



HAL
open science

Approche Responsable des Passages à Niveau par les usagers de la route Par Virginie TAILLANDIER (SNCF) et Gérard HERNJA (ECF) Mars 2020

Virginie Taillandier, Gérard Hernja

► To cite this version:

Virginie Taillandier, Gérard Hernja. Approche Responsable des Passages à Niveau par les usagers de la route Par Virginie TAILLANDIER (SNCF) et Gérard HERNJA (ECF) Mars 2020. [Rapport de recherche] SNCF Paris; Ecole de conduite française. 2020. hal-02935937

HAL Id: hal-02935937

<https://hal.science/hal-02935937>

Submitted on 10 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Approche Responsable des Passages à Niveau par les usagers de la route

Par Virginie TAILLANDIER (SNCF) et Gérard HERNJA (ECF)

Mars 2020

Acronyme : ARPAN

Le projet Approche Responsable des Passages à Niveau (ARPAN) entre dans le champ des recherches visant l'amélioration de la sécurisation des passages à niveau, en relation avec l'évolution des comportements des personnes amenées à les traverser, plus particulièrement les conducteurs de véhicules automobiles.

Il pose comme hypothèse que l'amélioration attendue passera par des solutions innovantes concernant la lisibilité et la visibilité des infrastructures.

Pour la valider, différentes situations d'approche et de traversée des passages à niveau ont été intégrées dans les scénarii et itinéraires de simulateurs de conduite.

Ces situations s'inscrivaient dans des environnements correspondants :

1. aux infrastructures actuelles et aux infrastructures en évolution
2. aux infrastructures actuelles avec messages adressés aux conducteurs

Un panel de 58 sujets a été recruté puis mis face aux situations choisies, à l'intérieur d'un parcours de conduite simulé d'une durée d'environ 20 à 30 minutes. Les données ont été recueillies à partir de l'observation de leurs comportements, de la mise en œuvre d'entretiens visant à expliciter leurs actions mentales et physiques, d'entretiens semi-directifs sur leurs expériences. Des analyses quantitatives et qualitatives ont permis de valider l'hypothèse de départ par rapport à certaines des solutions choisies.

Mots clefs : passage à niveau, simulateur, sécurité, comportement, compétence, analyse cognitive

1.	LA RECHERCHE	4
1.1.	PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE	4
1.2.	LES HYPOTHESES	5
1.3.	LES OBJECTIFS.....	5
2.	METHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	5
2.1.	LA CONSTRUCTION DE L'EXPERIMENTATION	5
2.2.	LES SUJETS	6
2.3.	LES SITUATIONS D'EXPERIMENTATION	6
2.4.	LE SIMULATEUR UTILISE POUR L'EXPERIMENTATION	12
2.5.	LES OUTILS DE RECUEIL DES DONNEES.....	13
2.6.	L'EXPERIMENTATION	13
2.7.	LE TRAITEMENT DES DONNEES	14
3.	RESULTATS	15
3.1.	CONNAISSANCES	15
3.1.1.	LA SIGNALISATION.....	15
3.1.2.	FONCTIONNEMENT DU PASSAGE A NIVEAU	16
3.1.3.	BARRIERES CASSABLES	17
3.2.	COMPORTEMENTS	18
3.2.1.	RESSENTI DE L'APPROCHE D'UN PASSAGE A NIVEAU.....	18
3.2.2.	EXPERIENCES AUX PN	18
3.2.3.	LA PERCEPTION DU PROFIL.....	19
3.2.4.	LA PERCEPTION DU FEU R24 ET DE LA BARRIERE	20
3.2.5.	SITUATIONS DEGRADEES	20
3.3.	LES SITUATIONS.....	22
3.3.1.	SITUATION 1 : PN FERME	22
3.3.2.	SITUATION 2 : PN OUVERT.....	24
3.4.	LES SITUATIONS DU PARCOURS CLASSIQUES.....	25
3.4.1.	SITUATION 4 : FEU TRICOLERE BICOLORE (ROUGE, JAUNE FIXE, JAUNE CLIGNOTANT (R22J)	25
3.4.2.	SITUATION 5 : FEU TRICOLERE	26
3.4.3.	SITUATION 6 : FEU AVEC FLECHES ANNONÇANT LE SENS D'ARRIVEE DU TRAIN.....	27
3.4.4.	SITUATION 7 : ARCHES.....	28
3.4.5.	SITUATION 8 : BALISES LATERALES.....	28
3.4.6.	SITUATION 9 : BUMPS AVEC BALISES LATERALES LUMINEUSES	29
3.4.7.	SITUATIONS 10 ET 12 : FEUX LED AU SOL.....	30
3.4.8.	SITUATION 11 : SIGNALISATION AU SOL	30
3.5.	LES SITUATIONS DU PARCOURS CONNECTES	31
3.5.1.	SITUATION 13 : MESSAGE PN FERME AVEC PICTOGRAMME FEU DE PN.....	31
3.5.2.	SITUATION 14 : MESSAGE PN FERME AVEC PICTOGRAMME STOP	32

3.5.3.	SITUATION 15 : AUCUN MESSAGE	33
3.5.4.	SITUATION 16 : MESSAGE PN A 150 METRES	34
3.5.5.	SITUATION 17 : MESSAGE « DANGER ! UN TRAIN PEUT SURVENIR A TOUT MOMENT	34
3.5.6.	SITUATION 18 : MESSAGE « ROUTE BARREE, PASSAGE A NIVEAU EN TRAVAUX »	36
4.	DISCUSSIONS.....	36
5.	INTERPRETATION DES RESULTATS.....	37
6.	CONCLUSION	40
7.	BIBLIOGRAPHIE	41

Introduction

Les accidents aux passages à niveau ont des coûts humains, sociétaux et financiers importants. Même s'il est avéré que la responsabilité de la SNCF n'est que très rarement envisagée, il n'en demeure pas moins que ces accidents ont des conséquences dramatiques. Ils contribuent assurément à une détérioration de l'image de la SNCF et à une décrédibilisation relative de l'ensemble de la politique de sécurité routière.

Dans la perspective d'une meilleure compréhension des mécanismes d'accident et de la remédiation des comportements dangereux lors des franchissements des passages à niveau, la SNCF mène depuis plusieurs années différentes actions en collaboration avec les services de l'Etat en charge des problématiques de sécurité routière. En complément de ces démarches, SNCF pilote des études pour faire émerger des solutions concrètes visant à faire baisser le nombre d'accident aux passages à niveau.

En s'associant à l'Ecole de Conduite Française pour avoir un éclairage expert sur les comportements de conduite, SNCF a eu comme objectif, à travers l'étude ARPAN (Approche Responsable à l'abord des Passages A Niveau), de tester différentes solutions pouvant potentiellement influencer les comportements des conducteurs. Ces solutions étaient de deux ordres, en lien avec des évolutions des infrastructures routières et en lien avec la transmission de messages aux conducteurs.

1. La recherche

1.1. Problématique de recherche

Les accidents aux passages à niveau sont mortels dans des proportions sensiblement plus fortes que dans les autres situations de conduite, avec au moins un tiers des accidents entraînant un décès chez les usagers de la route contre moins de 1% pour l'ensemble des accidents de la route.

Les retours terrain des accidents sur le réseau ferré a par ailleurs permis à SNCF d'identifier un certain nombre de contextes, d'environnements, de causes, de profils d'usagers routiers et de situations ayant générés une collision ou une situation dangereuse qui aurait pu entraîner une collision.

Par rapport à de l'analyse de ces éléments, nous savons que le nombre de tués dans les accidents aux passages à niveau ne pourra véritablement baisser que si le nombre d'accident diminue. Dans le système de circulation routière, le nombre de tués et de blessés graves diminue régulièrement sans que le nombre d'accident n'ait forcément besoin de baisser, notamment du fait des améliorations en termes de sécurité secondaire ou tertiaire. Les protections habituelles fournies par les véhicules en cas d'accident n'ont que peu d'effets dans le contexte d'un accident avec un train

Dans les accidents aux passages à niveau, la question des comportements des conducteurs est alors centrale. Des comportements que, dans une approche constructiviste plus que comportementaliste, nous ne réduisons pas à leur part observable. Des comportements qui

se construisent à partir des représentations et des attitudes des conducteurs, comme déterminants de leurs actions.

Parce que les modalités d'approche actuelles des passages à niveau ne favorisent pas suffisamment la mise en œuvre de comportements responsables, nous avons émis des hypothèses associées à deux formes d'expérimentations.

1.2. Les hypothèses

Des solutions innovantes concernant la signalisation routière ou les infrastructures favorisent les évolutions positives du comportement du conducteur, en l'incitant plus fortement à observer des règles de prudence à l'abord des passages à niveau.

Des solutions innovantes concernant les messages adressés aux conducteurs pendant qu'il conduit pourraient favoriser les évolutions positives de son comportement, en l'incitant plus fortement à observer des règles de prudence à l'abord des passages à niveau.

1.3. Les objectifs

Le projet de recherche (ARPAN) vise les objectifs scientifiques et techniques suivants :

Objectif 1 : Décrire et comprendre les comportements des usagers de la route aux passages à niveau.

Objectif 2 : Tester et évaluer des solutions destinées a priori à faire évoluer les comportements des usagers et dans tous les cas à sécuriser les approches des passages à niveau.

Objectif 3 : Opérationnaliser les solutions retenues, capitaliser autour d'actions de communication et de sensibilisation.

2. Méthodologie de recherche

2.1. La construction de l'expérimentation

SNCF a conçu les différents scénarios des parcours sur simulateur à partir de situations de conduite représentatives des accidents et/ou incidents aux passages à niveau.

Ces scénarios ont été spécifiés par SNCF :

- à partir d'aménagements existants et de nouveaux dispositifs concernant la signalisation ou les infrastructures (hypothèse 1), sur la partie d'expérimentation dite classique
- à partir de l'envoi de messages reçus dans l'habitacle sur une tablette (hypothèse 2) sur la partie d'expérimentation dite connectée

Une phase d'analyse de la tâche de conduite a au préalable permis de modéliser le comportement expert d'un usager de la route aux abords des passages à niveau dans des situations où le PN est déclenché ou ouvert. Elle a mis en exergue les actions mentales et physiques mobilisées par un conducteur pour franchir un passage à niveau (modèles Higélé P., Hernja G., 2005a¹, 2008b²). Cette analyse était destinée à mieux comprendre l'approche des passages à niveau et à servir de référence lors de l'expérimentation.

L'expérimentation a été menée sur un simulateur de conduite. L'utilisation d'un simulateur se justifiait par rapport :

- à la difficulté de mener cette expérimentation sur route dans le cadre de situations réelles (contraintes réglementaires nombreuses), plus particulièrement au regard du nombre de situations et des investissements nécessaires à l'équipement des passages à niveau
- à la volonté d'avoir un premier niveau de réponse sur un nombre de situation élevé avant d'envisager d'expérimenter dans un deuxième temps les solutions retenues sur route
- à la validité attendue du simulateur par rapport à ce premier niveau de réponse.

2.2. Les sujets

SNCF a recruté un panel représentatif de 58 sujets, usagers de la route conduisant à minima un véhicule léger, répartis selon :

- Le genre (53% de femmes, 47% d'hommes)
- L'âge (14 sujets âgés de 18 à 24 ans ; 19 âgés de 25 à 35 ans ; 25 âgés de 35 à 50 ans)
- Selon le métier ou CSP (53 Particuliers avec un mix de CSP+ 1/3 ; CSP= CSP ; 5 Professionnels : commerciaux, taxis, techniciens...)
- Selon le contexte de conduite, avec une diversité des kilométrages parcourus et dans la durée de possession du permis de conduire :

2.3. Les situations d'expérimentation

Le parcours classique comportait neuf situations. Le parcours connecté comportait six situations.

Afin de laisser le sujet s'habituer au simulateur de conduite le parcours comprenait une phase de conduite de 3 à 4 minutes avec des situations de ligne droite, de changement de vitesse, d'arrêt, ou encore de virage sans trafic ambiant. Hormis la phase de conduite d'adaptation, le reste des parcours était réalisé avec trafic ambiant

¹ HERNJA, G. 2007. Approche cognitive des élèves des écoles de conduite en situation d'apprentissage : perspectives pour la formation et la recherche, RTS (Recherche, Transport, Sécurité), Lavoisier, N°97, pp. 271-282.

² HERNJA, G. HIGELE, P. 2008. La compréhension des situations de conduite et les prises de risque chez les conducteurs novices jeunes, RTS (Recherche, Transport, Sécurité), n°98, Lavoisier, pp. 13-37.

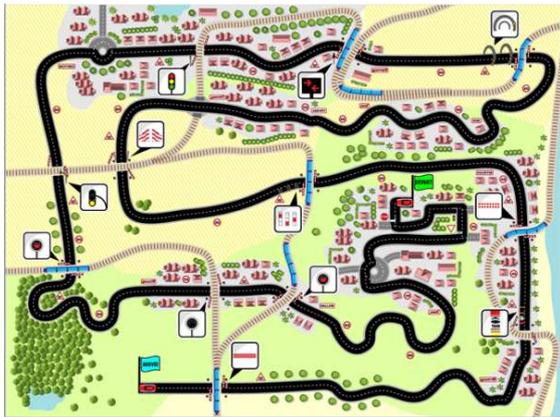


Figure 1 : parcours classique



Figure 2 : parcours connecté

Trois situations étaient communes aux deux parcours. Ces situations permettaient d'avoir une référence par rapport à la manière dont les sujets franchissent les passages à niveau sans équipements particulier pour une comparaison avec les approches expertes.

Situation 1 : Passage à niveau en agglomération en ligne droite. Le PN se déclenche à 200 mètres de l'arrivée du sujet, avec activation de la sonnerie puis des feux clignotants. Les deux demi-barrières commencent à descendre au bout de 7 secondes. Le train franchit le PN 10 secondes après la fermeture du PN (PN SAL 2).



