

Analyse de dangerosité des Passages à Niveau

Etude du cas de la Réouverture d'une ligne

de transport de marchandises

au service de voyageurs

Introduction

A partir du guide établi par le exRFF ci-dessous référencé, intitulé « Etude de sécurité aux passages à niveau pour les projets de réouverture de ligne au trafic voyageurs, nous rappelons les objectifs: « Une ligne réouverte au service des voyageurs doit présenter très peu de risques d'accidents liés à la traversée de la ligne par les usagers de la route et les piétons. De même, cette ligne ne doit pas modifier la tendance à la baisse du nombre d'accidents aux passages à niveau du réseau ferré national.

Objectif de sécurité pour l'ensemble des traversées de la ligne

L'objectif de sécurité pour l'ensemble des traversées de la ligne réouvert s'exprime comme suit : le risque de décès aux traversées au droit des PN doit être dix fois plus faible que celui observé sur une ligne ferroviaire équivalente.

Une ligne équivalente est définie comme une ligne à trafic voyageurs dont la vitesse de circulation est comprise entre 90 et 140 km/h avec un minimum de 30 trains par jour (trafic minimum fixé pour évaluer les risques).

La valeur du niveau à ne pas dépasser est calculée à partir des données statistiques sur 10 ans sur le nombre de décès par an et par km de ligne aux passages à niveau : soit un niveau de $3,3 \cdot 10^{-4}$ par an et par km de ligne réouvert .

Pour chaque traversée, le niveau de risque ne doit pas dépasser le risque moyen d'un PN du RFN.

En tenant compte des données statistiques sur le nombre de décès par an aux PN du RFN (sur 10 ans), le risque pour chaque PN conservé doit être inférieur à $5 \cdot 10^{-3}$ par an.

Méthode d'évaluation des risques

La méthode permet d'évaluer, a priori, le risque pour chaque PN une fois la ligne réouverte, en partant du principe que chaque PN conservé est amélioré sous l'angle de la sécurité.

Pour évaluer les risques, il faut estimer les trafics routiers et ferroviaires 10 ans après la réouverture de la ligne (dans tous les cas, le nombre de trains minimum à prendre en compte est de 30 trains/ jour).

L'analyse des bases de données accidents montre que le nombre d'accidents dépend du moment du PN ainsi que de la vitesse des trains.

Les différentes études d'accidentologie (CETE/CEREMA, INRETS/IFSTTAR,..) montrent en outre que les causes principales d'accidents de la circulation sont la vitesse d'approche (des véhicules), la visibilité du PN, mes remontées de file, le profil en long et le tracé en plan. A cette énumération, il faut ajouter la problématique des piétons.

La méthode d'évaluation combine :

- Une méthode quantitative : en se basant sur les données statistiques des PN du RFN (sur 10 ans) pour évaluer, pour chaque passage à niveau, l'occurrence et la gravité d'une collision à partir du moment et de la vitesse des trains ;
- Complétée par une méthode qualitative : pour adapter l'occurrence calculée d'une collision à la configuration du passage à niveau, ses abords et ainsi estimer les risques liés à la vitesse d'approche, la visibilité, les remontées de file, la géométrie et aux piétons. Ces risques sont évalués sur la base d'un diagnostic de chaque PN (grille SETRA). La méthode qualitative a été calibrée sur plus de 60 PN ouverts à la circulation des trains.

L'ensemble permet de déterminer un niveau de risques « complet » pour chaque PN de la ligne dont le résultat est présenté dans le tableau suivant :

Risque		Gravité			
		0,05	0,1	0,5	1
Occurrence	0,100	Acceptable	Inacceptabile	Inacceptabile	Inacceptabile
	0,050	Acceptable	Acceptable	Inacceptabile	Inacceptabile
	0,010	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptabile
	0,001	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

Source : RFF, « Etude de sécurité aux passages à niveau pour les projets de réouverture de ligne au trafic voyageurs », réf. RFN-NG-IF 03 D-01-n°001 rapport du 29 mars 2011.

Chaque PN conservé doit supporter un risque acceptable selon les paramètres de gravité et d'occurrence du tableau ci-dessus.

Le cas de la réouverture de la ligne Aix - Rognac

Le projet de réouverture au service des voyageurs de la ligne de chemin de fer Rognac à Aix en Provence repose le problème de la dangerosité des passages à niveau de cette ligne. Cette ligne

exploitée avec des trains de marchandises, de 25,3 km entre la gare de Rognac et la gare d'Aix comporte 8 passages à niveau ouverts à la circulation.

Hypothèses de trafic

Les trafics ferroviaires prévus en situation de référence 2020 proviennent de l'étude CAPAIX de capacité de l'étoile d'Aix – rapport phase 3, SMA-BG, mai 2012. Les hypothèses maximalistes du scénario A* ont été retenues soit un trafic ferroviaire de 48 trains/jour/PN (sauf pour le PN9).

