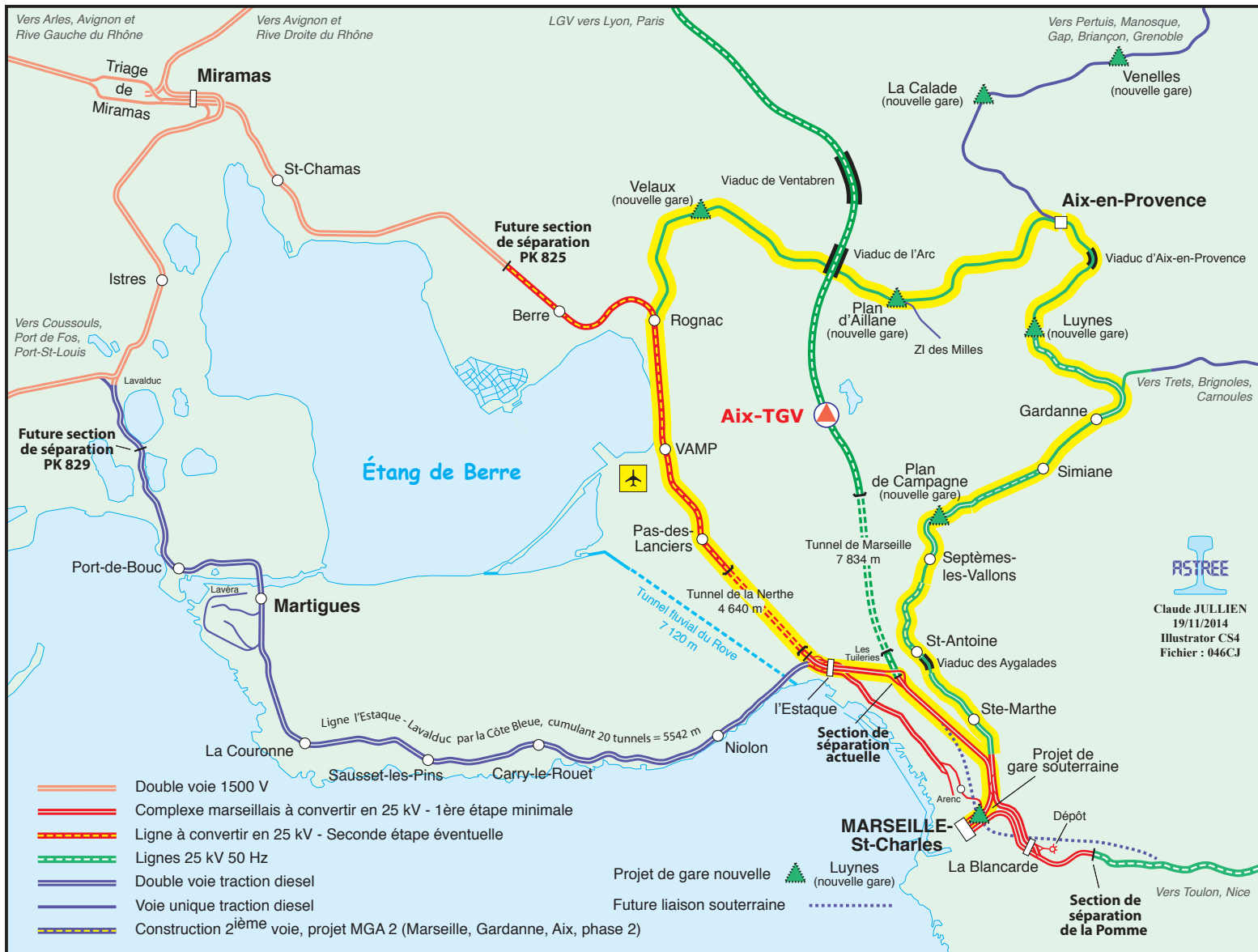


Conversion au 25 kV 50 Hz du complexe ferroviaire marseillais



Le scénario «Ring»

électrification de la boucle St-Charles, Gardanne, Aix, Rognac, St-Charles



La carte ci-dessus se place dans l'hypothèse où à la suite de divers événements survenus dans la région marseillaise : électrification de Marseille - Aix, électrification complète du "Ring", construction de la gare souterraine St-Charles, la décision est prise de faire basculer l'ensemble du complexe ferroviaire marseillais en 25 kV.