Photo d'un PN SAL 2 en agglomération



Situation dans le simulateur

Situation 2 : Passage à niveau en agglomération en ligne droite. Le PN ne se déclenche pas.



Photo d'un PN SAL 2 en agglomération



Situation dans le simulateur

Situation 3 : Passage à niveau hors agglomération après une succession de courbes. Le PN se déclenche à la sortie de la dernière courbe, avec le déclenchement des feux et de la sonnerie, puis la descente de la barrière 8 secondes plus tard.



Photo d'un PN SAL 2 hors agglomération



Situation dans le simulateur

Nota : Cette situation n'a pu être exploitée en raison des difficultés pour les sujets à maîtriser les trajectoires du véhicule sur le simulateur.

2.3.1. Parcours classique

Le parcours dit classique comportait 9 situations de franchissement d'un passage à niveau.

Situation 4 (Feu tricolore/ bicolore) : Le feu tricolore (rouge, jaune, jaune clignotant) est implanté en lieu et place du feu R24, sur le côté droit de la chaussée, de part et d'autre du passage à niveau. Le scénario se déroule sur route départementale, hors agglomération, sans déclenchement d'annonce du passage à niveau. A l'approche du passage à niveau le feu est jaune clignotant, en lieu et place du feu vert.

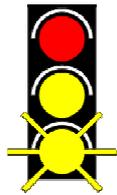


Image de la sécurisation



Modélisation de la situation



Situation dans le simulateur

Situation 5 (Feu tricolore) : Le feu tricolore (rouge, jaune, vert) est implanté en lieu et place du feu R24, sur le côté droit de la chaussée, de part et d'autre du passage à niveau. Le scénario se déroule en agglomération, sans déclenchement d'annonce du passage à niveau. A l'approche du passage à niveau, le feu est vert.



Image de la sécurisation



Modélisation de la situation



Situation dans le simulateur

Situation 6 (Boitier lumineux pour annoncer un train croiseur) : En agglomération, le boitier s'allume dès la détection du train par l'équipement en voie et indique le sens de circulation du train. Cet équipement est implanté en dessous du feu R24, sur le côté droit de la chaussée. En cas de double voies avec train croiseur, deux flèches s'allument sur le boitier. Le scénario prévoit le passage de deux trains sur double voies.



Image de la sécurisation



Modélisation de la situation



Situation dans le simulateur

Situation 7 (les anneaux lumineux) : Deux anneaux sont implantés, l'un à 150 m et l'autre à 10m en amont du PN, en s'assurant qu'il ne masque pas le feu. L'anneau se compose d'un ensemble de LED et d'un feu rouge (diamètre de 300 mm) positionné sur le côté droit à mi-hauteur de l'arc.

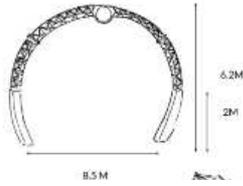


Image de la sécurisation



Modélisation de la situation



Situation dans le simulateur

Situation 8 (les sticks effet tunnel) : Le dispositif se compose d'une dizaine de balises rouges et blanches d'un diamètre de 200mm, placées à une distance de 5 mètres, en amont du PN. Les balises sont implantées, des plus petites aux plus grandes, en se rapprochant du passage à niveau. Le principe est de créer un effet « entonnoir » ou effet tunnel pour donner une perception d'approche d'une zone particulière, attirer la vigilance du conducteur et lui faire réduire sa vitesse d'approche.



Image de la sécurisation



Modélisation de la situation



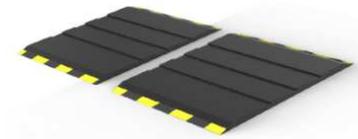
Situation dans le simulateur

Situation 9 (Bumps couplés aux sticks lumineux alternés) : La solution se compose de deux dispositifs : les balises et les Bumps.



Les dimensions des balises sont les suivantes : hauteur 750 mm et diamètre 190 mm. Les balises sont équipées chacune d'une lampe LED rouge, les 3 LED fonctionnent en clignotement en alternat. Elles sont situées à 150, 100 et 50m du passage à niveau, sur le bord droit de la chaussée.

Les bumps ont une longueur de 3000 mm, une largeur de 1800 mm et une épaisseur comprise entre 65 et 60 mm. Ils sont situés à 150, 100 et 50m du PN. Le nombre de traits intérieurs est différent en fonction de la localisation du PN (1, 2 ou traits)



Modélisation générale de la situation



Modélisation de la situation



Situation dans le simulateur

Situation 10 (Feux au sol vibrants) : Le dispositif est positionné au niveau de la ligne d'effet des feux du passage à niveau, dans le sens de circulation. La bande est composée de 2 rangs de LED. Il est destiné à attirer l'attention et la vigilance des conducteurs à l'approche du passage à niveau au travers d'une signalisation lumineuse dynamique et à l'aider à s'arrêter sans engager le gabarit ferroviaire.

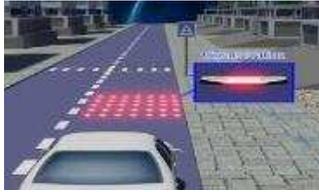


Image de la sécurisation



Modélisation de la situation



Situation dans le simulateur

Situation 11 (marquages au sol) : Le dispositif répond aux caractéristiques suivantes :

- 1^{ère} bande jaune 1 U à 150 mètres
- 2^{ème} bande orange 2 U à 100 mètres
- Bande train 10 U à 75 mètres
- 3^{ème} bande rouge 4 U au niveau de ligne d'effet des feux



Image de la sécurisation

Ce dispositif est destiné à attirer l'attention et la vigilance des conducteurs à l'approche du passage à niveau afin qu'ils puissent adapter leur vitesse et être capables de s'arrêter si le PN est déclenché. Le dernier marquage au sol est mis en place afin d'aider le conducteur à s'arrêter sans engager le gabarit ferroviaire.



Modélisation de la situation



Situation dans le simulateur

Situation 12 (feux au sol vibrant blanc et rouge) : L'équipement (LED rouges clignotantes) a une largeur de 2 U. Il est situé sur la ligne d'effet des feux. Ce dispositif est destiné à attirer l'attention et la vigilance des conducteurs à l'approche du passage à niveau à partir d'une signalisation lumineuse dynamique et à l'aider à s'arrêter sans engager le gabarit ferroviaire.



Image de la sécurisation



Modélisation de la situation Situation dans le simulateur

2.3.2. Parcours « connecté »

Le parcours « véhicule connecté » comportait 6 situations de franchissement d'un passage à niveau.

Situation 13 : Bip dans l'habitacle et message « Passage à niveau fermé dans 200 mètres ». Ce dispositif prévient le conducteur du statut du passage à niveau en reprenant le symbole de feu R24.



Situation 14 : Bip dans l'habitacle et message « Passage à niveau fermé dans 200 mètres ». Ce dispositif prévient le conducteur du statut du passage à niveau en reprenant le symbole du panneau STOP.



Illustration des messages dans le simulateur

Situation 15 : Sur une route en ligne droite en agglomération, le conducteur ne reçoit pas de message. Le passage à niveau se déclenche avec sonnerie, feux et barrières.



Situation 16 : Bip dans l'habitacle et message reprenant le panneau de danger à 150 mètres du feu. Ce dispositif prévient le conducteur de la présence d'un passage à niveau mais ne donne aucune indication sur son statut.



Situation dans le simulateur

Situation 17 : Sur une route en ligne droite hors agglomération, le conducteur reçoit un message « Danger ! Un train peut survenir à tout moment », avec le pictogramme du panneau danger. Le passage à niveau a les feux clignotants allumés. La demi-barrière du côté du sujet est levée. La demi-barrière en face est basse.



Situation dans le simulateur

Situation 18 : Le conducteur reçoit un message l'informant que la route est barrée en raison d'un passage à niveau en travaux.



Situation dans le simulateur

2.4. Le simulateur utilisé pour l'expérimentation

Le dispositif de simulation de conduite utilisé est constitué d'un véhicule (Renault Twingo) monté sur une plateforme à six degrés de liberté. L'image est projetée sur un écran cylindrique offrant un champ de vision de 150°.

Les rétroviseurs de la voiture n'étaient pas opérationnels pour des raisons techniques. Une tablette a été rajoutée dans l'habitacle afin d'afficher des messages particuliers à des moments définis dans la simulation. Cette tablette était interfacée avec le logiciel de simulation.

Le logiciel de simulation de conduite utilisé : SCANer Studio d'AV Simulation. Ce logiciel est utilisé dans la plupart des simulateurs automobiles industriels. SCANer Studio est utilisé pour évaluer l'impact des systèmes d'aide à la conduite (ADAS) ainsi que du véhicule autonome sur le conducteur. Il est utilisé aussi pour tester les modèles dynamiques des nouveaux véhicules.

Le logiciel est composé de différents modules :

- Génération de terrain (permet de mettre en place l'environnement 3D)
- Scénario (permet de scénariser la simulation)
- Simulation (pour immerger l'utilisateur dans l'environnement virtuel)

SCANer Studio permet aussi des acquisitions de données lors de la simulation, à l'exemple de la vitesse du véhicule et de sa position sur la chaussée.

Pour le projet, une application a permis de filmer le conducteur, avec récupération du visuel de l'environnement virtuel pour juxtaposer ces vidéos dans un fichier AVI contenant l'indication du passage à niveau et la vitesse du véhicule.

2.5. Les outils de recueil des données

Différents types d'outils de recueil de données ont été mobilisés afin de recueillir les informations permettant de mieux comprendre les comportements des sujets lors de l'approche et de la traversée des passages à niveau :

- Des entretiens semi-directifs afin de recueillir les éléments directs de l'expérience des sujets vis-à-vis des passages à niveau.
- Des entretiens du type de l'entretien d'explicitation (modèles Vermersch, 1994³) afin de permettre aux sujets de verbaliser les actions mentales ou physiques mise en œuvre en situation.
- Une observation extérieure des sujets pendant la simulation réalisée par les chercheurs, en dehors du véhicule, à partir d'un guide d'observation.
- Une vidéo embarquée lors de l'expérimentation. Le film est réalisé à partir d'une caméra placée dans l'habitacle.
- Le recueil de données issues du simulateur, plus particulièrement l'enregistrement des vitesses.

Les entretiens ont été, avec l'accord préalable de chaque sujet, enregistrés et retranscrits afin de faciliter leur analyse.

2.6. L'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée entre les mois d'avril et mai 2019.

Par sujet, l'expérimentation durait environ 1h30, selon les modalités suivantes :

- Accueil par les chercheurs
- Présentation de l'expérimentation et de l'outil de simulation
- Renseignement des documents préalables à la simulation
- Simulation
- Entretiens

Chaque sujet était mis face aux situations d'expérimentation à l'intérieur de l'un des deux parcours de conduite simulé (parcours classique ou connecté). Nous avons pu observer cinq sujets par journée.

Deux sujets ont été absents. Cinq autres ont arrêté l'expérimentation en cours de parcours, pour des raisons liées à l'utilisation du simulateur (sensation de malaise). Ces sujets ont néanmoins tous participé aux entretiens semi-directifs. L'arrêt de la simulation n'invalidait

³ Vermersch, P. 1994. L'entretien d'explicitation, ESF Editeur, Paris, 181 p.

en rien leur capacité à évoquer leurs expériences liées à l'approche et à la traversée des passages à niveau (entretiens semi-directifs).

2.7. Le traitement des données

Les données issues du simulateur ont été traitées avec comme objectif d'expliquer et de comprendre l'incidence des différentes solutions proposées dans la simulation sur les comportements des sujets à l'approche des passages à niveau. Elles ont permis de déterminer la manière dont les sujets construisaient, à partir de leurs actions physiques et mentales, leurs comportements en situation. Pour chaque situation, les comportements des sujets ont été comparés entre eux et par rapport au comportement expert (analyse cognitive a priori).

Les données issues des entretiens semi-directifs ont été traitées avec comme objectif, en rapport avec les différentes connaissances, représentations et expériences des sujets vis-à-vis des passages à niveau, d'apporter des compléments d'information indispensables à la compréhension des comportements des sujets.

L'analyse des données a été thématique. Les différents thèmes à explorer systématiquement, ont été les suivants :

- Les différences entre le simulateur et le type de conduite réel.
- Les connaissances sur les passages à niveau et sur la signalisation.
- Les comportements aux passages à niveau.

Chaque situation a d'autre part été analysée à partir des catégories suivantes : perception, action, raisonnement, compréhension.

Les données ont été traitées à partir d'approches quantitatives et qualitatives, avec la volonté de croiser ces modalités de traitement des données pour mieux comprendre les aspects complexes de la construction des comportements des sujets et l'influence des infrastructures ou des messages sur ceux-ci.

Le traitement et l'analyse des données ont reposé sur plusieurs types de triangulations reconnues en Sciences Humaines et sociales dans le cadre de recherches qualitatives.

Trois types de triangulations ont été privilégiés :

- La triangulation des méthodes de recueil : utilisation de trois outils pour étudier le phénomène, soit différentes observations, des entretiens d'explicitation et des entretiens semi-directifs
- La triangulation des traitements : traitements qualitatifs et quantitatifs, traitement qualitatif des données quantitatives et traitement quantitatif des données qualitatives.
- La triangulation des chercheurs : discussion et comparaison des données qualitatives déduites par les membres de l'équipe, discussion des résultats partiels et des conclusions

3. Résultats

3.1. Connaissances

Nous avons questionné les sujets sur leur niveau de connaissance aux passages à niveau, sachant que les connaissances sont également un déterminant du ou des comportements. Les questions ont porté sur la connaissance de :

- La signalisation
- Le fonctionnement du passage à niveau
- La présence d'un téléphone
- La solidité des barrières
- Le ressenti à l'approche des passages à niveau

3.1.1. La signalisation

Les sujets devaient indiquer la signification de quatre éléments de signalisation verticale.