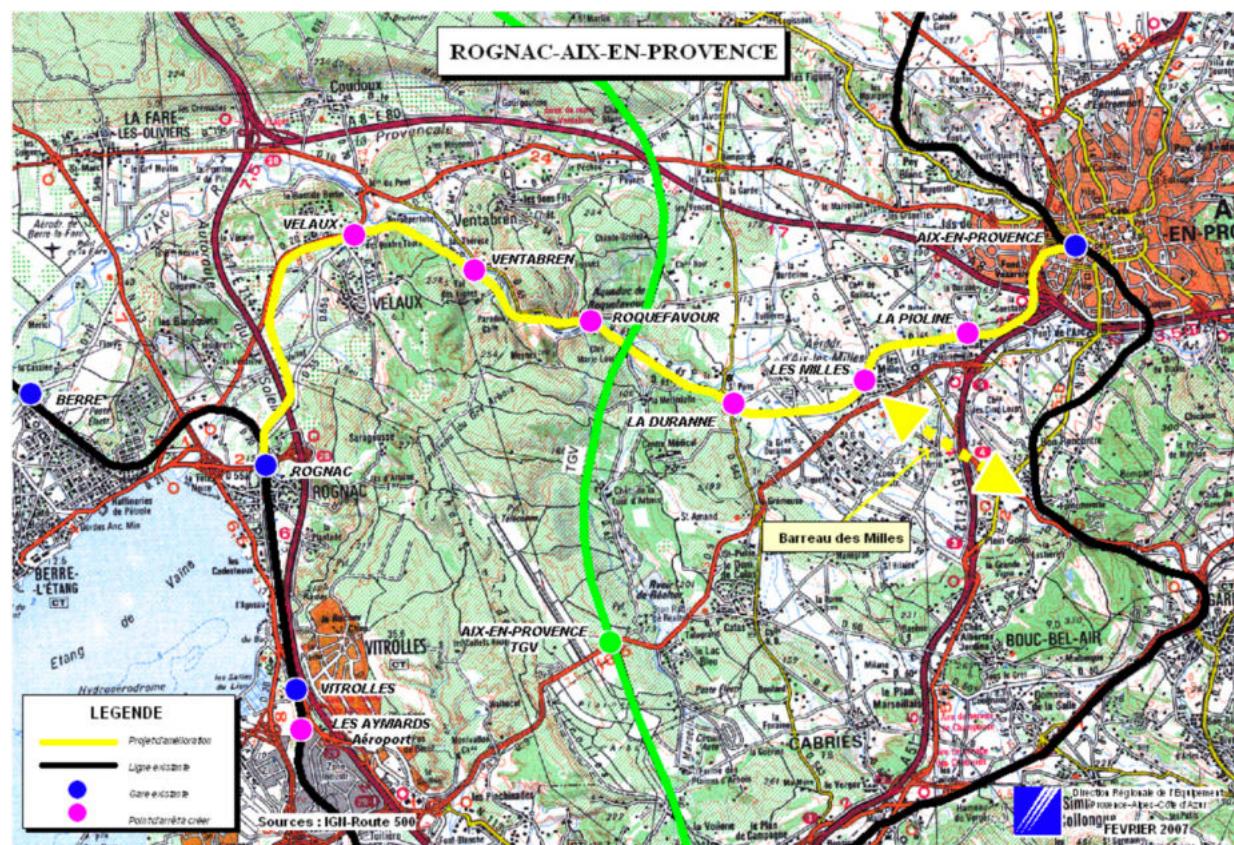
Les trafics routiers sont ceux de 2010 pour les trafics actuels. Les trafics routiers en situation de référence 2020 ont été déterminés pour les PN avec trafic routier élevé (PN3, PN6, PN7, PN8, PN9) selon la note méthodologique de RFF sur les bilans socio-économiques :

Taux d'évolution annuel du trafic routier = Elasticité Mode routier au PIB*PIB Région PACA = $0,9 \times 1,39\% = 1,25\%$

Ainsi le trafic en situation de référence est obtenu :

$$\text{Trafic}_{2020} = \text{trafic}_{2010} \times 1,0125^{10}$$

Etude de la dangerosité des PN



http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rognac_aix_cle72249f.pdf

Le PN 1

Le PN 1, passage à niveau de type SAL 2 « champ », est situé au PK 2,455 de la ligne Rognac – Aix et sur la RD 55. Ce PN n'est emprunté que par les agriculteurs accédant aux parcelles situées entre la RD 55 et l'autoroute.

Situation actuelle :

- Vitesse des véhicules : une vitesse de 30 km/ h est retenue en raison du revêtement du chemin agricole d'un côté du PN et de l'accès à angle droit pour arriver de la RD 55 de l'autre côté du PN. L'étude attribue à ce critère la **note 0**.

- Visibilité : voies de gauche (chemins agricoles), la végétation en présence peut masquer le PN. Voie de droite (RD 55) le tracé en courbe entraîne une mauvaise visibilité. Les feux R24 perpendiculaires à la voie ferrée ne sont pas toujours visibles des conducteurs provenant de la RD 55 parallèle à la voie ferrée. L'étude attribue à ce critère la **note 1**.

