



HAL
open science

Analyse approfondie de l'accidentologie d'aménagements urbains. Rapport final

C. Nachtergaele, D. Fleury

► **To cite this version:**

C. Nachtergaele, D. Fleury. Analyse approfondie de l'accidentologie d'aménagements urbains. Rapport final. 2003, 72p. hal-00546273

HAL Id: hal-00546273

<https://hal.science/hal-00546273>

Submitted on 14 Dec 2010

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.



INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SECURITÉ

*Claudine NACHTERGAËLE
Dominique FLEURY*

Analyse approfondie de l'accidentologie d'Aménagements Urbains

*Les carrefours aménagés en giratoires : Analyse de la
tâche des conducteurs traversant un giratoire et
mécanismes de dysfonctionnement générateurs
d'accidents*

Rapport final INRETS/DSCR 01 70 018

*Rapport de convention
INRETS/RE-03-909-FR
Juin 2003*

Les auteurs

Claudine NACHTERGAELE, Ingénieur d'Etude, INRETS - MA

Dominique FLEURY, Directeur de Recherche, INRETS - MA

L'Unité de Recherche

M.A, Département Mécanismes d'Accidents, Chemin de la Croix Blanche, 13300 Salon-de-Provence

Tél : (33) 04 90 53 95 20 - Fax : (33) 04 90 56 25 51



**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SECURITÉ**

Fiche bibliographique

1 UR (1er auteur) MA		2 Projet n°		3 Rapport INRETS n° INRETS/RE-03-909-FR	
4 Titre Analyse approfondie de l'accidentologie d'Aménagements Urbains					
5 Sous-titre <i>Les carrefours aménagés en giratoires : Analyse de la tâche des conducteurs traversant un giratoire et mécanismes de dysfonctionnement générateurs d'accidents</i>				6 Langue F	
7 Auteur(s) Claudine NACHTERGAELE Dominique FLEURY				8 Rattachement ext.	
9 Nom adresse financeur, co-éditeur DSCR – Grande Arche de la Défense 92000 PARIS LA DEFENSE				10 N° contrat, conv. 02 70 018	
				11 Date de publication Juin 2003	
12 Remarques					
13 Résumé Un giratoire implanté sur un axe important de circulation constitue une rupture dans la progression des usagers. La sévérité de cette rupture permet à la fois de réduire les vitesses pour une meilleure sécurité et de traiter efficacement les échanges en intersection. Quand un giratoire est implanté, le niveau de sécurité augmente. Toutefois, des accidents peuvent encore survenir qu'il convenait d'étudier pour proposer quelques principes susceptibles d'améliorer la conception de ces aménagements. Dans cet objectif, des dossiers de l'E.D.A et des procès-verbaux d'accidents survenus dans des giratoires à Aix-en-Provence ont été étudiés. Des scénarios de défaillance fonctionnelle ont été construits. Des conclusions ont été tirées pour prendre en compte dans la conception la tâche de traversée que les usagers ont à réaliser et les fonctions en oeuvre.					
14 Mots clés Accidents – Giratoires – Scénarios			15 Diffusion Libre		
16 Nombre de pages 72		17 Prix -	18 Confidentiel jusqu'au		19 Bibliographie Non

Table des matières

1 – OBJECTIF	7
2 – LE TERRAIN D'ETUDE	9
3 – METHODE	11
3.1 – Généralités sur l'activité de conduite	11
3.2 – Démarche utilisée pour l'étude	11
4 – RESULTATS	13
4.1 – Les accidents étudiés	13
4.2 – Un modèle générique de la tâche de traversée d'un giratoire	13
4.2.1 – Commentaires explicatifs sur le modèle générique	14
4.3 – Les mécanismes de dysfonctionnement générateurs d'accidents	21
4.4 – Les scénarios d'accidents	43
4.4.1 – Localisation des scénarios de défaillance fonctionnelle sur les sites étudiés	46
4.4.2 – Les scénarios de défaillance fonctionnelle et leurs facteurs explicatifs	54
4.4.2.1 – Les scénarios impliquant un problème fonctionnel de détection d'informations utiles pour la tâche de traversée	54
4.4.2.2 – Les scénarios impliquant un problème fonctionnel de traitement de l'information	62
4.4.2.3 – Les scénarios impliquant un problème de gestion de la vitesse et de la trajectoire	62
5 – SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS	65
5.1 – Synthèse des résultats	65
5.2 – Conclusion	68
ANNEXES	71

« Aujourd'hui, élus et techniciens municipaux amorcent une nouvelle démarche en matière d'aménagements de voirie. Ils prennent en compte la sécurité, le partage de la voie publique, la qualité de vie. D'où les giratoires plutôt que les feux tricolores, les barrières de sécurité devant les écoles, les bandes cyclables, les aménagements pour handicapés... Autant de critères qui concourent à nous faire mieux vivre la rue »¹.

1 – OBJECTIF

Aujourd'hui, de nouvelles pratiques d'aménagement se développent en ville. Les principes de modération du trafic et de la vitesse ont permis des gains en sécurité. Toutefois, il existe des accidents résiduels dans les lieux aménagés, parfois de nature et de type inédits, liés aux spécificités des nouvelles configurations des espaces publics.

L'objectif de ce travail est de contribuer à l'amélioration des aménagements du réseau urbain pour tenter de diminuer, autant que faire se peut, le nombre des accidents.

« L'aménagement de carrefour en giratoire a pris une importance croissante depuis le début des années 1980. Hors agglomération, ce sont surtout les excellentes qualités de sécurité des carrefours giratoires qui expliquent leur développement. En agglomération, certains avantages en matière de capacité, de modération de la circulation, d'aménagement du cadre urbain,... s'ajoutent aux avantages de sécurité »².

C'est ce type d'aménagement aujourd'hui largement répandu, qui fait l'objet de cette recherche. Ce travail s'est attaché à étudier dans les accidents, de manière clinique et qualitative, la tâche de traversée des intersections aménagées en giratoire en milieu urbain.