Ce panneau est bien connu, puisque 55 sur 58 sujets sont capables d'identifier un passage à niveau avec barrières, feux et sonneries : « *Il y a un signal automatique avec une barrière qui doit descendre automatiquement lors du passage du train. Et ça clignote (sujet 52)* ». Il est également le panneau utilisé le plus fréquemment, sur environ 11 000 des 15 000 passages à niveau en France. Il est celui que les sujets rencontrent potentiellement le plus souvent en circulation.



Ce panneau est connu par 41 sujets : « *Donc là, il dit bien STOP à 150 mètres, ça veut dire que le passage à niveau doit être à 150 mètres. Et que... ben il n'y a pas de barrières (sujet 51)* ». Les 17 autres sujets en ont une connaissance imparfaite ou erronée. Majoritairement, ils s'attendent à avoir des barrières : « *Ben il y aura un stop mais je suppose si c'est un passage à niveau qu'il y aura des barrières (sujet 5)* ». Ils pensent également que ce panneau appartient au passé et n'existe plus, à cause de la représentation de la fumée sortant de la cheminée du train à vapeur : « *C'est un vieux train, je ne sais pas si c'est parce que les panneaux sont comme ça, mais peut-être que c'est des vieilles, des vieilles lignes, enfin, lignes je ne sais pas. Moi, je dirais que oui, il y a toujours des barrières (sujet 47)* ». Le fait de croire qu'il y aura des barrières pourrait potentiellement représenter un risque. Surtout si les conducteurs négligent le signal stop en considérant que les barrières les avertiront de l'arrivée d'un train.



G1

Cette signalisation est très mal connue puisque seuls 7 sujets sont capables de décrire le niveau d'équipement du passage à niveau concerné. Deux types d'erreurs sont en général présentes. Les sujets estiment en premier lieu qu'il y aura des barrières : « *Il faut s'arrêter, les barrières vont se baisser. Il y a des barrières parce que le panneau veut dire qu'il y a des barrières (sujet 43)* ». Ils se trompent en second lieu sur la distance d'implantation de ce panneau, estimant qu'il est en signalisation avancée, à 50 ou 150 mètres.



J10

Ces balises sont connues par 35 sujets sur 58. Ils associent les balises aux passages à niveau mais se trompent fréquemment sur les distances d'implantation ou ne savent même pas qu'elles sont implantées à des distances spécifiques : « *C'est juste, juste pour nous alerter du danger c'est rouge et de ralentir (sujet 46) ; 100, 200, 300 (sujet 60)* ». Certains sujets sont malgré tout plus précis : « *C'est dans l'ordre, 150-100 et 50m je crois (sujet 44)* ». Les sujets peuvent alors être capables de comprendre que les indications de distance pourront leur servir à adapter l'allure à l'approche des passages à niveau : « *Là c'est intéressant parce qu'effectivement on n'arrive pas, j'allais dire à 80 ou 90, peut-être bientôt, sur un passage à niveau à 50 mètres quoi (sujet 48)* ». Plusieurs sujets ont une méconnaissance totale de la signification de ces balises : « *Ça ne me parle pas du tout (sujet 51)* ».

Par rapport à la signalisation, nous constatons que les panneaux sont connus en fonction de leur familiarité, à savoir la fréquence à laquelle ils peuvent être rencontrés. Quand ils en donnent la signification, les sujets sont plutôt dans la reconstruction du sens, à partir de l'analyse du pictogramme, de la sollicitation de leur expérience ou des souvenirs du code de la route que dans la connaissance pure.

Les balises sont globalement connues mais avec des réserves importantes quant aux distances d'implantation. Même si le sens général peut être déduit (ralentir), les distances sont plus difficiles à reconstruire. Comme pour d'autres questions où nous abordons des notions de distance, nous demandions ainsi systématiquement aux sujets, en complément de la distance donnée, de matérialiser cette distance. L'un des éléments que nous utilisions consistait à leur demander d'évaluer la longueur de la pièce où se déroulaient les entretiens (moins de 10 mètres). Quelques réponses ont été surprenantes, à l'exemple de celle donnée par le sujet 55 : « *300, 400... non 500 mètres. Je n'arrive pas à m'orienter par rapport à une distance* ».

3.1.2. Fonctionnement du passage à niveau

Après avoir interrogé les connaissances liées à la signalisation, nous avons voulu savoir si les sujets connaissaient les modalités de fonctionnement des passages à niveau, à savoir l'enchaînement feu, sonnerie, barrières ainsi que les durées approximatives de chacune des étapes jusqu'à la remontée des barrières.

Sur l'enchaînement « feu, sonnerie, barrières », nous avons pu constater que 56 des 58 sujets en avaient une connaissance satisfaisante, avec simplement quelques hésitations concernant l'ordre feu sonnerie. Parmi ces sujets, certains sont capables de justifier la procédure et d'en comprendre le sens : « *Peut-être que dans la conduite, le signal lumineux est ce que l'on verra en premier par rapport au son ; puisque la distance fera que l'on entendra le son qu'en deuxième partie. Et si l'on arrive à très vive allure, plutôt que de faire un freinage d'urgence, on passera (sujet 14)* ». Ils peuvent aussi s'appuyer sur leurs expériences : « *Pour ceux que je croise, il y a les barrières avec les alarmes, les feux rouges clignotants et une alarme, pas sur tous (sujet 11)* ». Ils peuvent également en avoir une connaissance plus étendue : « *Quand le train arrive à un certain niveau, cela déclenche un signal pour dire que les barrières vont commencer à se fermer (sujet 12)* ».

Concernant les délais de fonctionnement, nous avons 49 sujets qui indiquent des délais cohérents entre les différents moments du déclenchement d'un passage à niveau.

Les indications données par 6 sujets sont erronées : « *Non je pense que c'est les... la sonnerie avec la... les barrières qui descendent à mon avis c'est simultanément. Bah le feu, oui non, tout, tout doit être simultanément en fait (sujet 31)* ». Cette vision erronée pourrait également induire des comportements problématiques, comme lorsque le sujet 7 estime que : « *la sonnerie c'est : dépêchez-vous de passer* ».

Globalement, les connaissances liées au fonctionnement des passages à niveau sont plutôt solides. Les sujets pour lesquels ces connaissances ne sont pas acquises, dès lors qu'ils savent à minima que le feu rouge signifie l'arrêt, ne se mettent pas forcément en danger. Nous pouvons aussi postuler que « **ne pas savoir** » est préférable à « **ne pas comprendre ou mal comprendre** », comme pour le sujet qui pense devoir accélérer au moment où se déclenche la sonnerie.

3.1.3. Barrières cassables

Les représentations des conducteurs concernant la solidité des barrières peuvent influencer leurs comportements, notamment s'ils se retrouvent bloqués sur un passage à niveau. Nous avons donc interrogé les sujets à propos de leurs connaissances en la matière. Nous constatons que moins de 40% des sujets (22/56) savent que les barrières ne résisteraient pas à un choc et/ou n'occasionneraient a priori pas de blessures en cas de franchissement.

En cas de panne sur un passage à niveau avec des barrières qui descendent, une majorité de sujets préféreraient abandonner leur véhicule sur la voie ferrée plutôt que de risquer un choc avec la barrière : « *Parce que si les barrières sont solides, ...Je trouve ça dangereux de foncer dans une barrière (sujet 47)* » ; « *j'ai peur de me faire mal, me blesser (sujet 54)* ». L'incertitude concernant la solidité de la barrière pourrait aussi faire perdre un temps précieux en cas de situation dégradée : « *Essayer au moins de pousser pour voir si ça lève, ou sinon, si ça ne lève pas, très vite avancer complètement... Un reportage sur les péages, où il y en a qui poussent et la barrière, avec la sécurité, elle se lève (sujet 53) !* ».

Paradoxalement, même en sachant que la barrière est cassable, certains sujets par peur d'abimer leur voiture, la laisseraient sur place : « *Elles vont laisser passer ma voiture en l'abimant. Je pense (sujet 15)* ». La connaissance que les sujets ont, du caractère

volontairement cassable de la barrière, est plus souvent liée à un raisonnement logique qu'à un savoir issu d'un enseignement : « *Ben je pense que c'est étudié pour qu'on puisse passer malgré tout quoi (sujet 9) ; J'imagine qu'elles ne résistent pas mais je n'ai jamais testé. J'imagine qu'elles ne résistent pas (sujet 48)* ». Ce caractère raisonné de la connaissance permet également à plusieurs sujets de comprendre que la mise en place de barrières plus solides pour empêcher l'entrée des véhicules serait incompatible avec la nécessité de laisser les véhicules coincés ressortir en cassant les barrières.

La méconnaissance des caractéristiques de la barrière est un élément qui peut transformer un incident, certes grave, en un accident majeur. Ce type de connaissance est essentiel à nos yeux. Sans doute est-il peu abordé en formation parce qu'il suppose une situation dégradée, une erreur initiale, autant de situation que l'on aborde sans doute moins pendant les formations.

3.2. Comportements

Nous rappelons que nous envisageons le comportement au-delà de son caractère observable, en relation avec les représentations, les attitudes et les intentions des sujets.

3.2.1. Ressenti de l'approche d'un passage à niveau

Nous n'avions pas prévu de poser directement la question du ressenti par rapport aux passages à niveau. L'analyse des discours fait ressortir chez 30 sujets des éléments qui nous permettent d'évoquer la question. Vingt d'entre eux parlent de méfiance vis-à-vis des situations de franchissement de passages à niveau. Dix sujets évoquent directement la peur et l'appréhension qu'ils éprouvent. Ces émotions ne sont pas forcément à considérer comme négatives en termes de sécurité puisque les sujets qui les évoquent font le plus souvent preuve d'une plus grande prudence ou de la méfiance : « *Je ne sais pas pourquoi, je n'aime pas les passages à niveau. C'est peut-être pour ça que je suis prudent (sujet 2) ; Je ne me méfie pas de la fiabilité du système hein, je me méfie du fait qu'il peut passer à l'orange d'un seul coup et que le train peut arriver très vite. Je préfère être en situation de pouvoir freiner très vite et m'arrêter derrière (sujet 11)* ».

Parmi ces ressentis, certains concernent le fonctionnement du passage à niveau, alors que d'autres concernent davantage le train avec l'effet de souffle ou des risques de chute d'objets/projections. **Dans les cas rapportés par ces 30 sujets, les émotions décrites n'engendraient pas de comportements problématiques, sans doute bien au contraire même.**

3.2.2. Expériences aux PN

Nous voulions en premier savoir quelle était la nature des expériences concrètes des sujets quant au franchissement de passages à niveau. Nous observons en premier lieu que sur les 55 sujets interrogés :

- 31 d'entre eux déclarent ne traverser que rarement des passages à niveau

- 24 d'entre eux déclarent en traverser fréquemment, mais pour 5 de ces sujets au moins les passages à niveau en question ne sont qu'exceptionnellement fermés

Nous voulions ensuite savoir si ces traversées avaient pu être l'occasion de vivre des situations que les sujets auraient qualifiées de dangereuses. Sur les 51 sujets intéressés, 42 déclarent ne pas avoir vécu de situations dangereuses. Pour autant, 19 de ces sujets disent être influencés par l'actualité, parfois parce qu'ils s'identifient aux victimes, comme cette conductrice de bus (sujet 27) revenant sur l'accident de Millas : « *Quand on passe le permis on a des règles ... on ne rétrograde jamais sur un passage à niveau. C'est... voilà. Et il faut bien anticiper la longueur du car pour passer de l'autre côté. C'est... C'est-à-dire que moi je suis persuadée que la barrière elle était ouverte quand elle est passée la dame avec son car* ». Être influencé par l'actualité c'est aussi douter, et cela, comme pour les émotions, peut être bénéfique, notamment en l'absence de traumatisme direct : « *Parce que je pense que dans l'actualité des fois on se dit qu'une barrière n'a pas fonctionné et puis ça fait peut-être partie aussi de la conduite, de jeter un petit coup d'œil quand même (sujet 14)* ».

Neuf sujets disent avoir vécu une situation dangereuse, même s'ils ne les qualifient pas forcément ainsi : « *Dangereuse non, mais les barrières étaient fermées et il n'y avait pas de train. Donc, on était coincé, on ne savait pas si on prenait le risque de passer, du coup, on a fait demi-tour. D'autres, sont passés entre les barrières (sujet 12)* ». En plus de cette situation dangereuse, mais qui n'est pas qualifiée comme cela, 6 de ces sujets sont également influencés par l'actualité : « *Oui je pense mais généralement, ils ne sont pas... Il n'y a que des blessés. Mais bon avec les bus, on a vu, il n'y a pas eu que des blessés. Ça fait réfléchir (sujet 21)* ».

L'influence de l'actualité sur les conducteurs peut être réelle. Cette actualité, paradoxalement, a davantage d'effet sur les comportements lorsque l'erreur est attribuée aux infrastructures, parce qu'elle crée de la méfiance. Lorsqu'elle est attribuée à l'humain, les sujets peuvent se dire que cela ne leur arrivera pas et ne pas se sentir concernés.

La notion de situation dégradée ou dangereuse est également à creuser. Visiblement, pour de nombreux sujets passer entre les barrières peut ne pas être considéré comme dangereux ou risqué.