- Profil en long/tracé en plan : le profil en long est en légère pente et le revêtement de part et d'autre du PN est en mauvais état ou absent côté chemins agricoles. La **note 1** est attribuée à ce profil.



Le PN 1 vu des chemins agricoles

Sur la RD 55, 4 accidents dont 2 mortels sont survenus depuis 2005. Ce PN étant très proche de cette route avec un panneau « Cédez le Passage », cette proximité est un facteur de risque. L'étude propose des aménagements pour améliorer l'environnement de ce PN et ainsi baisser les notes estimées des critères ci-dessus.

Situation après aménagement :

- Interdire de tourner à gauche, création d'une voie d'insertion pour aller vers le PN en venant de Velaux et une voie d'insertion sur la RD 55 pour aller vers Rognac en sortant du PN.
- Les véhicules traversant le PN et souhaitant aller vers Velaux au nord devront d'abord s'insérer à droite sur la RD 55 et effectuer le demi tour au giratoire situé au sud à 1,2 km.
- Les véhicules venant de Rognac devront aller faire demi-tour au giratoire situé au nord à 1 km.

Visibilité : supprimer les masques à la visibilité aux abords du PN (végétation) et entretien des abords par élagage et dégagement de la route en approche et au droit du PN.

- Renforcer la perception des équipements du PN en implantant un Panneau à Message Variable PMV au niveau de la voie d'insertion à 300 m avant le PN.
- Rajouter des feux R24 orientés vers les véhicules venant de la RD 55.

Après avoir pris les mesures ci-dessus la **note 1** attribuée à ce critère est abaissée à la **note 0**.

Profil en long / tracé en plan : modification du tracé routier pour limiter le risque et favoriser la perception du PN.

- Poser un revêtement à haute adhérence dans les zones de freinage.

Après avoir pris les mesures ci-dessus, ce critère voit sa **note 1** ramenée à la **note 0**.

L'ensemble des notes relatives à la vitesse d'approche des véhicules, la visibilité et le profil en long/tracé est ramené à la valeur 0.

L'estimation de l'occurrence devient ainsi après aménagements :

Collision par an : $3,4 \cdot 10^{-4} \times 10^{0,6028} = 13,623 \cdot 10^{-4} = \mathbf{1,36. 10^{-3}}$

Occurrence ajustée : $0,5 \times 13,623 \cdot 10^{-4} = \mathbf{6,81. 10^{-4}}$

Estimation de la gravité

Gravité / collision : $2,44 \cdot 10^{-3} \times 110 = \mathbf{2,68. 10^{-1}}$

Risque : occurrence x gravité : $6,81 \cdot 10^{-4} \times 2,68 \cdot 10^{-1} = \mathbf{1,83. 10^{-4}}$

Ce risque est inférieur au risque limite de **5. 10⁻³**

Le PN 3

Le PN 3 se situe au PK 6,571, de type « SAL2 en agglomération », dans la commune de Velaux, sur la D 20 qui permet de relier le Nord et le Sud de cette commune. Une vue aérienne (figure 7 de l'étude INEXIA-SYSTRA ci-dessous référencée et la visite sur site du 21 août montrent que

ce PN très fréquenté est situé entre deux giratoires, le giratoire au Nord de la voie ferrée est très près du PN.



Le PN 3 à Velaux, le giratoire au sud du PN

Ces giratoires peuvent être source d'un phénomène de queue au droit du passage à niveau.

Situation actuelle :

- Vitesse d'approche : elle est comprise entre 30 et 50 km/heure, l'étude lui attribue la **note de 1**.
- Visibilité : les usagers du rond point Nord peuvent être surpris par la proximité du PN situé après une courbe. Côté sud du PN les usagers provenant de l'Avenue Baptistein Anglès, peuvent aussi être surpris par la proximité du PN situé à 50 m du tourne à droite sur la D 20. Ce manque de visibilité du PN de part et d'autre, conduit à attribuer à ce critère la **note 2**.
- Profil en long / tracé en plan : le profil routier est en légère pente et le revêtement en état moyen aux abords du PN ce qui conduit à attribuer à ce critère la **note 1**.



Le PN 3 à Velaux un seul trottoir

- Remontée de file : le risque de remontée de file est très fort entre les deux giratoires en raison d'un panneau « Cédez le Passage » sur le giratoire Sud et d'un tourne à gauche vers l'Avenue Baptistin Anglès, c'est à dire une remontée de file dans les deux sens de circulation sur la D 20 au droit du PN 3. Ceci contribue à attribuer à ce critère **la note 4**.

- Piétons / modes doux : il existe un seul trottoir pour la traversée du PN 3, un arrêt de bus, des commerces et pavillons à proximité. Ceci contribue à attribuer à ce critère **la note 2**.