Dans un premier temps, une analyse de cette tâche a été effectuée. Il s'agit ici d'en construire une modélisation suffisamment efficace pour permettre ensuite l'étude des accidents.

La tâche d'un conducteur devant traverser un giratoire consiste à progresser en tenant compte de l'aménagement du site, de sa géométrie, des différents flux de trafic et des situations d'interactions avec les autres utilisateurs. Plusieurs fonctions sont mises en œuvre, perceptives, cognitives, motrices... pour gérer ces situations.

Dans un deuxième temps, l'approche clinique et qualitative s'attache à mettre en évidence les différents mécanismes de dysfonctionnement dans l'activité de conduite des usagers traversant un giratoire et ayant conduit à la survenue d'accidents.

¹ *Revue des collectivités locales* – N° 322 – Mai 2001

² Carrefours giratoires en France : évolutions, niveau de sécurité – T. Brenac – Giratoires 92 – Actes du séminaire international 14, 15, 19 Octobre 1992 – p. 39

2 – LE TERRAIN D'ETUDE

Dans le cadre des Etudes Détaillées d'Accidents (EDA) réalisées par le Département MA, l'équipe de recueil des données intervient sur le secteur de la Ville d'Aix-en-Provence. Cette agglomération présente l'intérêt de posséder un réseau routier varié (grandes artères pénétrantes et périphériques, larges boulevards de centre-ville, zones 30...) ayant donné lieu à des réaménagements qui, pour certains, sont suffisamment anciens pour disposer d'un nombre suffisant de données d'accidents à étudier.

La connaissance de ce secteur par l'équipe de recueil du Département, les facilités qui en découlent pour recueillir sur le terrain et auprès des forces de police, les informations nécessaires à la réalisation de l'étude, ont joué en faveur du choix de cette agglomération pour réaliser ce travail. Par ailleurs, des approfondissements sont envisagés sur les accidents se produisant dans les giratoires urbains dans le cadre des futures EDA.

Le choix du terrain d'étude a donc porté sur 3 grandes artères, à 2 fois 2 voies séparées par un terre-plein central, qui pénètrent dans l'agglomération d'Aix-en-Provence par l'Ouest et sur lesquelles 8 sites aménagés en giratoire ont été étudiés. Il s'agit :

- de la Route de Galice sur laquelle un giratoire de très grande envergure a été aménagé avec l'Avenue Pablo Picasso,
- de l'Avenue Saint John Perse suivie de l'Avenue de l'Europe sur lesquelles 7 sites ont été étudiés :
 - * L'entrée de la Rotonde du Bois de l'Aulne par l'Avenue Saint John Perse,
 - * Le giratoire de l'Avenue Saint John Perse et l'Avenue Marcel Pagnol,
 - * Celui entre l'Avenue de l'Europe, le Boulevard du Docteur Schweitzer et l'Avenue de Tubingen,
 - * Le carrefour entre l'Avenue de l'Europe, l'Avenue du 8 Mai et l'Avenue Albert Baudoin,
 - * Le giratoire de l'Avenue de l'Europe, le Boulevard du Maréchal Leclerc et le Boulevard Ferdinand de Lesseps,
 - * L'intersection entre l'Avenue de l'Europe, l'Avenue Henri Mouret et l'Avenue Max Juvenal,
 - * Le giratoire de l'Avenue de l'Europe, l'Avenue du Petit Barthélémy et la Rue des Allumettes.

Dans le chapitre 4.5 du présent rapport, les sites étudiés sont présentés ainsi que les différents types d'accidents s'y produisant.

3 – METHODE

3.1 – Généralités sur l'activité de conduite

En conduite, l'usager de la route doit réaliser, au fur et à mesure des étapes de sa progression, certaines tâches (franchir ou traverser un carrefour, négocier un virage, etc...) et sous-tâches (*ST*) pour lesquelles il devra mobiliser des ressources attentionnelles, cognitives, etc...

Ces dernières permettent d'aborder les diverses situations routières, en particulier en adaptant sa trajectoire et sa vitesse aux caractéristiques géométriques ou de l'aménagement, ainsi que des interactions avec les autres usagers de la route.

L'activité de conduite est soumise à de fortes contraintes spatio-temporelles, étroitement liées aux différents types d'infrastructure rencontrés et à la complexité plus ou moins importante des situations de conduite. Le conducteur est souvent amené, lors de la réalisation d'une tâche particulière à devoir gérer plusieurs sous-tâches simultanément. Il doit organiser et allouer des ressources pour effectuer, les diverses activités fonctionnelles (*AF*) nécessaires à la gestion des sous-tâches. La tâche de monitoring permet d'organiser une hiérarchie de priorité.

La formalisation des activités fonctionnelles, nécessaires à la gestion d'une sous-tâche de conduite, utilisée est la suivante :

- l'activité essentiellement visuelle de prise d'informations (*I*),
- l'activité cognitive de traitement de ces informations (*T*) regroupant l'interprétation et la compréhension des situations de conduite, les anticipations sur leurs évolutions possibles, l'évaluation de leurs difficultés et dangers potentiels, le choix et la prise de décision sur la stratégie de conduite à adopter,
- la réalisation d'une action (*A*) en réponse aux exigences des situations préalablement perçues et traitées par le conducteur.

3.2 – Démarche utilisée pour l'étude

Sur un itinéraire en rase campagne ou en milieu urbain, la traversée d'une intersection oblige le conducteur à recourir à une stratégie de conduite adaptée à ce point de rupture dans sa progression, à la spécificité des lieux, à la réglementation ainsi qu'au trafic. La traversée d'une intersection représente pour le conducteur une charge de travail nécessitant de mettre en œuvre, dans un certain ordre, en approche puis dans la traversée du site lui-même, diverses activités fonctionnelles (*AF*) lui permettant de gérer les diverses sous-tâches (*ST*) à exécuter.