3.2.3. La perception du profil

Nous n'avions pas prévu de poser directement la question du profil des passages à niveau. Nous savons que la vitesse excessive à l'approche d'un passage à niveau peut être un élément susceptible d'entraîner une situation dégradée. L'analyse des discours fait ressortir que vingt-quatre sujets déclarent ralentir avant le franchissement des passages à niveau en raison de leur profil routier en dos d'âne : « *Généralement c'est quand même un petit peu en hauteur les passages à niveau (sujet 9) ; Ralentissement pour mes suspensions (sujet 15)* ».

Ce type de ralentissement, même s'il n'est pas relié à une anticipation relative à l'arrivée potentielle d'un train, est intéressant. En faisant ralentir, le profil du passage à niveau, considéré comme un dos d'âne, permettrait au conducteur de s'arrêter plus facilement.

3.2.4. La perception du feu R24 et de la barrière

Le feu rouge clignotant signifie un arrêt obligatoire et absolu. Néanmoins, il se peut qu'il se déclenche lorsque le conducteur, en fonction de sa vitesse et de la distance qu'il lui reste par rapport au passage à niveau, ne peut plus s'arrêter en sécurité. Nous avons donc posé deux questions aux sujets.

A la question si le feu rouge vient de s'allumer, est-il, dans certains cas, encore possible de franchir le passage à niveau ? Nous avons 47 sujets qui estiment qu'ils doivent dans tous les cas s'arrêter et disent freiner sans se poser de question. Seuls dix sujets estiment qu'ils franchiraient le passage à niveau s'ils ne pouvaient plus s'arrêter, dont deux en accélérant.

A la question plus précise, **vous circulez à 70 km/h et la distance par rapport au passage à niveau est de 20 mètres**, qu'est-ce que vous faites ? Nous avons 29 sujets qui continuent à penser qu'ils devront et pourront s'arrêter avant le passage à niveau : *Oui, avec les bonnes voitures que l'on a maintenant, cela fera un freinage intense (sujet 14)* ». Ils ont du mal à imaginer qu'ils puissent ne pas s'arrêter à un feu rouge : « *Jamais. Jamais, jamais, jamais. Je m'arrête avant le feu quoi qu'il arrive (sujet 9)* ». Ils peuvent même s'en remettre à des éléments irrationnels pour ne pas déroger à la règle : « *Après, si vraiment on est vraiment dessus, qu'on a été surpris etc... j'ai envie de dire : c'est à la grâce de Dieu quoi (sujet 52) !* ».

Dix-huit sujets changent d'avis après indication concernant la distance d'arrêt. Ils comprennent alors qu'ils ne pourront pas s'arrêter, surtout si quelqu'un les suit de près : « *S'il y a quelqu'un qui me suit vraiment de près, j'accélère et je passe (sujet 55)* ». Onze autres restent persuadés que l'arrêt sera, dans tous les cas, possible.

Un des sujets différencie la situation de travail de la situation de conduite privée et valide l'idée de conduites différentes selon les contextes : « *J'ai envie de dire, dans mon cas personnel, dans le cadre du travail (pompier), si on doit passer un passage à niveau, chose qui est déjà arrivée, on a vu que les barrières allaient se baisser, on savait qu'on avait le temps de passer, on est quand même passé. Mais dans le cas de la vie privée, non, il n'y a rien, pour moi il n'y a rien qui me ferait passer (sujet 8)* ».

Pour près de 40% des sujets, lorsque le feu rouge s'allume, la seule solution envisageable est l'arrêt, quitte à se retrouver en difficulté, au risque d'être percuté par un véhicule qui les suit, poussé sur la voie et au risque de perdre le contrôle du véhicule. Des accidents liés à ce type de comportements ont déjà été constatés.

3.2.5. Situations dégradées

Nous avons tout d'abord voulu savoir comment les sujets se comporteraient s'ils se retrouvaient bloqués sur les voies, entre deux barrières fermées, dans un premier cas avec un véhicule en état de marche et dans le second cas avec un véhicule en panne.

En cas de véhicule coincé sur les voies tout en étant en état de marche, nous avons 33 sujets qui casseraient la barrière, même s'ils n'ont pas la certitude que celle-ci est facilement cassable. Six sujets ont la volonté de ne pas perdre leur voiture : « *Non, je préfère quand même essayer, quitte à abîmer la voiture plutôt que la perdre totalement (sujet 3)* ». D'autres ont moins d'intérêt pour leur véhicule : « *Ah tant pis pour la voiture ! Oui, tant pis pour la voiture, ce n'est pas la voiture que je sauve (sujet 1) !* ». Plusieurs sujets pensent plutôt aux

passagers du train : « *Oui, ben je préfère casser la barrière et ma voiture que tuer des personnes qui sont dans le train (sujet 55) ; Ah ben je préfère casser une barrière à 1000€ que provoquer un accident avec un train et puis tuer des dizaines de personnes (sujet 8) ».*

Quinze sujets sortiraient du véhicule sans tenter la moindre manœuvre. Ils pensent généralement que les barrières résisteraient. Six sujets essaieraient de dégager les voies, mais sans casser les barrières.

En cas de panne du véhicule, l'ensemble des sujets déclarent sortir du véhicule. Six d'entre eux au moins tenteraient malgré tout de dégager la voie, avec la volonté de sauver des vies : « *Je descends du véhicule... ben, je coupe le contact, je desserre le frein à main, je la mets au point mort et puis je débranche le cerveau, je pousse le véhicule. Ah non, ah non ah ben non ! S'il y a ma mère dans le train, s'il y a ma femme s'il y a... et puis même des inconnus, tout simplement, ah non, non, non, c'est inconcevable (sujet 8) ; Je regarde si le train arrive tout de suite sur moi ou pas. S'il est encore loin, je tente de mettre la première et de faire caler la voiture pour éviter que cela n'engendre un accident pour le train (sujet 12) ».*

Nous avons ensuite cherché à comprendre ce que feraient les sujets face à un passage à niveau fermé depuis plus de 10 minutes. Vingt-huit sujets déclarent qu'ils feraient demi-tour après avoir attendu quelques minutes. Seuls cinq d'entre eux utiliseraient le téléphone pour prévenir du dysfonctionnement. Douze sujets attendraient, parfois en hésitant et sans savoir que faire. Huit d'entre eux utiliseraient quand même le téléphone. Quatorze sujets essaieraient malgré tout de passer, soit un sujet sur quatre en déclarant qu'ils n'attendraient pas dix minutes pour faire cela. Deux d'entre eux en essaieraient même de relever les barrières, pas forcément pour passer eux-mêmes. Ils sont dans tous les cas inconscients du danger : « *Je pense que je resterais et puis je ferais le policier et j'appellerais la police. Maintenant que j'y pense, j'appellerais la police pour leur faire dépêcher quelqu'un là, pour au pire, faire la circulation. Et faire venir la SNCF, tout ça (sujet 8) ».*

En cas de barrières levées et de feux allumés à un passage à niveau, 22 des 45 sujets interrogés déclarent attendre un moment, regarder à droite et à gauche et franchir le PN : « *Après 6 minutes, je me serais avancée et regarder à droite et à gauche. Et si je n'avais pas vu le train arriver, je serai passée à cause de la barrière ouverte de mon côté. Par contre, si la barrière était fermée, je ne l'aurais pas forcée (sujet 14) ; Je regarde à droite à gauche, je passe la première et j'y vais doucement (sujet 12) ».* Ils justifient leur passage par le fait que c'est la barrière qui matérialise l'arrêt. Parmi les sujets qui faisaient demi-tour dans la première situation, certains passeraient dans la seconde, comme le sujet 23 : « *Je ne prendrai pas le risque mais je pense que je ferais demi-tour. Je me dirais qu'il y a un bug, donc je fais demi-tour et je cherche un autre chemin (situation 1) ; Je pourrais passer vu qu'il n'y a pas les barrières. Si, je passe mais je regarde et je fonce, si je vois qu'il n'y a pas de train ni à droite ni à gauche, je fonce (situation 2) ».* Ils déclarent qu'ils ne passeraient que s'ils avaient une bonne visibilité. Ils pensent également qu'ils pourraient entendre arriver un train : « *Après, si je suis hors agglomération et que j'ai vraiment un champ visuel important où je vois ce qui arrive, je vais tout de suite contrôler à droite à gauche en plus du système. Et si je vois que rien n'arrive, je décélérerai peut-être un peu moins (sujet 46) ».*

Vingt-trois sujets ne passent pas et pour la plupart, ils feraient demi-tour.

Lorsque le passage à niveau a un dysfonctionnement, avec les barrières fermées, les sujets ont tendance à faire demi-tour, mais si un quart d'entre eux essaieraient quand même de passer.

Lorsque le PN a un dysfonctionnement avec les feux allumés et les demi-barrières levées, les sujets ont tendance à franchir le PN. Ils pensent éviter les risques en contrôlant à gauche et à droite avant de traverser.

Aucun de ces sujets n'a conscience de prendre des risques en adoptant de tels comportements. Il leur paraît normal de passer dans ces conditions.

3.3. Les situations

Les deux premières situations analysées ci-dessous présentent des passages à niveau n'ayant pas été spécifiquement aménagés pour l'expérimentation. Nous avons voulu proposer des cas-types d'approche de passages à niveau avec déclenchement puis sans déclenchement. Ces cas-types nous permettent d'avoir un premier niveau de compréhension et de modélisation des approches des passages à niveau mises en œuvre par les sujets. Elles ont, dans un premier temps, été comparées aux comportements experts (analyses cognitives). Elles ont servi de référence pour comprendre les effets sur les comportements des sujets des différents aménagements apportés aux infrastructures ou des messages reçus.

3.3.1. Situation 1 : PN fermé

Dans cette situation, le comportement expert consiste à réagir dès la vue du panneau de danger, avant même de voir le pictogramme ou d'entendre la sonnerie. Cette réaction se traduit en levant le pied de l'accélérateur et en imaginant un danger. Le panneau A7 confirme ensuite la nature du danger potentiel tandis que la sonnerie indique que le passage à niveau sera fermé.

Quatre sujets réagissent dès qu'ils visualisent le panneau de danger (forme triangulaire). Ils imaginent un danger sans en connaître la nature, conformément à l'analyse cognitive. Ils peuvent ensuite avoir confirmation de la nature du danger avec la visualisation du pictogramme, avant de mesurer le risque lié au déclenchement : *« Je sais qu'il y a un triangle, qu'il faut que je fasse attention et après j'ai visualisé que c'est justement un passage à niveau. Et après, c'est le clignotant, enfin le rouge qui m'a fait stopper (sujet 9) »*. Le comportement d'un des sujets reflète parfaitement l'approche experte : *« Oui, j'ai vu un panneau triangulaire en fait, et je me suis demandé ce que c'était. J'ai du lever le pied. Ben du coup, je vois que c'est un passage à niveau, donc je ralentis encore plus. Une sonnerie, j'ai entendu une sonnerie. Ben je me suis dit qu'il fallait m'arrêter. Qu'il allait y avoir un train (sujet 51) »*.

Trente-trois sujets réagissent à la sonnerie. Trente d'entre eux rapprochent directement la sonnerie du déclenchement du passage à niveau : *« Ah tout de suite je lève le pied. C'est le signal avant le panneau parce que je l'ai entendu avant, de voir véritablement le panneau (sujet 1) »*. Les trois autres imaginent un danger mais sans en connaître la nature. Ils auront besoin de voir le feu ou les barrières se baisser pour l'identifier. Tous ces sujets ont malgré

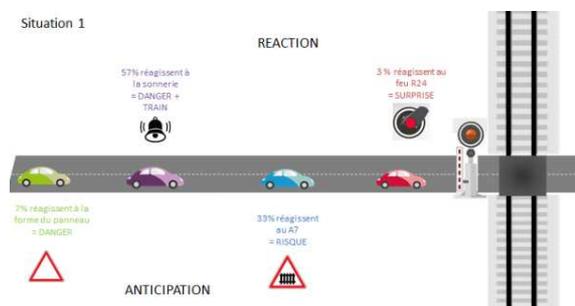
tout pu se préparer à réagir et parfois à prendre des informations : « *Donc à partir du moment où j'ai entendu sonner, je me suis dit « ça va se fermer », donc voilà, on va se laisser aller et puis on va s'arrêter gentiment (sujet 52) ».*

Dix-neuf de ces sujets réagissent au panneau A7, c'est-à-dire quand ils identifient clairement le pictogramme « *Ah ben moi je lève toujours le pied quand il y a un passage à niveau. Je regarde droite gauche (sujet 3).* Ils n'ont pas été sensibles à la sonnerie ou plutôt, pour la plupart, disent ne pas l'avoir entendue. Pour autant, ils peuvent encore être dans l'anticipation d'un risque s'ils réagissent avant de savoir si le passage à niveau est déclenché : « *Ben j'ai vu le panneau du passage à niveau, donc j'ai été plus attentive, enfin, plus, prête à appuyer sur le frein et en général, je ralentis sur les passages à niveau (sujet 6) ; Est-ce que c'est ma déformation parce que je suis motard aussi et on m'a toujours appris à anticiper (sujet 2) ».* Ces sujets sont également parfaitement capables de décrire le risque et les raisons qui font qu'ils ralentissent : « *J'ai peur d'arriver à, par exemple à 10-15m de la barrière et que là ça se mette à sonner, à se baisser et on n'a pas ce temps de réaction de freinage d'urgence et à se dire si je me retrouve au milieu (sujet 42) ».* Ils peuvent aussi décrire la procédure d'approche du passage à niveau : « *Il y a trois balises sur les côtés qui indiquent 150,100 et 50 mètres je crois à l'approche du passage à niveau et bon moi je suis un peu une flippée sur ce genre de truc donc c'est vrai que je vais avoir tendance à freiner même s'il ne se passe rien. Et la phase d'après, ça va être : je cherche le truc rouge là voir s'il ne se met pas à clignoter et qu'il faille que je m'arrête (sujet 43) ».* Ils peuvent enfin imaginer un dysfonctionnement du passage à niveau, ce qui les incite à la prudence et à contrôler à gauche et à droite : « *Je pense que j'avais aperçu justement le panneau passage à niveau. Et justement ben là, le réflexe, c'est de se dire, là même si les barrières sont levées, il peut y avoir un problème électrique, il peut y avoir un train qui passe, donc tout de suite et ben on regarde à droite à gauche s'il n'y a pas un train qui passe (sujet 8) ».*

Deux sujets réagissent uniquement au feu et à la barrière : « *je regarde surtout le feu pour voir s'il est rouge ou pas. Et s'il y a des trains... Je n'ai peut-être pas regardé les trains, j'ai surtout regardé les feux rouges (sujet 7) ».* Ils ne font pas d'hypothèses par rapport à la situation et au déclenchement du passage à niveau. Ils pourraient être surpris, surtout si le déclenchement est tardif.