Le PN 3 représente un risque routier très important en raison de son moment très élevé soit 119259 dans la situation actuelle et 720179 dans la situation de référence.

L'estimation de l'occurrence devient en situation de référence :

Pour les moments supérieurs à 40 000, le nombre de collisions par an est donné par :

$$1,67 \cdot 10^{-4} \times \text{Moment}^{0,4529} + 3,64 \cdot 10^{-5} \times \text{Vtrains} :$$

le moment en situation de référence est égal à : 720179

$$1,67 \cdot 10^{-4} \times 720179^{0,4529} + 3,64 \cdot 10^{-5} \times 110 = 790,886 \cdot 10^{-4} \text{ ou } 7,91 \cdot 10^{-2}$$

Le nombre de collision par an (moment > 40 000) est donc de **7,91. 10⁻²**

Occurrence ajustée : $5 \times 7,91 \cdot 10^{-2} = 3,95 \cdot 10^{-1}$

Estimation de la gravité par collision :

$$0,0792 \times V_{train} - 90 / V_{train} - 90 \times V_{train} - 90^{0,25} + 0,248$$

$$0,16748 + 0,248 = 4,15. 10^{-1}$$

Risque : occurrence x gravité : $3,95. 10^{-1} \times 4,15. 10^{-1} = 1,64. 10^{-1}$

Ce risque est très supérieur au risque limite de $5. 10^{-3}$



Le PN 3 à Velaux

Le PN 4

Le PN 4 est situé au PK 7,179 dans une zone périurbaine de Velaux. Ce PN de 2^{ième} catégorie est signalé par une Croix de St André et des panneaux « Stop » AB4 pour chaque sens de circulation routière. Il permet de relier le chemin revêtu de Roquepertuse au sud au chemin rural du Moulin au nord et dessert quelques habitations et des champs.

Situation actuelle :

- Vitesse d'approche : cette vitesse est supposée inférieure à 30 km/h , les chemins étant parallèles à la voie ferrée obligent à ralentir pour tourner, il est attribué à ce critère une **note 0**.

- Visibilité : les voies routières étant parallèles à la voie ferrée on considère un effet de surprise pour les usagers qui tournent vers le PN qui n'a pas de signalisation lumineuse, il est attribué à ce critère **une note 1**.

- Profil en long/tracé : en raison du parallélisme des voies routières ainsi que du profil en pente vers le chemin du Moulin, il est attribué à ce critère **une note 1**.



Le PN 4

Situation après aménagements :

En faisant l'hypothèse que le PN 5 suivant sera supprimé et que les usagers qui l'empruntent se rabattront sur le PN 4, les notes des critères ci-dessus sont revues :

- Vitesse d'approche : cette vitesse est toujours considérée comme inférieure à 30 km/h.

- Visibilité : pour améliorer la visibilité du PN 4 et matérialiser l'arrêt des véhicules le PN sera équipé en SAL 2 avec des feux à diodes orientés vers les différentes voies arrivant sur le PN, une télésurveillance, y compris bris de barrières. Ces améliorations permettent d'attribuer à ce critère la **note 0**.

- Profil en long / tracé en plan : la modification du tracé ou du profil n'étant pas envisagé, la note 1 attribuée à ce critère précédemment ne pourra pas être abaissée.

- Circulation modes doux : ce critère n'entre pas dans l'étude de dangerosité néanmoins l'étude propose de matérialiser sur le platelage du PN 4 une bande 70 cm de large minimum par un marquage horizontal (peinture blanche) pour le passage des modes doux.

L'estimation de l'occurrence devient ainsi après aménagements du PN 4 SAL 2 « Champs »:

Collision par an : $3,4 \cdot 10^{-4} \times 180^{0,6028} = 77,79 \cdot 10^{-4} = 7,78 \cdot 10^{-3}$

Occurrence ajustée : $0,5 \times 7,78 \cdot 10^{-3} = 3,89 \cdot 10^{-3}$

Estimation de la gravité

Gravité / collision : $2,44 \cdot 10^{-3} \times 110 = 2,68 \cdot 10^{-1}$

Risque : occurrence x gravité : $3,89 \cdot 10^{-3} \times 2,68 \cdot 10^{-1} = 1,04 \cdot 10^{-3}$

Ce risque est inférieur au risque limite de $5 \cdot 10^{-3}$

Le PN 5

Le PN 5, de 2^{ième} catégorie (type croix de St André) avec des panneaux Stop Ab4, est situé au PK 8,389 dans une zone périurbaine de la commune de Velaux à environ 1 km du PN 4 : il dessert les champs et le lieu dit La Thérèse par le chemin du Moulin. Une seule habitation se trouve à proximité.



Le PN 5

Situation actuelle :

- Vitesse d'approche : la vitesse étant supposée inférieure à 30 km/h, il est attribué à ce critère la **note 0**.