La réalisation de ce travail clinique sur la traversée d'intersections urbaines aménagées en giratoires et sur les mécanismes générateurs d'accidents lors de la réalisation de cette tâche, s'est appuyée sur l'analyse de cas d'accidents s'étant produits sur ce type de carrefour.

Les accidents ont été étudiés sous l'angle de l'activité des conducteurs identifiés comme « actifs » dans la création de la situation d'accident³. Autrement dit, il s'agit des conducteurs qui, n'ayant pu

³ DESPRES S. (2002) Exploitation d'une expertise en accidentologie pour l'aide à l'Etude Détaillée d'Accidents. Thèse d'Habilitation Université de Paris V. Discipline : Informatique.

GIRARD Y., (2002) Bilan de l'Etude Détaillée des Accidents (mai 2002). Rapport final de convention INRETS/DSCR N° 00-70-010, Salon-de-Provence.

réaliser correctement au moins une activité fonctionnelle lors de la gestion d'une sous-tâche spécifique a été considéré comme étant l'usager ayant créé la rupture entre une conduite préalablement stable et une situation d'accident à laquelle, souvent, un autre usager sera confronté et aurait dû réagir par une manœuvre d'urgence adaptée.

Suivant la dynamique spatio-temporelle de cette activité, l'analyse de la tâche de traversée de ce type de carrefour a été réalisée selon un découpage en phases enchaînées de la progression du conducteur vers et dans la traversée du site. A chacune de ces phases de progression, nous avons identifié les sous-tâches (*ST*) que les conducteurs accidentés auraient dû gérer efficacement pour pouvoir poursuivre leur tâche de traversée et les fonctions privilégiées (*I, T, A*) requises.

L'étude présente, dans un premier temps, le modèle générique de la tâche de traversée d'un giratoire.

L'analyse des cas d'accidents a également permis, pour chacune de ces phases de progression, et pour chaque sous-tâche, d'identifier :

- * Les défaillances fonctionnelles origines (*DFO*).

Dans la chaîne fonctionnelle à mettre en œuvre par les usagers pour réaliser cette tâche (fonctions de recherche et de saisie des informations, traitement des informations et action), les défaillances fonctionnelles origines s'entendent comme étant les activités fonctionnelles à l'origine de la dégradation de la situation de conduite préalablement stable jusqu'à la survenue de l'accident.

- * Les facteurs explicatifs de ces défaillances fonctionnelles origine.

- * Les types de situations d'accidents résultant de ces défaillances.

La recherche présente, dans un deuxième temps, les différents mécanismes de dysfonctionnements ainsi identifiés à chacune des phases de la progression des conducteurs et pour chaque sous-tâche à réaliser. Ces mécanismes sont présentés sous forme de « chaînes causales » génériques assorties de commentaires explicatifs plus détaillés.

4 – RESULTATS

4.1 – Les accidents étudiés

59 accidents s'étant produits sur ce type d'intersections de 1998 à 2001 et ayant donné lieu à EDA ou procès-verbal, ont été analysés (cf. Exemple de fiche d'analyse en annexe 1).

Ces accidents peuvent être classés par grands types :

- * 23 accidents impliquent un usager qui pénètre sur l'anneau d'un giratoire en conflit avec un véhicule prioritaire y circulant ou venant également de s'y engager,
- * Dans 14 cas, un usager percute à l'arrière un véhicule qui le précède, le plus souvent ce type d'accident se produit à l'entrée du giratoire,
- * 13 cas impliquent la traversée d'un piéton la plupart du temps sur passage protégé, en entrée ou en sortie d'un giratoire,
- * 5 accidents se produisent entre un usager qui change de direction à droite pour sortir d'un giratoire et un usager poursuivant sa progression sur l'anneau,
- * 4 accidents impliquent une perte de contrôle d'un usager lors de son entrée ou de sa sortie d'un giratoire.

4.2 – Un modèle générique de la tâche de traversée d'un giratoire

Ce modèle est présenté selon le découpage séquentiel en phases précédemment évoqué. Ce découpage a été réalisé en suivant la logique de la progression, dans l'espace et dans le temps, d'un conducteur qui aborde un giratoire sur l'anneau duquel il s'introduit, puis circule jusqu'à la branche de sortie lui permettant de poursuivre son trajet. Cette logique nous a conduit à découper cette progression en 5 phases, elles sont définies en fonction des priorités de l'activité qui peuvent changer d'une phase à l'autre. Les limites spatiales (chiffrées) sont ici données à titre indicatif. A chacune de ces phases, nous avons fait correspondre les différentes sous-tâches que les conducteurs accidentés n'ont pu réaliser efficacement pour pouvoir enchaîner, sans encombre, sur la phase suivante de leur progression. A chacune de ces sous-tâches, nous avons fait correspondre les activités fonctionnelles nécessaires à leur réalisation et plus ou moins prépondérantes dans la phase concernée.

Le modèle générique de la tâche de traversée d'un giratoire utilisé pour cette étude clinique des accidents est le suivant :

SOUS-TACHES	PHASE 1 APPROCHE Distance >30 - 40m	PHASE 2 ENTREE IMMINENTE Distance <30 - 40m>2m	PHASE 3 INSERTION SUR L'ANNEAU <2 m à 0 m	PHASE 4 PROGRESSION SUR L'ANNEAU	PHASE 5 SORTIE DU GIRATOIRE
Perception du giratoire	++ IT	++ IT			
Détection de la branche à emprunter pour sortir du giratoire	+ IT	++ IT	++ IT	+ IT	+ IT
Interaction avec du trafic devant soi sur la même voie	+ ITA	++ ITA	++ ITA	+ ITA	+ ITA
Régulation de la vitesse		++ ITA	+ A	+ A	++ ITA
Suivi de trajectoire		++ ITA	++ A	+ A	++ ITA
Interaction avec du trafic à gauche sur l'anneau		++ ITA	+ ITA		
Interaction avec du trafic s'engageant sur l'anneau depuis un autre axe à gauche		++ ITA	+ ITA		
Interaction avec du trafic circulant sur la même chaussée mais une autre voie		+ ITA	++ ITA	+ ITA	+ ITA
Interaction avec du trafic s'engageant sur l'anneau à partir d'un autre axe à droite		+ ITA	++ ITA	++ ITA	+ ITA
Interaction avec un piéton traversant		++ ITA	+ ITA	+ ITA	++ ITA