Sur 58 sujets, nous observons que :

- 33 sujets réagissent à la sonnerie parmi eux
- 19 sujets réagissent au panneau A7
- 4 sujets réagissent au panneau triangulaire de danger sans identifier qu'il s'agit du A7 et imaginent un danger
- 1 sujet réagit au feu R24 en imaginant qu'un train va arriver



Dans cette situation, nous avons des sujets qui attendent clairement que la barrière soit levée pour redémarrer, parfois en relation avec le véhicule qu'ils conduisent : « *C'est vrai que c'est sécuritaire d'attendre que la barrière soit levée... on ne sait jamais. Mais il y a aussi le fait que je pense que comme c'est un trafic, que ça passe au-dessus. Parce qu'à mon*

boulot, il y a une barrière et forcément j'attends qu'elle soit en haut pour passer (sujet 51) ». D'autres se méfient davantage encore : « J'ai quand même vérifié si le feu il arrêta de clignoter quand même et j'ai peut-être regardé s'il n'y avait pas un train qui arrivait, on ne sait jamais (sujet 1) ! ; Si ça remonte et que le train n'est pas passé, je me méfie (sujet 53) ». Un sujet attend la remontée complète des barrières parce que sa mère le lui a conseillé : « Ben parce que ma mère attend, donc je fais comme ma mère. Ben parce qu'elle m'a toujours dit qu'un train pouvait en cacher un autre et puis on ne sait jamais, si la barrière redescend, si elle ne marche pas et... ça me retombe dessus... (sujet 55) ». D'autres sujets redémarrent avant la remontée complète des barrières : « C'est une certitude, je n'attends pas qu'elle remonte (sujet 50) ».

3.3.2. Situation 2 : PN ouvert

Dans cette situation, nous avons 5 sujets qui réagissent conformément à l'analyse cognitive experte, en voyant le panneau triangulaire et en imaginant déjà un danger sans même distinguer le pictogramme. Des sujets qui identifient ensuite le passage à niveau grâce au pictogramme sur le panneau et qui restent vigilants tant que le risque de voir le passage à niveau se déclencher reste présent. Ils savent aussi à quel moment il ne sera plus possible de s'arrêter : « Quand je vois que le feu ne s'allume pas je réaccélère pour passer le passage. Sans m'éterniser dessus (sujet 6) ».

Trente-neuf sujets réagissent au panneau A7. Pour eux, le danger est constitué par un train qui pourrait arriver. Ils peuvent ralentir par crainte : « Oui, cela me stresse toujours. Je ralentis quand même dès que j'en vois un (sujet 13) ». Ils peuvent aussi expliquer très précisément la manière dont ils abordent le passage à niveau et justifier la procédure à partir de raisonnements de haut niveau : « Ben là, j'ai dû voir le panneau, donc voir que c'était un passage à niveau. J'ai vu les barrières levées, donc j'ai dû ralentir légèrement pour vérifier s'il n'y a pas le feu qui va se déclencher. Jusqu'à quelques mètres avant le passage à niveau je pense. En fonction de ce que j'estime être la distance qui me permettra de traverser sans danger et sans risque que le feu ne se déclenche (sujet 51) ».

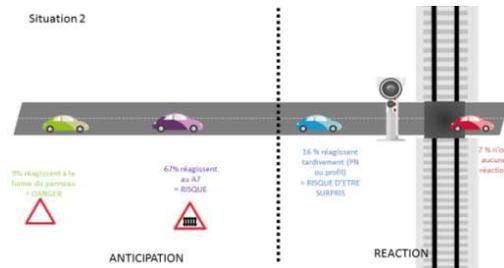
Ces trente-neuf sujets représentent 75 % du panel. Ils sont eux aussi dans une posture d'anticipation par rapport au passage à niveau et de doute par rapport à ce qui pourrait arriver : « J'ai ralenti, j'ai regardé à droite et à gauche (sujet 11) ». Cette anticipation n'a d'ailleurs pas forcément besoin de se traduire par un ralentissement fort, notamment parce que l'on circule en agglomération et parfois déjà à allure modérée (moins de 40 km/h) : « J'ai vu le panneau, j'ai regardé le signal lumineux, n'ai pas entendu de sons. Je suis passée. Il ne me semble pas avoir encore relevé le pied (sujet 12) ». **Ces sujets sont clairement prêts à réagir si le passage à niveau se déclenche.** Certains d'entre eux savent déjà qu'ils pourraient devoir accélérer pour passer dès lors qu'ils ne pourraient plus s'arrêter en minimisant les risques.

Trois autres ralentissent mais uniquement en raison du profil de la chaussée. Sept sujets réagissent tardivement, simplement en voyant le passage à niveau et en imaginant que le feu pourrait s'allumer et la barrière se baisser. Quatre sujets passent sans aucune réaction, considérant qu'il n'y avait pas lieu de ralentir. Ces sujets auraient pu être en difficulté si le feu s'était allumé tardivement. Ils n'ont pas non plus de doute ou d'inquiétude quant au déroulement de la situation : « Il n'y a rien qui m'inquiète. Les barrières sont levées, pas de feux clignotants (sujet 14) ».

Ces sujets représentent environ un quart du panel. Ils sont dans une posture de réaction par rapport au passage à niveau. Ils pourraient clairement être surpris par un déclenchement du passage à niveau. Les sujets qui ralentissent en raison du profil du passage à niveau seraient malgré tout moins en danger dans ce type de situation.

En analysant ces deux cas-typés, nous observons deux catégories de comportements, avec :

- des sujets qui sont dans une forme d'anticipation,
- des sujets qui sont plutôt ou uniquement en réaction



Si nous considérons l'anticipation comme la capacité d'un conducteur à être mentalement en avance sur sa voiture et sur les situations à venir, nous observons que cette avance peut être plus ou moins grande chez ceux qui anticipent, mais qu'elle s'appuie toujours sur des raisonnements hypothético-déductifs. Chez les autres sujets, nous ne parlons plus d'anticipation dans la mesure où ils attendent de voir pour réagir (causes à effets successifs).

Les sujets qui sont dans l'anticipation sont donc en capacité, à partir d'éléments parfois ténus, d'imaginer un danger même avant de visualiser le pictogramme du passage à niveau et les risques associés, par exemple le déclenchement du passage à niveau, les dysfonctionnements possibles, les erreurs des autres conducteurs.... Ils construisent donc leurs comportements sur l'hypothèse que le passage à niveau pourrait se déclencher et adaptent leurs gestes et leurs raisonnements à cette éventualité.

Les sujets qui sont dans la réaction ont besoin de voir directement les barrières se baisser ou le feu rouge s'allumer pour réagir : freiner et s'arrêter, si le passage à niveau se ferme. Lorsque le passage à niveau ne se déclenche pas, ils continuent généralement à la même allure, sauf s'ils craignent d'abîmer leur voiture à cause des rails.

3.4. Les situations du parcours classiques

3.4.1. Situation 4 : feu tricolore bicolore (rouge, jaune fixe, jaune clignotant (R22j))



Les 32 sujets concernés voient le feu, même s'ils l'interprètent très différemment. Trois d'entre eux ne font pas le rapprochement entre le feu et le passage à niveau, pensant qu'il s'agit d'une intersection : « J'ai dû prendre un temps de pause en ralentissement. Le temps de voir s'il y avait une route qui traversait, ou non, après la voie ferrée (sujet 14) ; Je me suis dit est-ce qu'il y a une intersection avant les rails (sujet 23) ».

Les 29 autres sujets se déclarent perturbés, au moins dans un premier temps : « Alors là, j'ai dit : mais qu'est-ce que c'est que ça (sujet 1) ? ». Cette perturbation est parfois aussi liée à leur méconnaissance de la signalisation et au fait qu'ils ne savent pas que le feu jaune peut

être positionné en bas. Ils peuvent d'ailleurs estimer que ce feu annonce un feu rouge imminent : « *Il va passer au rouge directement (sujet 13)* ». Ils imaginent également qu'il est en panne : « *Je me dis que peut-être que le passage à niveau est en panne, je ne sais pas, comme c'est clignotant... Et que je n'en ai pas vu précédemment, je me dis, il faut quand même faire attention, on ne sait jamais. Il peut y avoir un train qui va arriver (sujet3) ; parce que je me suis dit est ce qu'il ne s'agit pas d'un dysfonctionnement des barrières (sujet 38)* ». D'autres fois, ils connaissent au moins partiellement la signification de la signalisation, mais sans que cela ne les rassure pour autant : « *Ça clignote mais je ne sais pas si je dois m'arrêter ou pas. Ma foi, les barrières sont ouvertes, donc je passe, mais le fait que ça clignote, et sur un feu tricolore classique ça m'a complètement perturbée. Je me suis dit : qu'est-ce qu'ils veulent que je fasse à part, attention il y a un passage à niveau mais il n'y a pas de danger (sujet 1)* ». Un sujet déclare que ce feu signifie sans doute : « *Dépêchez-vous de passer (sujet 53)* ». Un autre dit avoir hésité avant d'accélérer : « *Je pense que je suis restée un peu en attente et c'est quand je me suis rapprochée, j'ai dû accélérer pour passer ça au plus vite. Et ne pas m'attarder dessus (sujet 7)* ».

Dans cette situation, quelle que soit d'ailleurs leur interprétation de la signalisation, les sujets ralentissent : « *Ben justement, là, je me suis pratiquement arrêtée. Parce que je ne savais pas justement. Il clignotait, donc je pensais que les barrières allaient se baisser (sujet 51)* ». Cependant cette signalisation, même si elle fait lever le pied, peut être source de danger, avec des freinages marqués ou des hésitations : « *Peut-être en aggro, je m'arrêteraï pour me demander ce que je dois faire (sujet 1)* ». De plus, il n'est pas exclu que les conducteurs ne ralentissent que les premières fois qu'ils rencontreront la situation et qu'avec l'habitude, ils ne le fassent plus.

De manière générale, cet équipement fait ralentir les conducteurs, au moins lors de leur premier passage. Ce comportement pourrait a priori correspondre à ce qui est attendu mais la signalisation n'est pas claire et peut occasionner des hésitations et des erreurs manifestes. L'équipement crée alors une forme d'incertitude et présente un risque de confusion, notamment avec la signalisation à l'approche d'une intersection routière.

3.4.2. Situation 5 : feu tricolore



Les 31 sujets concernés par cette situation ont vu le feu vert.

Un sujet ne fait pas fait le lien avec le PN. Il est habitué à associer le feu tricolore à une intersection : « *Je n'ai pas fait le lien entre les deux. Pour moi, il était...je suis en ville, le feu vert (sujet 1)* ».

Vingt-six sujets associent le feu vert à une autorisation de traverser le PN sans précaution particulière : « *Là j'ai vu le panneau et en même temps le feu tricolore qui était au vert donc là ça m'a moins perturbée en fait. Parce que pour moi, le vert, on y va (sujet 2)* ». Ils sont alors peu nombreux à ralentir dans cette situation : « *Je n'ai pas trop ralenti parce que j'ai vu le feu vert au loin donc voilà. Peut-être que j'ai marqué un petit léger ralentissement en arrivant plus près, mais c'est tout. Là, je suis passé assez cash (sujet 7)* ». Ils estiment surtout qu'il n'y a plus de risque : « *Alors que là, si on y va, il n'y a pas de risque (sujet 14)* ». Ils ont à nouveau pu être perturbé par cette signalisation : « *Le feu vert qui est à un carrefour normal on va dire de véhicule, et le passage à niveau euh... pour moi ça n'allait pas ensemble quoi (sujet 36)* ».

Les sujets s'expriment sur la différence entre le feu jaune précédent et le feu vert : « Vu que le feu est vert, c'est à moi de passer même si je regarde quand même à droite et à gauche. La sensation de l'autre, c'est que je n'étais pas prioritaire quelque part. Et c'était ça qui était perturbant. Mais là, pour le coup, c'est vert, donc je regarde quand même et je passe (sujet 51) ». Ils peuvent aussi porter un regard critique sur leurs comportements : « Ah ben là, le feu était vert ! Donc oui, là pour moi du coup, c'était clair. C'était : je peux passer sans problème ! Mais pas vraiment..., je ne me méfie pas de la fiabilité du système hein, je me méfie du fait qu'il peut passer à l'orange d'un seul coup et que le train peut arriver très vite et je préfère quand même être en situation de pouvoir freiner très vite et m'arrêter (sujet 46) ».