- Visibilité : les voies routières qui mènent à ce PN sont parallèles à la voie ferrée. Le chemin du Moulin menant au PN 5 est en pente vers le PN et il faut faire un virage à 90° pour le traverser. Les panneaux « Stop » ne sont pas visibles en arrivant de quelques directions. Il est attribué à ce critère la **note 1**.

- Profil en long / tracé en plan : le parallélisme des chemins du Moulin et de Roquepertuse avec la voie ferrée et le profil en long en pente du chemin du Moulin font que l'on attribue à ce critère la **note 1**.

L'estimation de l'occurrence devient ainsi sans aménagements du PN 5 « Champs » :

Collision par an : $3,4 \cdot 10^{-4} \times 110^{0,6028} = 57,81 \cdot 10^{-4} = 5,78 \cdot 10^{-3}$

Occurrence ajustée : $1 \times 5,78 \cdot 10^{-3} = 5,78 \cdot 10^{-3}$

Estimation de la gravité

Gravité / collision : $2,44 \cdot 10^{-3} \times 110 = 2,68 \cdot 10^{-1}$

Risque : occurrence x gravité : $5,78 \cdot 10^{-3} \times 2,68 \cdot 10^{-1} = 1,55 \cdot 10^{-3}$

Ce risque est inférieur au risque limite de **5. 10⁻³**

Le PN 6

Le PN 6 est un PN hors agglomération équipé en SAL 2, se situe au PK 14,592 sur la commune d'Aix en Provence à quelques mètres de la RD 65 et permet de rejoindre la route de la Tour d'Arbois vers la gare du TGV d'Aix en Provence et c'est aussi un « Accès secours ».

Situation actuelle :

- Vitesse d'approche : la vitesse d'approche est inférieure à 30 km/h car on doit tourner à angle droit pour passer de la RD 65 à la route de la Tour d'Arbois et inversement, on attribue à ce critère la **note 0**.

- Visibilité : côté RD 65, route du Petit Moulin, les couloirs qui mènent à ce PN sont parallèles à la voie ferrée ce qui peut engendrer un effet de surprise qui contribue à attribuer à ce critère la **note 1**.

- Profil en long / Tracé en plan : seulement quelques mètres séparent la RD 65 du PN sur laquelle la vitesse est limitée à 90 km/h ce qui contribue à attribuer à ce critère la **note 2**.

En situation de référence, les calculs basés sur ces notes montrent que le PN 6 engendre un risque inacceptable ($8,79 \cdot 10^{-3}$ pour un risque limite de $5 \cdot 10^{-3}$).

Pour réduire le risque de ce PN 6 l'étude propose deux options :

- la suppression du PN 6,

- l'aménagement de couloirs d'insertion sur la RD 65 pour arriver et traverser le PN dans les meilleures conditions ce qui amène à élargir la plateforme routière de part et d'autre de ce PN.

Situation après aménagement :

- Vitesse d'approche : la vitesse est considérée comme inférieure à 30 km/h d'où une note inchangée.

- Visibilité : les voies d'insertion permettent d'anticiper et d'être vigilant à l'approche du PN : des PMV pourront être implantés au début des voies d'insertion, avertissant les automobilistes de la présence du PN et de son état ouvert ou fermé. Cette amélioration permet d'attribuer à ce critère la **note 0**.



Le PN 6 et la route de la Tour d'Arbois

- Profil en long / tracé en plan : l'adoption des couloirs d'insertion permet d'éviter le risque de remontée de file néanmoins ces couloirs sont parallèles à la voie ferrée. On attribue à ce critère la **note 1** (abaissée de 2 à 1).

- Piétons / modes doux : on prévoit sur le platelage du PN 6 une bande de 70 cm de large minimum signalée par une ligne blanche.

L'estimation de l'occurrence devient ainsi après aménagements du PN 6 type SAL 2 « hors agglomération » :

$$\text{Collision par an : } 2,67 \cdot 10^{-4} \times \text{Moment}^{0,4726} + 3,08 \cdot 10^{-5} \times Vtrain \\ 2,67 \cdot 10^{-4} \times 23712^{0,4726} + 3,08 \cdot 10^{-5} \times 110 = \mathbf{3,46 \cdot 10^{-2}}$$

$$\text{Occurrence ajustée : } 0,1 \times 3,46 \cdot 10^{-2} = \mathbf{3,46 \cdot 10^{-3}}$$

Estimation de la gravité

$$\text{Gravité / collision : } 2,97 \cdot 10^{-7} \times Vtrain^3 - 7,92 \cdot 10^{-5} \times Vtrain^2 + 7,43 \cdot 10^{-3} \times Vtrain \\ = 2,97 \cdot 10^{-7} \times 110^3 - 7,92 \cdot 10^{-5} \times 110^2 + 7,43 \cdot 10^{-3} \times 110 \\ = \mathbf{2,54 \cdot 10^{-1}}$$

$$\text{Risque : occurrence x gravité : } 3,46 \cdot 10^{-3} \times 2,54 \cdot 10^{-1} = \mathbf{8,79 \cdot 10^{-4}}$$

Ce risque est inférieur au risque limite de **5. 10⁻³**



Le PN 6, la route du Petit Moulin et de la Tour d'Arbois au - delà du PN

Le PN 7

Le PN 7 hors agglomération équipé en SAL 2, est situé au PK 15,789 sur la commune d'Aix en Provence sur la route d'Apt ou RD 543. Le trafic actuel est élevé (7787 véhicules/jour).