4.2.1 – Commentaires explicatifs sur le modèle générique

Dans ce modèle, les fonctions requises pour la gestion des sous-tâches ainsi que leur niveau d'importance et de priorité sont symbolisées de la manière suivante :

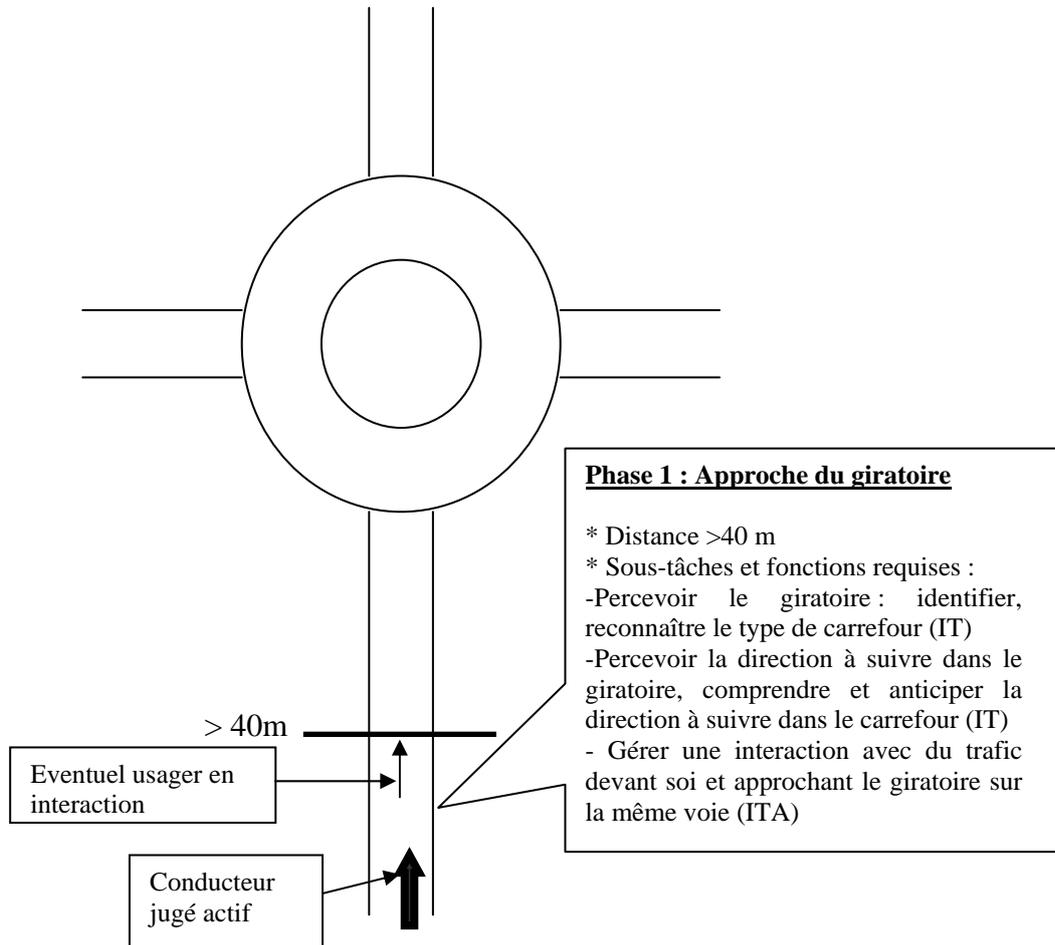
- * **I** pour la fonction visuelle, de recherche et de saisie d'informations utiles pour réaliser la sous-tâche,
- * **T** pour une fonction cognitive de traitement des informations, pouvant se décomposer en interprétation, compréhension, anticipation, évaluation, choix et prise de décision.
- * **A** pour les fonctions motrices utiles à la réalisation des manœuvres nécessaires aux sous-tâches.

++ signifie que la fonction sollicitée par la sous-tâche dans la phase concernée est prépondérante par rapport à d'autres et qu'elle permet de traiter des conflits dont les conséquences peuvent être importantes en termes de dommage.

+ signifie que la fonction est évidemment toujours sollicitée par la sous-tâche dans la phase concernée mais de manière moins prioritaire et importante que pour d'autres sous-tâches.

Pour chaque phase, sont présentés, ci-après, des schémas récapitulatifs des différentes sous-tâches à gérer et des fonctions nécessaires ainsi qu'un commentaire expliquant les interactions entre sous-tâches et fonctions requises pour leur gestion.

Phase 1 : Approche du giratoire



La phase 1 est l'étape d'approche du giratoire que nous avons située à une distance supérieure à 40 m environ en amont de l'entrée du carrefour.

Durant cette phase, le conducteur approchant un giratoire doit percevoir suffisamment tôt (surtout s'il n'a pas une bonne connaissance du trajet) qu'il va rencontrer ce type de carrefour (sous-tâche de perception du carrefour). Il pourra alors adopter une stratégie de conduite adaptée au site rencontré et mobiliser les ressources nécessaires pour accomplir cette tâche de traversée.