Quatre sujets relèvent la contradiction entre feu vert et passage à niveau, entre une information qu'ils associent à un passage sans contrôle (le feu vert) et l'attention qu'il faudrait associer au passage à niveau : « Après j'ai... Je sais qu'à un feu vert on a le droit de passer mais je sais aussi que derrière il y a la barrière donc... Danger (sujet 27) ». Ces sujets choisissent alors de rester très attentifs : « Donc pareil à l'approche de ça, on lâche l'accélérateur, on laisse le véhicule aller, pied sur le frein prêt à intervenir dès le moindre danger, ou enfin un train qui passe, ou quelque chose comme ça. Et puis arrivé à proximité je pense que je regarde à droite je regarde à gauche. Personne, bon ben je réaccélère progressive (sujet 8) ». Pour eux c'est le doute qui prime : « Donc je me dis qu'un train peut passer. Il peut y avoir un système électrique défaillant dans l'ouverture fermeture des barrières. Donc mesure de précaution : on ralentit, on regarde à droite à gauche qu'il n'y ait pas de train (sujet 7) ».

Le feu vert rassure la plupart des sujets, mais surtout par l'interprétation erronée qu'ils en font. Le feu vert ne signifie en réalité pas priorité de passage. Il indique simplement que celui qui a un feu rouge devrait lui céder le passage. Cette interprétation erronée du feu vert incite les sujets à franchir le PN sans précaution particulière et à des vitesses déclarées plus élevées. Le feu vert pourrait alors annuler la prudence induite par le A7.

3.4.3. Situation 6 : feu avec flèches annonçant le sens d'arrivée du train



Sur les 30 sujets, nous observons que tous ont compris que la sécurisation indiquait l'arrivée d'un train de gauche ou de droite. Parmi eux 76% sont capables de comprendre, avant même que le train n'arrive, que le premier viendra de droite et ira vers la gauche « Ben c'est typiquement intéressant j'allais dire, parce qu'effectivement dans l'optique où un train peut en cacher un autre, ça annonçait le second quoi donc ça éviterait peut-être à quelqu'un de passer, j'allais dire très vite après le premier train. Ça m'a semblé intelligent, je me suis dit c'est positif, ça m'a semblé intelligent (sujet 48) ».

Les autres sujets comprennent la sécurisation au passage du premier train « Ah je n'ai pas du tout compris les flèches. Pour moi c'était dans l'autre sens. La flèche c'était pour moi : regarde à gauche il va arriver ! Et j'ai compris qu'il arrivait de la droite pour faire ça. C'est peut-être une logique Et j'ai compris après quand le train il est arrivé de l'autre côté que c'était pas du tout ma logique (sujet 1) ».

Même quand ils ne comprennent pas l'ordre de passage, l'indication est malgré tout importante « Mais alors du coup, au début, je me suis fait avoir parce que c'était indiqué : la

flèche vers la gauche, et du coup je me suis dit : le train va venir de la gauche ! Avec mon cerveau qui fait des nœuds ! Voilà, et donc après, c'est quand je l'ai vu arriver, je me suis dit : ah ben ; il y a les deux. Mais du coup, ça renforçait l'information « un train peut en cacher un autre (sujet 58) ».

Cette sécurisation renforce dans tous les cas l'indication « un train peut en cacher un autre ». Dans ce sens, elle a manifestement une utilité pratique.

3.4.4. Situation 7 : arches



Près de sept sujets sur dix ont interprété cette sécurisation comme une décoration d'entrée de village et n'ont pas directement fait le rapport avec le passage à niveau « *Le panneau moi franchement j'ai cru que c'était une entrée de ville avec un joli panneau. Où il y a une fête, un truc dans ce genre quoi. La fête de la vache, ou je ne sais pas... ça ne m'a pas fait vraiment ralentir (sujet 7) ».*

Pour les sujets qui ont pris l'arche pour une décoration, celle-ci peut être source de distraction. Elle peut gêner la visibilité des barrières ou des feux : « *Du coup on ne voit pas les barrières à cause des arches (sujet 27) ».* Ces sujets peuvent aussi manquer certaines informations comme le panneau A7 ou le PN et être surpris par la fermeture du PN « *Je n'ai pas vu... je n'ai pas interprété le panneau parce que j'étais perturbé par la structure ! C'est bête, mais euh j'ai fait : ah c'est joli ! (rires) Et plus loin, j'ai... je ne sais plus s'il y a le bruit, mais j'ai vu que les barrières étaient fermées et j'ai dit : ah mince c'était un panneau... (Sujet 53) ».*

Seul 17% des sujets comprennent immédiatement que les arches avec leurs feux annoncent la fermeture du PN « *c'est assez esthétique et ça matérialise vraiment, j'allais dire loin ! Voilà, loin le passage à niveau parce que quelquefois ce que l'on peut regretter c'est que les passages à niveau soient signalés mais un peu trop proche, j'allais dire (sujet 48) ».*

Ces éléments nous incitent à penser que cette sécurisation ne pourrait pas être mise en place sans une information et un accompagnement de l'ensemble des conducteurs.

3.4.5. Situation 8 : balises latérales



Moins de 10% des sujets réagissent à la vue des balises et décélèrent en conséquence à l'approche du PN : « *Ben avec les barrières, ce qui m'a interpellé c'est l'effet visuel que ça fasse comme un entonnoir (sujet 2) ».*

57% des sujets n'ont pas vu le dispositif : « *oui, il n'y a rien qui se passe. Je crois que j'ai ralenti puis je n'ai rien vu, j'ai dû regarder à gauche à droite et puis passer. Mais là je viens juste de voir toutes les petites bornes rouges sur le côté (sujet 42) ».*

Les autres sujets ont vu le dispositif mais ne l'ont pas compris « *Oui, c'était plus sympa. On aurait dit une course de rallye Mario kart au départ (sujet 17)* »

Seul 1 sujet sur 10 comprend qu'il y a une zone de danger avec un effet entonnoir. Plusieurs sujets estiment que cette sécurisation serait efficace de nuit : « *Mais de nuit je m'en rappellerais, parce que celle-là, on doit bien la voir de nuit (sujet 7)* »

La qualité du rendu visuel dans un simulateur peut expliquer en partie l'absence de réaction face à ces balises. Il serait pertinent de tester cette situation en site réel.

3.4.6. Situation 9 : bumps avec balises latérales lumineuses



Les 28 sujets ont ralenti aux bumps (ralentisseurs). Parmi eux :

- 15 réagissent en premier lieu à cause des bumps. Cette action engendre un freinage parfois brutal. Ils comprennent que les bumps annoncent un danger mais sans qu'il le mette en relation avec le PN
- 13 réagissent en premier lieu à la vue du A7. Le ralentissement aux bumps est donc moins brutal que pour les autres sujets.

La présence des bumps remplit sans équivoque l'objectif annoncé de casser la vitesse à l'approche du PN. Les sujets qui n'ont pas anticipé le PN ralentissent à cause des bumps. Ils ne reprennent pas de vitesse après en constatant qu'il y en a plusieurs : « *Non parce que je pense que s'il n'y en avait eu qu'un, non je pense que j'aurais certainement réaccélééré directement après (sujet 11)* ».

Certains sujets ont exprimé durant l'entretien leur aversion pour les bumps car ils estiment qu'ils sont dangereux, plus particulièrement, pour les motos ou parce qu'ils sont associés à de l'inconfort. Ces sujets relèvent que cette sécurisation doit être accompagnée d'une signalisation les annonçant pour éviter des situations dangereuses.

Très peu de sujets ont vu les balises lumineuses latérales. Cela s'explique dans leur discours pour différentes raisons :

- Effet simulateur avec une qualité de rendu moins visible que dans la réalité
- Difficulté face à des tâches multiples (ralentissement, déclenchement du PN, manipulation du véhicule, ...)
- Focalisation sur le dos d'âne

Même les sujets qui ont exprimés leur aversion pour les ralentisseurs reconnaissent a posteriori que c'est un moyen efficace pour obliger les conducteurs à casser leur vitesse et que cela laisse plus de temps pour réagir face à la situation « *Oui ah oui, ah oui j'ai le temps d'analyser la situation (sujet 47)* ».

Lors des entretiens cette sécurisation est largement reprise comme solution à retenir par les sujets. A nos yeux elle apparaît également intéressante dans la mesure où elle fait ralentir tous les sujets, sans distinction et sans nécessiter de raisonnement complexe.

3.4.7. Situations 10 et 12 : feux LED au sol



Pour la situation 10, nous avons 15 des 28 sujets qui comprennent que les LED indiquent une limite à ne pas dépasser « Voilà, le fait que ça clignote comme le feu, j'ai tout de suite compris que c'était... ben en plus c'était synchronisé. Donc j'ai

compris que ça voulait juste dire : il y a un train qui va passer. Ça pourrait servir, car ce n'est pas ressenti comme une surinformation (sujet 53) »

Trois sujets interprètent la sécurisation comme une répétition des feux et de la barrière

Cinq sujets n'ont pas vu le système

Cinq sujets n'ont pas du tout compris « Après, je ne sais pas euh, bon pourquoi on a mis ça ! J'ai pensé que c'était pour un passage piéton, mais en fait, non ça ne correspondait pas (sujet 56) »

Pour la situation 12, nous avons 13 des 27 sujets qui comprennent que c'est la zone limite à ne pas dépasser. Quatorze sujets n'ont pas vu le système.

Dès lors que les sujets ont les feux au sol, ils en comprennent globalement le sens surtout pour la situation 12 qui était sans doute la plus visible et la plus facilement compréhensible (car associée à une ligne de STOP).

Plusieurs sujets estiment que ces marquages seraient particulièrement pertinents de nuits : « C'est de nuit que c'est utile. Dans la journée, pour moi, ça n'a pas d'utilité je pense (sujet 7) ».

Le nombre relativement important de sujets qui n'ont pas vu les dispositifs lumineux au sol peut aussi en partie s'expliquer par la qualité du rendu dans un simulateur.

3.4.8. Situation 11 : signalisation au sol



Sur 27 sujets interrogés, 10 ont réagi à la vue du marquage au sol seul et ont décéléré. Dix autres ont réagi à la vue du A7 et du marquage au sol. Les sept derniers ont réagi au A7 seuls

Le marquage TRAIN était complété des lignes orange et rouge. Seuls 2 sujets ont vu la ligne rouge en plus du marquage TRAIN.

Cependant quand nous les interrogeons sur leur compréhension de la sécurisation, nous avons des résultats très différents selon les sujets :

- le marquage au sol est perçu comme un doublon, une répétition du panneau A7 « Une fois que je l'ai vu j'ai dit bah oui mais je savais déjà qu'il y avait le... le train (sujet 28) ».
- le rendu dans le simulateur a pu perturber les sujets :

- Certains ont cru voir un bump « *Là je me souviens avoir ralenti parce que je ne savais pas si le marquage au sol était en relief ou pas (sujet 38)* ».
- Certains se sont focalisés pour lire le texte et ont été surpris de se retrouver si vite face au PN « *j'ai peut-être mis quelques secondes à regarder, enfin comment dire à porter mon regard sur le passage à niveau. En fait j'ai lu l'inscription « TRAIN » et le temps de la lire, de passer et de relever mon regard, je me suis dit : ah il est déjà là ! Voilà (sujet 47)* ».
- D'autres ont interprété le marquage comme un STOP : « *J'ai l'impression que c'est un stop avec une avec, une ligne blanche et puis il n'y a pas d'intersection. Jusqu'à ce qu'on voit ce qu'il y a marqué (sujet 41)* ».
- Un dernier a perçu la flèche comme une invitation à accélérer : « *Il y a des flèches pour accélérer comme dans les jeux. Les grosses flèches là (sujet 7).* ».

La qualité du rendu visuel dans un simulateur peut expliquer que les sujets n'ont pas vu l'ensemble de la sécurisation (avec les traits jaune, orange et rouge).

Le marquage au sol a comme effet pour :

- **3/4 des sujets de renforcer le message du A7 ou d'anticiper son approche du PN conformément aux objectifs de la recherche.**
- **1/4 des sujets de poser problème, car il est mal compris ou interprété et pourrait même conduire certains à accélérer ou s'arrêter brusquement, à l'inverse des objectifs souhaités pour cette sécurisation.**

Il serait pertinent de tester ce type de dispositif en site réel.

3.5. Les situations du parcours connectés

3.5.1. Situation 13 : message PN fermé avec pictogramme feu de PN

Dans cette situation, l'objectif est de permettre au sujet d'anticiper la fermeture des barrières avec un message sur tablette.

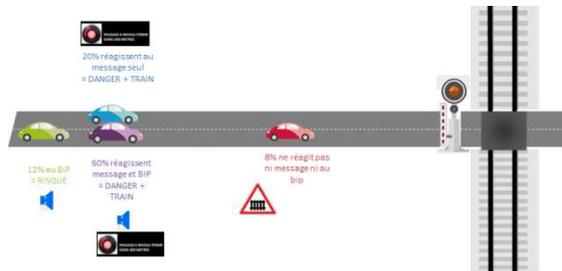
Sur 25 sujets, nous observons que :

- 3 sujets réagissent au bip
- 5 sujets réagissent au message
 - 4 imaginent qu'un train va arriver
 - 1 imagine que la route est coupée
- 15 sujets réagissent au bip et au message
 - 13 imaginent qu'un train va arriver
 - 2 imagine un danger
- 2 sujets sont réfractaires aux écrans et réagissent au A7, sonnerie ou feux

En termes de compréhension, sur les 20 sujets qui ont regardé l'écran nous avons :

- 17 sujets qui comprennent que le PN va se fermer et anticipent son approche
- 2 sujets qui ne comprennent pas le sens du message
- 1 sujet qui ne prend pas en compte l'information et réagit au déclenchement du PN

Pour les 5 sujets ne regardent pas l'écran soit pour des raisons de sécurité, ou par ce qu'ils sont réfractaires aux écrans nous ne pouvons pas analyser la compréhension du système.



Nous avons 92% des sujets qui savent avant même que le signal lumineux et les barrières soient visibles, que le PN sera fermé par des modalités qui peuvent être différentes (bip, message ou bip + message).