Situation actuelle :

- Vitesse d'approche : la vitesse est supposée comprise entre 50 et 70 km/h, ce critère s'est vu attribuer la **note 2**.



Le PN 7 et la courbe de la route d'Apt

- Visibilité : la route d'Apt au nord de la voie ferrée la longe parallèlement d'où un effet de surprise en tournant à angle droit pour traverser le PN 7 qui se traduit par l'attribution pour ce critère de la **note 1**.

- Profil en long / tracé en plan : ce PN 7 est à quelques mètres de l'intersection de la route d'Apt et de la route d'Aix dont les usagers doivent marquer un stop avant de s'engager sur la route d'Apt. Par ailleurs la route d'Apt est parallèle à la voie ferrée les usagers doivent tourner à angle droit pour traverser le PN 7 qui présente à ce niveau 2 voies ferrées.

Estimation de l'occurrence du PN 7 type SAL 2 « hors agglomération »:

$$\text{Collision par an} : 2,67 \cdot 10^{-4} \times \text{Moment}^{0,4726} + 3,08 \cdot 10^{-5} \times Vtrain$$
$$2,67 \cdot 10^{-4} \times 423216^{0,4726} + 3,08 \cdot 10^{-5} \times 110 = \mathbf{1,25 \cdot 10^{-1}}$$

Occurrence ajustée : $1 \times 1,25 \cdot 10^{-1} = \mathbf{1,25 \cdot 10^{-1}}$

Estimation de la gravité

Gravité / collision : $2,97 \cdot 10^{-7} \times V_{train}^3 - 7,92 \cdot 10^{-5} \times V_{train}^2 + 7,43 \cdot 10^{-3} \times V_{train}$

$$= 2,97 \cdot 10^{-7} \times 110^3 - 7,92 \cdot 10^{-5} \times 110^2 + 7,43 \cdot 10^{-3} \times 110$$

$$= \mathbf{2,54 \cdot 10^{-1}}$$

Risque : occurrence x gravité : $1,25 \cdot 10^{-1} \times 2,54 \cdot 10^{-1} = \mathbf{3,18 \cdot 10^{-2}}$

Ce risque est bien supérieur au risque limite de **5. 10^{-3}**



Le PN 7 et la route d'Apt, à droite le stop sur la route d'Aix

Le PN 8

Le PN 8, de type SAL 2 « hors agglomération », est situé au PK 16,983, il est sur la RD 65 ou rue du Lieutenant Parayre, au sud du PN 8 le chemin de La Valette se branche sur la RD 65, ses usagers devant marquer un stop avant de s'engager sur la RD 65 et le PN 8 ou se diriger vers le sud. Ce PN est très fréquenté (7414 véhicules / jour) en raison de la proximité d'une zone d'activité qui doit encore se développer.

Situation actuelle :

- Visite d'approche : la vitesse est supposée supérieure à 70 km/h (limitée à 90 km/h), on attribue à ce critère la **note 5**.

- Visibilité : le PN 8 situé sur la RD 65 en ligne droite se présente aux automobilistes sous une bonne visibilité. Le chemin de la Valette se branche sur la RD 65, les usagers doivent respecter un panneau « Stop » AB4 situé à l'intersection des deux routes. Ainsi ces usagers arrivent sur le PN 8 à vitesse réduite et ont le temps d'anticiper l'approche du PN. L'étude attribue à ce critère la **note 0**.



Le PN 8 sur la RD 65

- Profil en long tracé en plan : la RD 65 est en ligne droite au niveau du PN et le profil en long n'a pas de pente. L'étude attribue à ce critère la **note 0**.

- Remontée de file : en raison du tourne à gauche vers le Chemin de La Valette un risque de remontée de file existe sur la RD 65.

Estimation de l'occurrence du PN 8 type SAL 2 « hors agglomération »:

$$\text{Collision par an} : 2,67 \cdot 10^{-4} \times \text{Moment}^{0,4726} + 3,08 \cdot 10^{-5} \times Vtrain \\ 2,67 \cdot 10^{-4} \times 402943^{0,4726} + 3,08 \cdot 10^{-5} \times 110 = \mathbf{1,224 \cdot 10^{-1}}$$