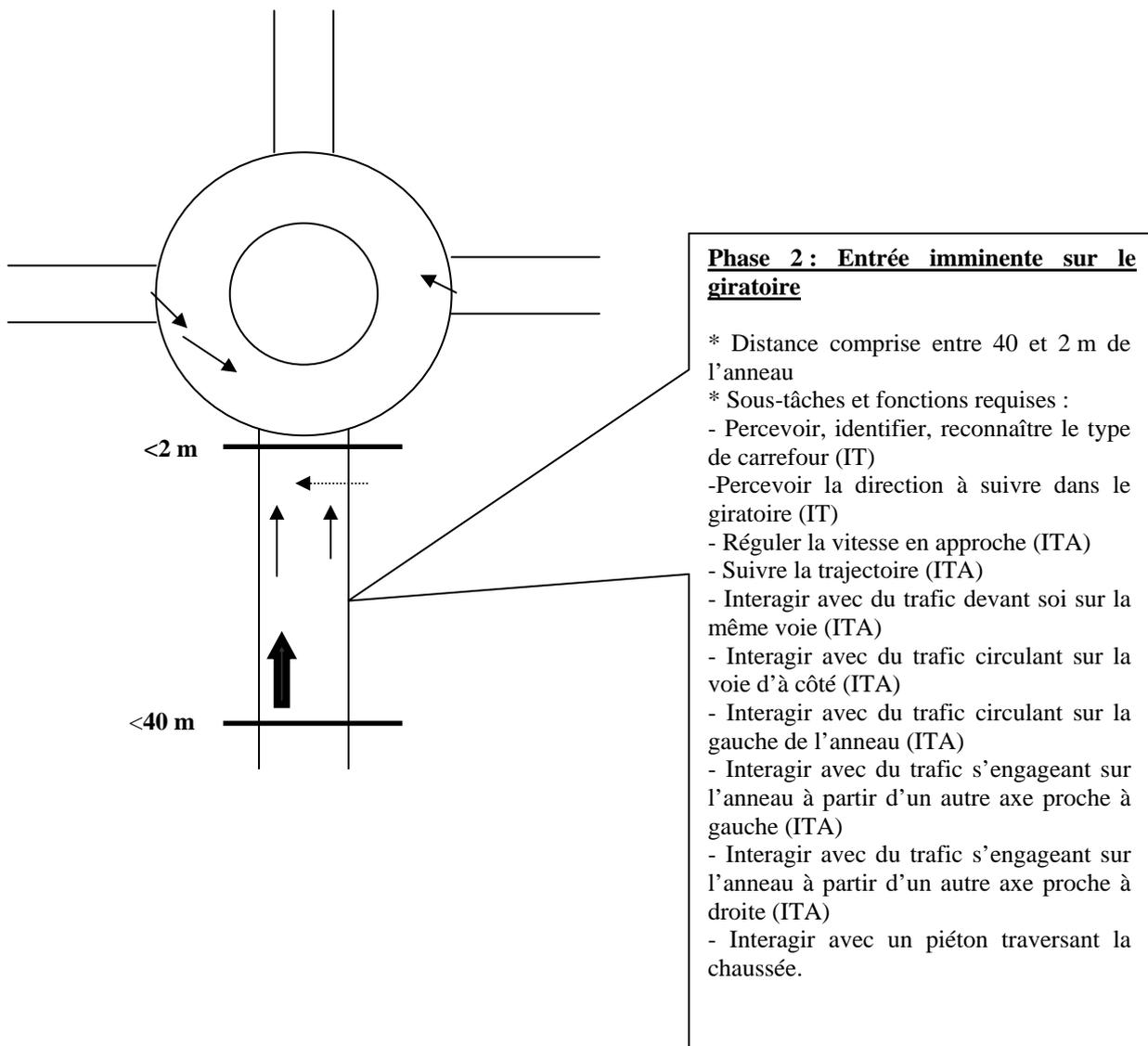
Dans le cas où le conducteur ne connaît pas ou trop peu le trajet, une autre sous-tâche, en approche, consiste à détecter dans l'environnement les informations disponibles concernant la direction à suivre au carrefour afin de pouvoir anticiper et négocier les changements de trajectoire appropriés.

A cette étape, les fonctions du conducteur sollicitées pour ces 2 sous-tâches sont essentiellement perceptives et cognitives (puisqu'elle ne nécessite la réalisation d'aucune manœuvre particulière). En effet, il s'agit essentiellement pour l'utilisateur de saisir dans l'environnement, en approche du giratoire, les informations utiles (fonction **I**) pour identifier, comprendre... qu'il arrive à un

carrefour de ce type, au niveau duquel il devra adapter une stratégie de conduite spécifique pour pouvoir poursuivre son trajet dans la bonne direction (fonction **T**).

Dans certains cas, une troisième sous-tâche consiste à gérer à l'approche du carrefour une interaction particulière avec du trafic circulant devant sur la même voie. En effet, la présence du carrefour peut modifier la circulation en approche. Lorsque le trafic est dense, un ralentissement, voire un arrêt de la circulation bien en amont du carrefour peut se produire. L'utilisateur approchant l'intersection doit donc percevoir (fonction **I**) la modification des conditions de circulation, comprendre la situation (fonction **T**), et modifier sa propre stratégie de circulation notamment par une régulation de sa propre vitesse (fonction **A**).

Phase 2 : Entrée imminente sur le giratoire



La phase 2 est l'étape d'entrée imminente dans le giratoire. Elle se situe entre 40 m et 2 m en amont de l'anneau. Les observations sur les sites ont permis d'identifier que c'était généralement dans cette zone que les conducteurs modifiaient significativement leurs comportements de conduite en fonction de leur arrivée au carrefour et des différentes sous-tâches à réaliser sur ce type de site.