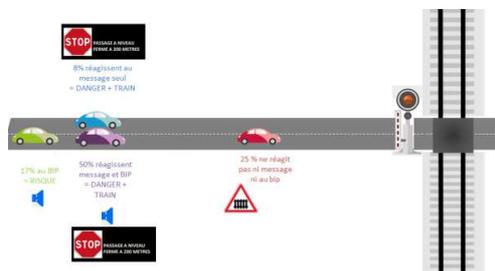
Pour 8% des sujets, l'information selon laquelle le PN est fermé, ne peut provenir que des équipements de celui-ci (sonnerie, feux, barrière).

Pour tous les sujets qui reçoivent l'information, cette sécurisation a du sens et répond aux objectifs fixés.

3.5.2. Situation 14 : message PN fermé avec pictogramme STOP

Sur 24 sujets, nous observons que :

- 4 sujets réagissent au bip
 - o 2 imaginent qu'un train va arriver
 - o 2 imaginent un danger
- 2 sujet réagit au message et imagine qu'un train va arriver
- 12 sujets réagissent au bip et au message et imaginent qu'un train va arriver
- 6 sujets réagissent au A7, sonnerie ou feux, dont
 - o 2 sont réfractaires aux écrans
 - o les autres sont gênés par la double tâche « virage et regarder la tablette »



En termes de compréhension

- 14 sujets comprennent que le PN va se fermer ce qui leur permet d'anticiper leur approche
- 7 sujets ne prennent pas en compte l'information et réagissent au déclenchement du PN
- 1 sujet n'a pas compris le message
- 2 sujets réfractaires aux écrans

Par rapport à la situation précédente, plusieurs éléments ont été modifiés. Nous sommes hors agglomération, le message est reçu dans une courbe, le pictogramme du message est différent.

Nous retrouvons les différentes catégories de comportement analysées précédemment. Nous observons cependant des écarts avec une anticipation moindre.

Ces écarts sont dus à différentes raisons :

- Contexte de circulation. Le message apparaît dans une courbe ce qui rend sa lecture plus difficile, « *faut faire le virage, lire la tablette (sujet 55)* ».
- Difficultés d'appréciation de la distance « *j'entends le bip du message, je regarde le message. Donc j'ai continué à rouler quand même à rouler parce que c'était dans 200 mètres. Et j'étais averti dans 200 mètres qu'il fallait freiner, s'arrêter... Non, c'est parce que je ne m'étais pas rendu compte qu'il était aussi proche, le passage à niveau. Je le voyais plus loin, et donc à un moment, dès que je passe la petite borne, ici, la première, je me rends compte qu'il est là, donc c'est pour ça que je freine brutalement.* (Sujet 5) ».
- Concentration liée la conduite ne permet pas d'interpréter le message « *Oui je l'avais remarqué, mais je n'avais pas compris sur le moment, j'étais concentré sur la route (sujet 44)* »

Pour une grande majorité des sujets, cette sécurisation a du sens et répond aux objectifs fixés. Le contexte de circulation modifie la perception et la compréhension du message mais ne remet pas en cause la pertinence de cette sécurisation.

3.5.3. Situation 15 : aucun message

Dans cette situation, l'objectif est d'observer si l'absence de message est remarquée par les sujets et quel est son impact sur les sujets.

Sur 23 sujets, nous observons que :



- 7 sujets remarquent l'absence de message
- 16 sujets abordent le PN comme une approche classique

Parmi qui les sujets remarquent l'absence de message avec des comportements différents :

- La majorité des sujets pense que le PN est ouvert : « *Et du coup après je n'ai pas eu d'alerte, je me suis dit le passage à niveau est a priori ouvert (sujet 33)* ». Imaginer que le passage à niveau est ouvert peut entraîner une vitesse inadaptée si le passage à niveau devait se fermer. Cela implique que si on indique les PN quand ils sont fermés, une partie des conducteurs pensera que l'absence de message signifie passage à niveau ouvert.
- Les autres sujets reviennent à une traversée classique : « *non ça ne m'a pas plus perturbé que ça enfin je me disais tiens bah voilà on va y aller comme d'habitude (sujet 39)* ». L'absence de message ne pose pas de problème.

Après 2 situations dans lesquelles on indiquait « PN fermé », certains conducteurs pensent que l'absence de message signifie passage à niveau ouvert, ce qui pourrait être problématique.

3.5.4. Situation 16 : message PN à 150 mètres



Sur 22 sujets, nous observons que :

- 8 sujets réagissent au message
- 10 sujets réagissent au A7
- 4 sujets réagissent au PN (profil, PN ouvert)

En termes de compréhension :

- Seuls 4 sujets estiment que le message leur permet d'anticiper leur approche « *Ben justement, j'ai bien vu le panneau aussi de passage à niveau. Mais ça permet en plus comme à chaque fois que j'ai eu la notification, il y a eu un train, d'être plus vigilant, justement de bien faire attention, de contrôler, ralentir même si les barrières sont ouvertes (sujet 19)* »
- 3 sujets trouvent le message non pertinent car la signalisation latérale donne les mêmes indications : « *Dans un premier temps, je vois le panneau, quand le message arrive sur la tablette, je le sais en fait que le passage à niveau va arriver puisqu'il a été signalé (sujet 14)* », « *Je pense que j'ai dû voir le panneau et quand j'ai vu le panneau aussi sur la tablette, en fait cela ne m'a pas C'est le même panneau quoi. Donc je savais qu'il y allait avoir un passage à niveau, après je l'ai regardé au visuel... (sujet 45)* ».
- 2 sujets ont mal interprété/compris le message dont 1 l'associe à un PN ouvert « *Donc j'ai vu que ce n'était pas écrit « fermé », donc j'ai continué pour le moment (sujet 5)* ».
- 1 sujet n'a pas eu le temps de lire le message.
- 11 sujets n'ont pas vu le message dont 1 sujet réfractaire aux écrans.
- 1 sujet a eu un dysfonctionnement du simulateur.

L'information donnée semble incomplète à une majorité de sujets. Ces derniers préfèrent qu'on leur indique le statut du PN (ouvert/fermé). Néanmoins ce type de message est complémentaire du panneau A7 et permet d'anticiper l'approche, ou tout au moins de renforcer la signalisation en place.

3.5.5. Situation 17 : message « Danger ! Un train peut survenir à tout moment »



Sur 23 sujets, nous observons que :

- 17 sujets ont lu le message dont
 - o 10 imaginent qu'un train va arriver
 - o 4 imaginent un dysfonctionnement
 - o 3 ne comprennent pas la situation/le message et réagissent au visuel du PN
- 6 sujets n'ont pas vu le message (réfractaire aux écrans, concentré sur la route, ...)

Le message est visiblement une alerte au conducteur puisque même si les sujets ont des niveaux de compréhension différents, ils abordent tous le PN en imaginant un danger, le plus souvent le passage d'un train.

Face à la situation (feux allumés, barrière fermée en face), tous les sujets s'arrêtent et à l'exception d'un seul, attendent que le PN revienne à une situation les autorisant à passer (feux éteints et barrières ouvertes).

S'ils ont attendu, c'est pour certains d'entre eux parce qu'ils ont 3 informations du PN sur 4 indiquant qu'il faut s'arrêter⁴ : « *là il y avait en fait sur les 4 informations il y en avait une seule qui manquait alors que globalement il y aura qu'une seule barrière de baissé je me serais dit que vu qu'il y avait une seule chose sur les 4 informations (sujet 39)* ».

Pour les autres le seul feu rouge suffit à leur indiquer qu'ils doivent attendre « *Ben qu'il faut attendre. Il y a les feux qui loupiotent, il y a une barrière qui est baissée et puis l'autre qui en l'air, donc ce n'est pas une situation normale (sujet 10)* ». Le fait que les véhicules en face sont arrêtés, renforce leur comportement : « *La première chose, je pense que c'est la barrière et la file de voiture de... de l'autre côté (sujet 33)* ».

Le sujet ayant choisi de franchir le PN malgré les feux et la barrière basse le justifie : « *Ben parce que pour moi, le message il n'est pas clair en fait à ce moment-là. C'est-à-dire qu'il me semble qu'il y a une barrière fermée, une barrière ouverte et j'ai un signal en fait lumineux qui est en face de moi et j'ai un temps d'attente qui me paraît interminable en fait. Et à un moment je me dis : ben qu'est-ce qu'on fait ? J'attends, je n'attends pas...du coup je tergiverse un peu et au bout d'un moment, je pense que le naturel, il revient un peu au galop, et je me dis c'est bon, je n'ai pas le temps et je donne un coup de volant pour passer, parce que pour moi il n'y a pas de danger particulier. Enfin, il y a un avertissement qui est clair, qui est manifeste, mais pour moi il n'y a pas de cohérence de signal du coup je pense que c'est à la libre appréciation du conducteur en fait. Je pense que s'il y avait eu « danger », avec la même situation, j'y serais allé quand même (sujet 50)* ». Il s'agit certes d'une violation des règles mais ce sujet n'a conscience des risques qu'il prend. Il aurait même pu klaxonner pour inciter le véhicule de devant à passer « *J'aurais peut-être manifesté un signe d'énervement : klaxon, appel de phares ou ... (sujet 50)* ».

A ce titre, plusieurs autres sujets déclarent que dans la réalité, ils seraient passés : « *Et après, je pense que je me serais avancée doucement ; vraiment et regarder à droite et à gauche. Et effectivement si je n'avais pas vu de train arriver, je pense que peut-être je serai passée parce que la barrière était ouverte de mon côté. Par contre, barrière fermée, je ne l'aurais pas forcée (sujet 14)* ».

De fait on peut rapprocher cette situation des analyses comportementales dans laquelle nous avons noté que 58% des sujets déclarent qu'ils seraient passés avec un PN feux allumés et barrières ouvertes.

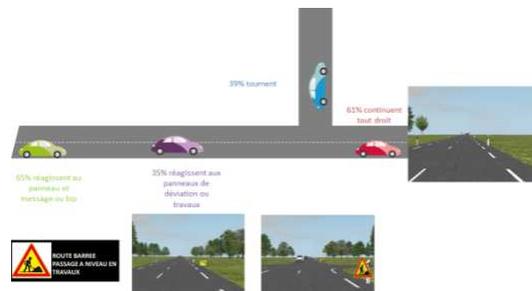
Le message alerte visiblement les conducteurs même si les niveaux de compréhension sont différents. Tous abordent le PN en imaginant un danger, le plus souvent le passage d'un train.

La différence entre le comportement observé et le comportement déclaré, nous incite toutefois à la prudence par rapport à l'efficacité de ce message particulier.

⁴ Le feu rouge, une barrière baissée, les véhicules en face arrêtés contre la seule barrière ouverte face au conducteur.

3.5.6. Situation 18 : message « Route barrée, Passage à niveau en travaux »

Sur 23 sujets, nous observons que :



- 15 sujets ont vu le message
 - o 12 sujets ont compris qu'il fallait qu'ils tournent à gauche pour prendre la déviation
 - o 3 sujets n'ont pas compris le sens du message. Ces sujets ont imaginé des travaux proches du PN mais qui ne les empêchaient pas de le franchir.
- 8 sujets n'ont pas vu le message

Les sujets n'ayant pas vu le message peuvent malgré tout se référer aux panneaux de déviation. Mais on s'aperçoit que ce n'est pas fréquent puisque 6 sujets sur 8 continuent tout droit soit 75%.

Les sujets qui ont pris connaissance du message, alors même qu'ils sont confortés par les panneaux de déviation, peuvent ne pas prendre la déviation en compte, 8 sujets sur 15 continuent tout droit soit 53%.

Le message conforte les sujets dans leur compréhension de la situation à savoir que la route est barrée et qu'ils doivent prendre la déviation sur la gauche.

Le nombre important de sujets continuant tout droit peut s'expliquer par le mauvais positionnement des panneaux : « Ah oui mais voilà. Il n'y avait pas les... il n'y a pas les bornes d'intersection vous savez (sujet 39) » ; « Oui. Je l'ai vu mais je l'ai mal visualisé. Je l'ai vu mais cela ne m'a pas sauté à l'esprit que c'était là qu'il fallait que je tourne (sujet 15) ». Le fait d'avoir des véhicules venant d'en face perturbe également les sujets : « Et en même temps comme il y a des véhicules qui viennent bah... (sujet 31) ».

Dans la majorité des cas, le message conforte les sujets dans leur compréhension de la situation

4. Discussions

L'utilisation d'un simulateur de conduite pour mener une expérimentation routière et comportementale a été examinée dans l'Etat de l'art, avec une distinction entre une validité physique et comportementale et des niveaux de validité absolus et relatifs.

Dans le cadre de cette recherche, nous sommes explicitement face à une validité relative, reconnaissant sans conteste la pertinence de l'utilisation du simulateur de conduite mais nécessitant de relever également les éléments physiques et comportementaux induits, différenciant la conduite sur simulateur de la conduite réelle.

Si nous reprenons les dimensions de fidélité d'un simulateur, nous observons que :

- La fidélité des équipements a été respectée dans l'environnement classique. Dans l'environnement connecté, la position de la tablette dans l'habitacle ne correspondait pas à une position ergonomique.
- La fidélité de l'environnement a posé quelques problèmes à la marge, notamment dans la mesure où le trafic routier n'était pas toujours synchronisé avec la conduite des sujets, ce qui a pu amener des situations stressantes pour certains sujets (comme dans le cas de véhicules ne respectant pas les règles) ou dans le cadre de signalisations mal implantées laissant croire à des priorités à droite (alors qu'il s'agissait de stop). L'absence de vision claire de l'ensemble des dispositifs lumineux implantés sur la chaussée a également été un élément pouvant impacter les résultats.
- La fidélité objective, différence entre conduite réelle et conduite sur simulateur, a fait l'objet de critiques de la part des sujets, surtout en début de parcours. A l'évidence, la gestion du volant et des freinages demandait une période d'adaptation. Celle-ci avait été prévue dans l'expérimentation mais pour certains sujets elle s'est avérée insuffisante.
- La fidélité perceptuelle/psychologique a pu parfois être impactée par les conditions de réalisation de la simulation, même si globalement les sujets ont affirmé avoir une conduite qui, de ce point de vue, ressemblait à leur conduite réelle.