Occurrence ajustée : $4 \times 1,224 \cdot 10^{-1} = \mathbf{4,9 \cdot 10^{-1}}$

Estimation de la gravité

$$\begin{aligned}
 \text{Gravité / collision : } & 2,97 \cdot 10^{-7} \times V_{\text{train}}^3 - 7,92 \cdot 10^{-5} \times V_{\text{train}}^2 + 7,43 \cdot 10^{-3} \times V_{\text{train}} \\
 & = 2,97 \cdot 10^{-7} \times 110^3 - 7,92 \cdot 10^{-5} \times 110^2 + 7,43 \cdot 10^{-3} \times 110 \\
 & = \mathbf{2,54 \cdot 10^{-1}}
 \end{aligned}$$

Risque : occurrence x gravité : $4,9 \cdot 10^{-1} \times 2,54 \cdot 10^{-1} = \mathbf{1,24 \cdot 10^{-1}}$

Ce risque est bien supérieur au risque limite de $5 \cdot 10^{-3}$

Le PN 9

Le PN 9, de type SAL 2 « en agglomération », se situe au PK 18,617 dans le village des Milles ou commune d'Aix en Provence. Le trafic actuel (3374 véhicules /jour) est moyen. La réouverture du Mémorial des Milles va engendrer un trafic supplémentaire. La particularité de ce PN est de concentrer un fort trafic de poids lourds en raison de la proximité d'usines.



Le PN 9 au Milles

Situation actuelle :

- Vitesse d'approche : la vitesse pratiquée est faible en raison de la présence d'un giratoire pour ceux qui arrivent du centre ville situé à 20 m du PN 9. Les usagers venant du Chemin des Déportés doivent respecter un panneau « Cédez le Passage » à l'intersection avec le chemin de la Badesse lequel arrive après le PN sur le giratoire présentant un panneau « Cédez le Passage ». La vitesse est supposée inférieure à 30 km/h, on attribue à ce critère la **note 0**.

- Visibilité : pour les usagers venant du centre-ville, le PN 9 n'est visible qu'en sortie du giratoire soit à 20 m. Depuis le chemin des Déportés qui longe en parallèle la voie ferrée plusieurs obstacles peuvent gêner la perception du PN 9 dont la végétation et des panneaux. Le lever et coucher du soleil, le chemin de la Badesse étant orienté Est – Ouest, peuvent aussi perturber la vision des usagers aux abords du PN.

On attribue à ce critère la **note 3**.

- Profil en Long / tracé en plan : l'intersection proche du PN entre le Chemin des Déportés et le Chemin de la Badesse et le giratoire permettent d'attribuer à ce critère la **note 1**.

- Remontée de file : le risque de remontée de file est fort compte tenu de la proximité du giratoire. Il est attribué à ce critère la **note 4**.

- Piétons / modes doux : des piétons et des cyclistes utilisent ce PN 9 situé en milieu urbain, un arrêt de bus se situe à 30 m au niveau du giratoire, ceci contribue à attribuer à ce critère la **note 2**.

Le PN 9 représente un risque routier très important en raison de son moment élevé soit 43862 dans la situation actuelle et 351440 dans la situation de référence.

L'estimation de l'occurrence devient en situation de référence :

Pour les moments supérieurs à 40 000, le nombre de collisions par an est donné par :

$$1,67 \cdot 10^{-4} \times \text{Moment}^{0,4529} + 3,64 \cdot 10^{-5} \times V\text{trains}$$

le moment en situation de référence est égal à : 351466

$$1,67 \cdot 10^{-4} \times 351466^{0,4529} + 3,64 \cdot 10^{-5} \times 110 = 542,55 \cdot 10^{-4} + 40 \cdot 10^{-4} \text{ ou } 5,82 \cdot 10^{-2}$$

Le nombre de collision par an (moment > 40 000) est donc de **5,82. 10⁻²**

Occurrence ajustée : $5 \times 5,82 \cdot 10^{-2} = 2,91 \cdot 10^{-1}$

Estimation de la gravité par collision :

$$0,0792 \times V\text{train} - 90 / \sqrt{V\text{train} - 90} + 0,248$$

$$0,16748 + 0,248 = 4,15 \cdot 10^{-1}$$

Risque : occurrence x gravité : $2,91 \cdot 10^{-1} \times 4,15 \cdot 10^{-1} = 1,20 \cdot 10^{-1}$

Ce risque est très supérieur au risque limite de **5. 10⁻³**

Dangerosité de la ligne

La ligne doit respecter dans sa globalité certaines valeurs limites de risque :

Risque limite /PN :	$5 \cdot 10^{-3}$ tués/PN
Longueur de la ligne :	25 km

Le risque associé à l'ensemble des PN de la section aménagée ne doit pas dépasser $1/10^{\text{ième}}$ du risque moyen d'une ligne comparable du RFN :

Risque limite /km :	$3,3 \cdot 10^{-4}$ tués/an
Risque limite global :	$8,25 \cdot 10^{-3}$ tués/an

Le risque global de la ligne est comparé dans les différents scénarios étudiés au risque limite de $8,25 \cdot 10^{-3}$ tués/an/25 km de ligne.