Les sous-tâches à gérer durant cette phase apparaissent plus nombreuses, plus ou moins complexes selon les moments de la journée et le volume de trafic. Elles peuvent être simultanées et parfois concurrentes. Ces différentes sous-tâches et les fonctions qu'elles sollicitent sont les suivantes :

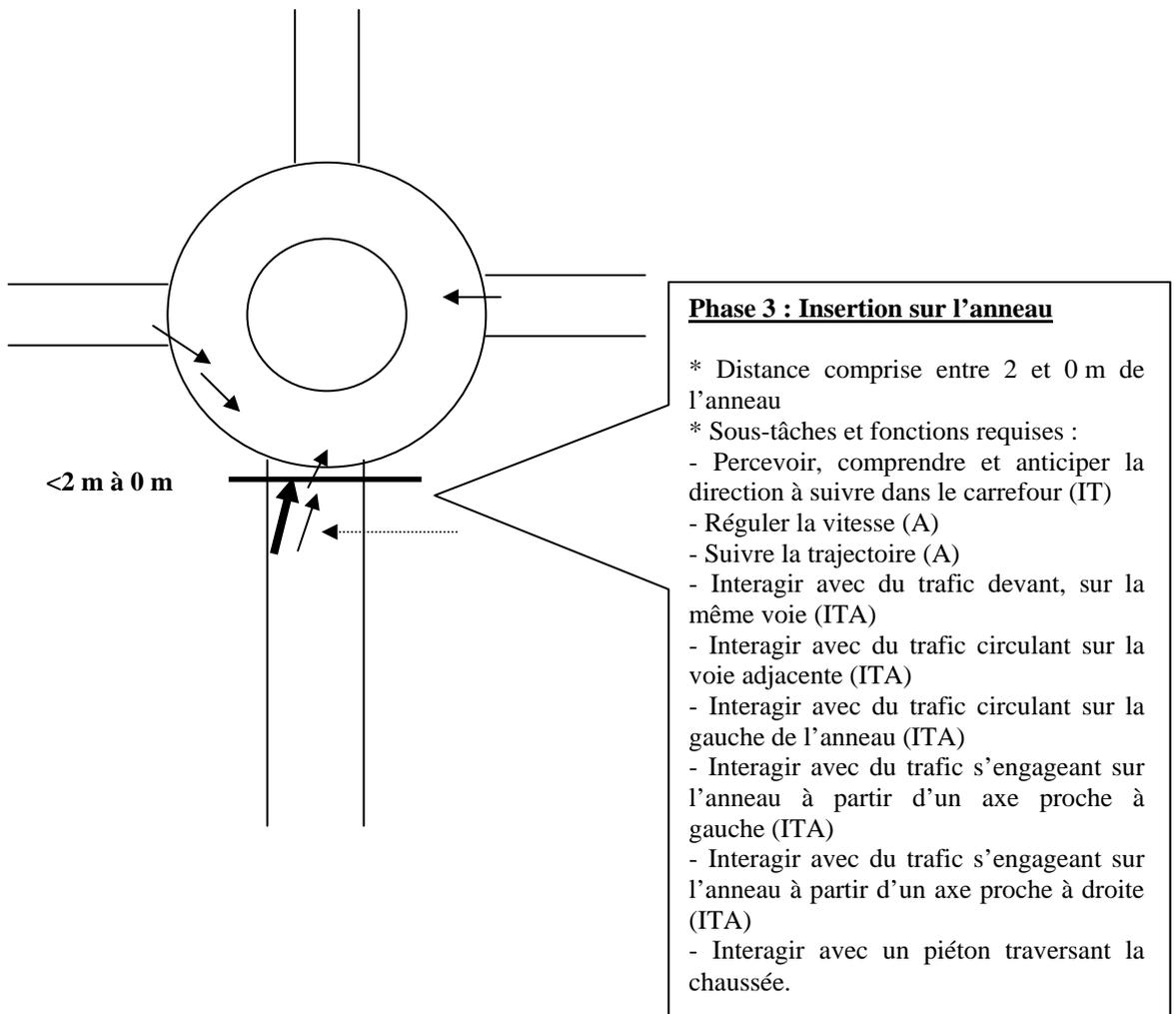
- * Comme dans la phase 1, mais de manière encore plus urgente à cette étape, il est indispensable pour le conducteur de percevoir (**I**), identifier et comprendre (**T**) qu'il rencontre un giratoire qu'il va devoir franchir. De même qu'il est important que les conducteurs ne connaissant pas le site puissent percevoir (**I**) et comprendre (**T**) la direction et la trajectoire à suivre.
- * Les giratoires sont réglementés par balise qui n'oblige pas les conducteurs à effectuer un arrêt en bordure de la chaussée. Néanmoins, les contraintes géométriques de la route en abord immédiat et dans le giratoire ainsi que celles induites par le trafic prioritaire circulant sur la chaussée annulaire, nécessitent une régulation significative de la vitesse d'approche et de la trajectoire à suivre. Il s'agit alors pour l'usager de percevoir ces diverses contraintes, de les traiter et de s'y adapter par la mise en œuvre d'action avant d'aborder le carrefour (**ITA**).
- * Les observations sur le terrain ont montré une grande diversité dans les comportements de conduite des usagers abordant directement un giratoire. La régulation de vitesse mise en œuvre est plus ou moins précoce, plus ou moins forte. La recherche d'informations sur l'anneau peut être précoce, rapide et renouvelée lors de la progression, ou plus tardive et effectuée une seule fois, et parfois focalisée un certain temps au niveau de l'entrée sur le giratoire. Cette diversité semble liée d'une part aux différences inter-individuelles des usagers qui ne conduisent pas à l'identique, ainsi qu'à la manière dont les usagers traiteront les contraintes qui leur sont imposées par la configuration du site et le trafic.

Ainsi, l'usager s'appêtant à pénétrer sur l'anneau du giratoire peut être précédé d'un autre véhicule circulant sur la même voie dont le conducteur n'adoptera pas forcément la même stratégie de conduite. Cet usager doit donc surveiller le véhicule qui le précède, comprendre les intentions de son conducteur et adopter une stratégie de conduite, en particulier une vitesse, adaptée à celle de ce véhicule (**ITA**).