De fait, dans cette étude, nous constatons une validité relative du simulateur comme outil d'expérimentation concernant les comportements de conduite en général, avec une réserve sur l'ensemble des éléments perceptifs au sol. Cette validité relative permet cependant de valider l'utilisation générale du simulateur, tout en demandant de ne pas considérer comme définitifs l'ensemble des résultats acquis et en suggérant qu'ils soient renforcés par des recherches en situations réelles. Certains dispositifs peuvent néanmoins, à partir de cette recherche, être clairement considérés comme contraire à l'objectif de sécuriser les approches des passages à niveau.

Nous pouvons également penser que la position des différents dispositifs expérimentés a pu avoir une influence sur les comportements des sujets, notamment dans la mesure où les sujets ont très vite pris conscience du thème de l'expérimentation. De fait, les problématiques de visibilité des passages à niveau ont pu être amoindries. Pour autant, ce phénomène ne remet pas en cause les résultats de l'expérimentation.

5. Interprétation des résultats

Nous avons interprété les résultats de cette recherche en faisant référence aux trois axes d'amélioration de la sécurité aux abords des passages à niveau, à savoir la visibilité, la lisibilité et la perception des risques.

Nous observons que les connaissances routières et les connaissances des installations à l'abord ou à hauteur des passages à niveau sont, dès lors qu'elles ne sont pas familières, incomplètes chez nombre de sujets. Ces connaissances peuvent pourtant participer à la fois à la lisibilité et à la perception des risques à l'abord des passages à niveau, même si nous rappelons que les comportements humains ne sont pas simplement guidés par les

connaissances et la rationalité. La lisibilité et la perception des risques, en tant qu'axes d'amélioration de la sécurisation des passages à niveau, sont forcément impactés par ces déficits de connaissance, mais de manière différente selon les individus. Il y a donc lieu d'être capable de prendre en compte ces déficits et leurs conséquences au-delà de cette recherche, dans le cadre d'une expérimentation potentielle en situation réelle et d'une analyse des comportements basée sur des modèles psychologiques complémentaires.

La connaissance directe ou l'absence de connaissance ne sont pas pour autant des indices pertinents pouvant présager de manière certaine de la mise en œuvre de comportements sûrs ou problématiques. La connaissance pourrait ainsi engendrer un sentiment de surconfiance alors que l'absence de connaissance, dès lors qu'elle est conscientisée, peut entraîner des formes de doute qui incitent les sujets à la prudence et à la retenue. Il en est de même de la peur et des craintes liées à la traversée des passages à niveau. Celles-ci occasionnent souvent chez les sujets des ralentissements avant la traversée des passages à niveau et des comportements empreints d'une méfiance intéressante.

Nous retrouvons néanmoins des déficits de connaissances plus spécifiques qui posent à nos yeux problème, surtout lorsqu'ils sont reliés à des représentations erronées des situations de franchissement des passages à niveau ou à des éléments de sécurité pensés pour limiter les conséquences d'un incident. Il en est ainsi de la supposée solidité de la barrière, de l'implantation des balises annonçant le passage à niveau (J 10), mais aussi des représentations liées aux distances d'arrêt et de freinage des voitures et à un degré moindre des vitesses des trains ou de leur capacité à s'arrêter. La croyance qu'il est possible de passer entre les barrières parce que l'on pourrait entendre le train s'approcher fait également partie des représentations erronées des situations de franchissement. L'absence de connaissance des procédures en cas de dysfonctionnement du PN et de la présence d'un téléphone d'urgence montre également à quel point il est encore nécessaire d'informer et de communiquer sur l'ensemble de ces thématiques.

Lorsque nous analysons les comportements des sujets, nous constatons qu'ils font plus souvent des erreurs d'appréciation et de jugement que des violations des règles du code de la route. Ils peuvent donc se mettre en danger sans le vouloir et sans en comprendre les conséquences possibles. Ils peuvent même se mettre en danger en ayant des comportements voulant préserver la sécurité des autres usagers, dans le train. A l'exemple d'un pompier qui pousserait sa voiture immobilisée sur un passage à niveau pour ne pas risquer la vie des passagers du train. Nous observons également qu'il y a un sentiment plutôt répandu chez les sujets du fait qu'il serait possible de traverser un passage à niveau dont le système dysfonctionnerait sans risque véritable et sans faire de lien avec la possibilité qu'un train puisse arriver. Nous rappelons sur ce point que les comportements routiers sont davantage dictés par ce qu'il paraît normal ou anormal de faire que par la seule réglementation. A l'évidence, passer alors que le feu rouge est allumé mais que l'une des barrières est ouverte paraît plutôt normal, même chez les sujets qui connaissent la règle et la signification du feu rouge. Dans ce cadre et par rapport à ce type de comportement, il est moins utile de faire un rappel des règles à ceux qui ne les observent pas que de démontrer en quoi leurs comportements n'ont assurément rien de normal ou de rationnel. Il est également indispensable de travailler sur leurs représentations des dangers potentiels de la situation et de mobiliser des outils visant à développer leur conscience des risques.

Nous avons testé différentes sécurisations dans le cadre de l'expérimentation dite classique. La visibilité des installations actuelles n'a pas véritablement posé de problèmes aux sujets, hormis les cas où le passage à niveau se trouvait placé dans des configurations de lieu mobilisant forcément l'attention du conducteur (sortie de virage par exemple). La visibilité est donc moins un problème de vision et de vue que de charge mentale et d'attention, même si nous avons vu que certains dispositifs pouvaient l'améliorer et rendre le passage à niveau plus saillant. Plusieurs dispositifs nous ont paru, à ce titre, intéressants, à l'exemple des arches ou des marquages au sol implantés de manière ostensible sur la chaussée. Pour autant, ils n'ont pas été compris par tous les sujets.

Nous remarquons d'autre part que la lisibilité d'une sécurisation dépend moins de la sécurisation elle-même que de la lecture que le sujet en fait ou est capable d'en faire. Nous observons donc des comportements différents par rapport à une, solution alors même que les sujets ont observé les mêmes caractéristiques de la situation.

La conscience des risques est en relation directe avec la capacité des sujets à lire et comprendre les solutions (avoir conscience des risques sans avoir un minimum de compréhension de la situation est improbable). Aucune des solutions testées dans la phase classique n'a véritablement pu avoir d'impact direct sur la conscience des risques. L'impact des solutions sur la lisibilité des passages à niveau a pu varier selon les solutions et les sujets, mais en restant malgré tout toujours limité.

Parmi les dispositifs expérimentés, un seul répondrait au besoin que nous avons identifié d'aborder le PN à allure lente ou modérée, à savoir le ralentisseur. Ce dispositif a cet effet sur les comportements parce qu'il ne nécessite aucun raisonnement complexe et s'appuie sur un simple rapport terme à terme, lié à une sanction immédiate en cas de non-prise en compte de l'obstacle : ralentisseur = ralentir. Pour autant, la solution induite par ce dispositif paraît aujourd'hui peu acceptable socialement. Elle pourrait même engendrer, hors agglomération, des pertes de contrôles en cas d'inattention.

Parce qu'en dehors du ralentisseur, aucune solution n'est immédiatement compréhensible par l'ensemble des sujets, un accompagnement des conducteurs est à privilégier. Cet accompagnement devrait intégrer l'ensemble des éléments liés aux connaissances et représentations que nous avons pointées. Il devrait de surcroît mobiliser les spécialistes des comportements routiers.

Parmi les solutions que nous avons testées lors de l'expérimentation dite connectées, nous avons remarqué que les messages clairs et univoques étaient les plus facilement lisibles. Là encore parce qu'ils ne sont pas sujets à interprétation. Le message « passage à niveau fermé » est donc plus facilement interprété qu'un message se contentant de prévenir de la présence d'un passage à niveau. Pour autant, avec ce type de message, l'absence de message potentiels ou la panne du dispositif peuvent être problématiques dans la mesure où les sujets interprètent l'absence de message comme signifiant « passage à niveau ouvert ».

Par rapport aux messages reçus par le conducteur dans l'habitacle, nous devons également attirer l'attention sur deux points de vigilance :

1. Tous les conducteurs ne sont pas forcément prêts ou capables de lire les messages.

2. Les messages délivrés dans des situations et des environnements plus complexes sont plus difficiles à lire (d'où encore une fois l'importance d'avoir des messages simples)

Par rapport à cette expérimentation, nous observons également que :

- nombre de solutions demanderaient sans conteste à être testées en situation réelle et modifiées à la marge : à l'exemple des différentes inscriptions sur la route, à l'effet tunnel et aux leds sur la chaussée... .
- d'autres solutions pourraient être améliorées pour mieux répondre aux besoins des conducteurs, à l'exemple des arches.
- Des solutions sont à proscrire parce que potentiellement dangereuses, à l'exemple du feu vert qui incite les sujets à passer sans plus aucune précaution.

Les différentes solutions basées sur la perception ont été rapidement comprises, dès lors qu'elles ont été perçues, ce qui n'a malheureusement pas souvent été le cas. Dans l'expérimentation la qualité visuelle de la simulation ne nous a pas permis de les valider systématiquement.

Même si certaines solutions présentent incontestablement des avantages, aucune d'elle ne peut être qualifiée de pertinente dans toutes les situations et pour tous les conducteurs. Cela implique que le choix d'une solution nouvelle devra malgré tout être accompagné par de la communication, de la sensibilisation et de la formation.

6. Conclusion

L'expérimentation menée par SNCF avec le concours d'ECF et à partir de l'utilisation du simulateur de conduite mis à disposition a donné des indications importantes concernant les comportements de conduite à l'abord des passages à niveau. Elle a permis de mieux comprendre la nature générale de ces comportements, avec notamment un rééquilibrage entre ce qui relève de la violation des règles et ce qui relève d'erreurs d'interprétation lors de la conduite.

Cette expérimentation permet également de mieux comprendre les besoins en formation des conducteurs et la nature des informations nécessaires pour voir évoluer leurs représentations.

Ce premier travail devrait sans conteste être prolongé avec les spécialistes et experts des comportements routiers, parce que la problématique de la sécurisation des passages à niveau reste en premier lieu une problématique routière. Cette expérimentation ouvre déjà la voie vers de nouvelles actions de sensibilisation et de communication. Celles-ci pourraient et devraient associer la SNCF, la DSR et tout naturellement les préventeurs des risques routiers.

SNCF souhaite par ailleurs poursuivre cette expérimentation sur un volet de recherche, relatif aux véhicules connectés.

7. Bibliographie

Rapport VTI 491A. 2003 Jeunes Conducteurs novices, Éducation & formation du conducteur
Étude bibliographique Inger ENGSTRÖME Nils PETER GREGERSEN

Hatakka M., Keskinen E, Gregersen N.P., Glad A. Théories et objectifs des mesures d'éducation et de formation. In : Stefan Siegrist (ed), Formation et évaluation du conducteur, obtention du permis de conduire.

Vers une gestion théoriquement fondée du risque routier des jeunes conducteurs. Résultats du projet européen GADGET, Groupe de travail n° 3, Berne, 1999, page 19.

Piaget J. Inhelder B. 1963. Les opérations intellectuelles et leur développement. In : traité de psychologie expérimentale. Tome VII. PUF.

Higelé P. 1997, Construire le raisonnement chez les enfants. RETZ.

Hernja G. Higelé P. (2009) La compréhension des situations de conduite et les prises de risques chez les conducteurs novices jeunes. Recherche, Transport, Sécurité, no 98, pp 13–37

HERNJA, G. 2007. Approche cognitive des élèves des écoles de conduite en situation d'apprentissage : perspectives pour la formation et la recherche, RTS (Recherche, Transport, Sécurité), Lavoisier, N°97, pp. 271-282.

HERNJA, G. HIGELE, P. 2008. La compréhension des situations de conduite et les prises de risque chez les conducteurs novices jeunes, RTS (Recherche, Transport, Sécurité), n°98, Lavoisier, pp. 13-37.

Godley, S. T., Triggs, T. J. and Fildes, B. N. (2002). Driving simulator validation for speed research. Accident Analysis & Prevention, Volume 34, Issue 5, pages 589-600.

Hoffman, L. & McDowd, J. M. (2010). Simulator driving performance predicts accident reports five years later. Psychology and Aging, 25(3), 741–745.

Lee, H., Falkmer, T., Rosenwax, L., Cordell, R., Granger, A., Vieira, B., et al (2008). Validity of driving simulator in assessing drivers with Parkinson's disease. Advances in Transportation Studies: An International Journal (Special issue), 81–90.

Rosen, P. N. (2004). Vision screening for Alzheimer's Disease: Prevention from an Ophthalmologist's perspective. The Permanente Journal, 8(1), 15–21.

Yannis, G., Papantoniou, P. & Pavlou, D. (2016). The Driving simulator as a valid measure of driving behavior. At the Society of Applied Neuroscience Conference (SAN), (Corfu, 6-9 October 2016).

Marberger, C. (2008). Absolute and perceived validity of the Fraunhofer IAO immersive driving simulator. In Proceedings of the Driving Simulator Conference DSC Monaco (Vol. 31, pp. 195-204).

Törnros, J. (1998). Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel—A validation study. Accident Analysis & Prevention, 30(4), 497–503.

Vermersch, P. 1994. L'entretien d'explicitation, ESF Editeur, Paris, 181 p.