Situation de référence 2020

Cette situation correspond au maintien de tous les PN en tenant compte de l'augmentation du trafic routier et ferroviaire. Dans cette configuration 4 PN (PN 3, PN 7, PN 8, PN 9) présentent un risque non acceptable et le risque global de la ligne reste bien supérieur à la valeur limite.

Risque par PN	Référence 2020	Statut
PN 1	$3,66 \cdot 10^{-4}$	OK
PN 3	$1,64 \cdot 10^{-1}$	Risque
PN 4	$1,18 \cdot 10^{-3}$	OK
PN 5	$1,55 \cdot 10^{-3}$	OK
PN 6	$8,79 \cdot 10^{-3}$	Risque
PN 7	$3,18 \cdot 10^{-2}$	Risque
PN 8	$1,24 \cdot 10^{-1}$	Risque
PN 9	$1,13 \cdot 10^{-1}$	Risque
Total	$4,45 \cdot 10^{-1}$	Risque

Deux scenarii sont envisagés par l'étude INEXIA ci-dessous référencée, le premier consiste en la suppression de tous les PN mais cette solution est trop onéreuse ; on considère donc le scenario 2.

Scenario 2 : maintien des PN 1, 4 et 6

Après avoir aménagé ces PN, chaque PN présente un risque limite acceptable, le risque global de la ligne de $2,11 \cdot 10^{-3}$ est inférieur (presque 4 fois plus faible) au risque maximum imposé par RFF de $8,25 \cdot 10^{-3}$.

Risque par PN	Scenario 2		Statut
PN 1	Maintien	$1,83 \cdot 10^{-4}$	OK
PN 3	Suppression	0	OK
PN4	Maintien	$1,04 \cdot 10^{-3}$	OK
PN5	Suppression	0	OK
PN6	Maintien	$8,79 \cdot 10^{-4}$	OK
PN7	Suppression	0	OK
PN8	Suppression	0	OK
PN9	Suppression	0	OK
Total		$2,11 \cdot 10^{-3}$	OK

Dans le cas où l'aménagement routier sur la RD 55 ne serait pas effectué au niveau du PN1, le risque global serait de ; $3,66 \cdot 10^{-4} + 1,04 \cdot 10^{-3} + 8,79 \cdot 10^{-4} = 2,285 \cdot 10^{-3}$
Le risque global de la ligne de $2,285 \cdot 10^{-3}$ resterait inférieur au risque maximum imposé par RFF de $8,25 \cdot 10^{-3}$.

Conclusion Générale

La suppression des PN : PN 3, PN 5, PN 7, PN 8 et PN 9 est validée.

Les PN 1 et PN 4 sont maintenus avec les propositions d'aménagements qui permettent de baisser le risque et de maintenir ces PN.

Néanmoins concernant le PN 1 et en accord avec le responsable de la RD 55 (Conseil Général et Commune), ce PN pourrait être maintenu dans l'environnement routier actuel avec une signalisation verticale et horizontale adaptée. Un accès au PN interdit sauf riverains (autorisé et signalé par la signalisation verticale et un arrêté préfectoral) pourrait être envisagé. Le risque global de la ligne de $2,285 \cdot 10^{-3}$ resterait inférieur au risque maximum imposé par RFF de $8,25 \cdot 10^{-3}$.

Enfin l'étude vérifie bien avec le scenario 2 que le risque global de la ligne avec le maintien de 3 PN, les PN 1, PN 4 et PN 6 reste inférieur ($2,11 \cdot 10^{-3}$) au risque maximum autorisé de $8,25 \cdot 10^{-3}$. Si l'aménagement de la RD55 prévu aux abords du PN 1 n'est pas pris en compte, le risque global ($2,285 \cdot 10^{-3}$) resterait aussi inférieur au risque maximum imposé par RFF de $8,25 \cdot 10^{-3}$.

Références :

- RFF, Pays d'Aix, Conseil Général Bouches du Rhône, Région PACA, MELT, « Ligne Rognac Aix en Provence : Analyse de la dangerosité des passages à niveau », rapport Inexia – Systra version 0.3 du 10 juillet 2012, 46 p.
- RFF, « Etude de sécurité aux passages à niveau pour les projets de réouverture de ligne au trafic voyageurs », réf. RFN-NG-IF 03 D-01-n°001 rapport du 29 mars 2011.
- SETRA, « Amélioration de la sécurité aux passages à niveau, adaptation de l'infrastructure et de la signalisation routière, note d'information n°128 de décembre 2008.
- <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/ouverture-au-trafic-voyageurs-de-la-ligne-rognac-a864.html>

- RF, Région Alpes Côte d'Azur, Département Bouches du Rhône, Métropole Aix-Marseille Provence, SNCF Réseau, « Modernisation de la ligne Marseille-Aix 2^{nde} phase », Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, Etude d'impact sur l'environnement volume 2 – pièce F, Décembre 2016, 431 p.
https://www.modernisation-marseille-aix.fr/sites/modernisation-marseille-aix.fr/files/rff/mediatheque/2017_01_mga2_dup_vol2_piece_f.pdf