- * Quand l'approche immédiate du giratoire se fait sur une chaussée à 2 voies, ou sur une voie large permettant la circulation sur 2 files, le conducteur doit également surveiller le trafic circulant sur la voie adjacente pour être en mesure de détecter, comprendre et agir (**ITA**) en fonction de la survenue d'événements de conduite envisageable sur cette zone (changement de voie tardif ou arrêt pour laisser traverser un piéton par exemple).
- * Compte tenu de la réglementation en vigueur sur ce type de carrefour, l'insertion sans arrêt préalable sur l'anneau du giratoire est fonction de l'absence de véhicules prioritaires approchant sur la gauche de cet anneau (ou sur le point de s'y insérer depuis l'axe le plus proche sur la gauche (cas de faible distance entre les axes). Ces véhicules potentiellement interférents dans la manœuvre d'entrée dans le giratoire doivent être perçus lors de la recherche d'informations du conducteur qui est généralement anticipée durant cette phase. Dans certains cas, lorsque le véhicule potentiellement interférent est suffisamment éloigné du point de croisement des trajectoires, le conducteur doit également estimer s'il dispose ou non d'un créneau suffisant pour pouvoir s'introduire dans le giratoire. Il peut alors décider s'il lui est nécessaire ou non de s'arrêter au bord de l'anneau pour laisser la priorité à ce véhicule (**ITA**).

- * L'introduction effective sur l'anneau du giratoire nécessite également une surveillance du trafic se situant sur la droite dans l'anneau et qui peut également interférer avec la trajectoire à suivre. Cela concerne également des usagers qui s'introduisent en même temps sur l'anneau à partir de l'axe de droite le plus proche.
- * Sur ces sites urbains des passages piétons sont souvent aménagés sur les différents axes, à faible distance de l'anneau. Dans cette phase, le conducteur doit donc aussi percevoir, traiter et agir en fonction du comportement d'un piéton.

Phase 3 : Insertion sur l'anneau



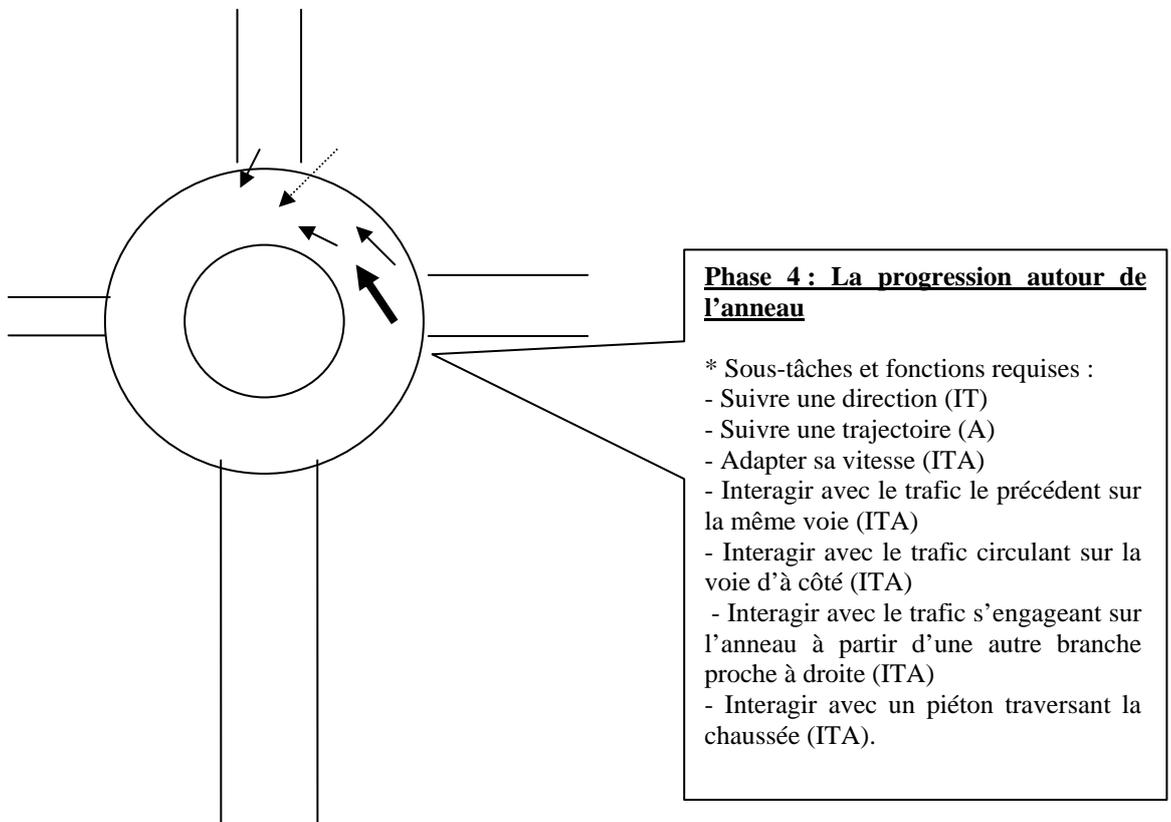
Dans les 2 derniers mètres avant d'entrer dans l'anneau du giratoire, le conducteur est en phase d'insertion. Comme en phase 2, les sous-tâches à gérer sont nombreuses, plus ou moins complexes et peuvent être concurrentes les unes avec les autres.

A cette étape de sa progression, l'utilisateur doit poursuivre certaines sous-tâches entreprises de manière prépondérante dans les phases antérieures telles que -pour les non habitués du site- continuer son éventuelle recherche directionnelle (**IT**), réguler sa vitesse compte tenu des contraintes du site et du trafic (**A**), renouveler la recherche d'information sur la gauche de l'anneau

pour prendre en compte une éventuelle évolution des conditions de trafic initialement perçues en phase 2 (**ITA**), continuer à prendre de l'information sur l'éventuelle traversée d'un piéton dans cette zone d'entrée dans le giratoire (**ITA**).

Certaines autres sous-tâches sont spécifiques à cette étape. Il est important pour le conducteur d'anticiper la trajectoire qu'il va suivre dans le giratoire pour atteindre la branche qu'il va emprunter pour sortir (**A**), notamment quand l'anneau a 2 voies de circulation, il doit choisir de s'insérer soit sur la voie de droite, soit sur la voie de gauche. Sur ce type de giratoire, il devra être particulièrement attentif à la trajectoire d'insertion du véhicule le précédant ou de celui circulant sur la voie voisine de la sienne pour éviter un possible conflit de trajectoire au moment de l'insertion effective sur l'anneau (**ITA**). Dans les giratoires où la distance entre les axes n'est pas très élevée, il devra également gérer, sous contrainte de temps, lors de l'insertion, une éventuelle interaction avec un usager s'insérant simultanément sur l'anneau à partir de l'axe de droite le plus proche (**ITA**).

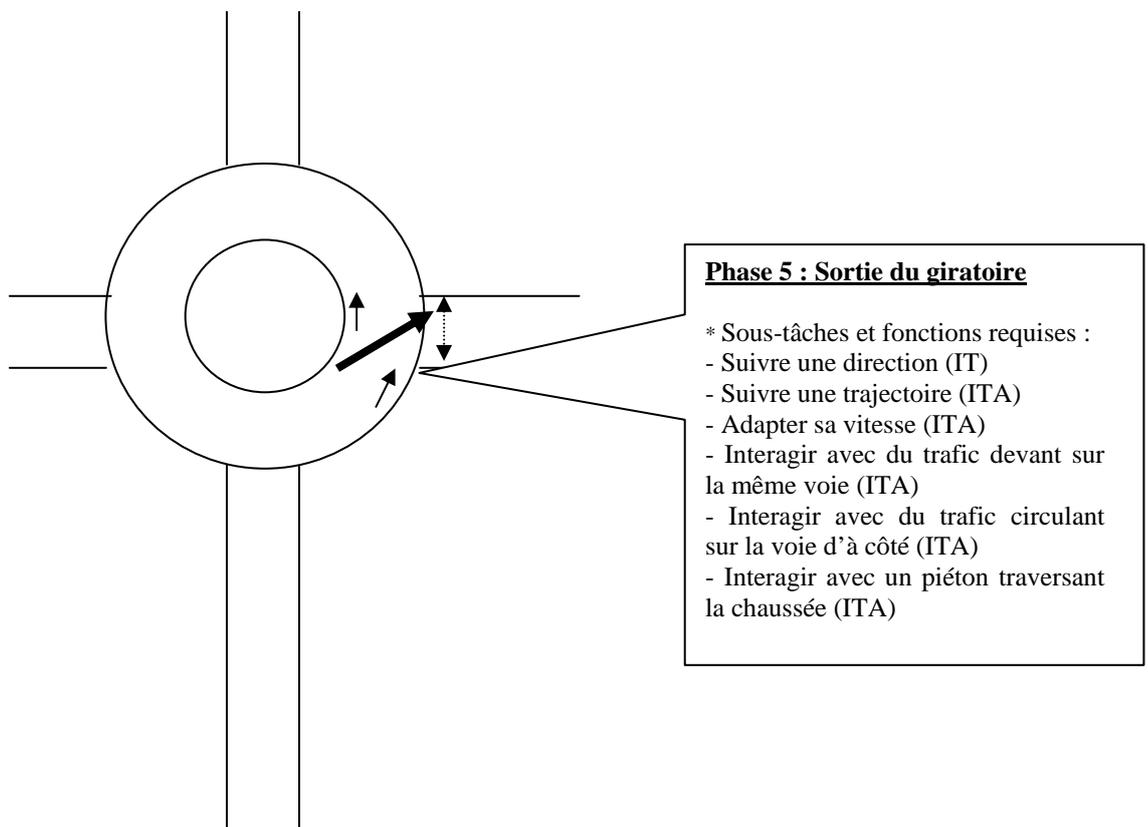
La phase 4 : Progression autour de l'anneau



Une fois inséré sur l'anneau du giratoire, le conducteur doit poursuivre la gestion de sa trajectoire en fonction de la direction à atteindre et des contraintes géométriques de la chaussée en courbe (**I, T, A**), de même qu'il doit continuer à réguler sa vitesse en fonction des contraintes géométriques et des autres usagers circulant dans le giratoire sur la même voie, ou éventuellement sur la voie adjacente (dans les giratoires à deux voies) (**I, T, A**). Toute traversée de la chaussée circulaire par un piéton cheminant en dehors des passages aménagés à cet effet n'est pas exclue, le conducteur doit donc pouvoir aussi percevoir et prendre en compte ce type d'événement lors de sa progression autour de l'anneau (**ITA**).

Durant cette phase, le conducteur progressant sur l'anneau, bien que bénéficiant du statut prioritaire, doit toutefois surveiller le trafic approchant le giratoire à partir d'un autre axe sur la droite afin de pouvoir réagir à une éventuelle situation de conflit avec un usager non prioritaire s'introduisant ainsi sur l'anneau (**ITA**).

La phase 5 : Sortie du giratoire



A cette étape de la traversée d'un giratoire le conducteur doit identifier l'axe de sortie et se positionner sur la chaussée de manière à pouvoir l'emprunter pour poursuivre son trajet (**ITA**). Il doit également réguler sa vitesse en fonction des contraintes géométriques du tracé à la sortie du giratoire qui nécessite d'effectuer un virage à droite plus ou moins serré (**ITA**). Pour réaliser cette manœuvre, il doit également gérer sa progression en fonction d'un éventuel usager le précédant (**ITA**). S'il est initialement positionné sur la gauche de l'anneau, il devra également gérer sa progression vers l'axe de sortie situé à droite en tenant compte d'une éventuelle interaction avec un usager circulant sur la voie de droite qu'il devra traverser pour sortir du giratoire.

Le conducteur devra être vigilant à une éventuelle traversée d'un piéton dans la zone de sortie du giratoire (**ITA**). Des passages piétons sont souvent aménagés sur les axes de sortie des giratoires.

4.3 – Les mécanismes de dysfonctionnement générateurs d'accidents

L'analyse au cas par cas des 59 cas d'accidents étudiés nous a permis d'identifier et de rendre compte, pour chaque phase de la progression du conducteur et pour chacune des sous-tâches à gérer dans ces phases, des mécanismes de dysfonctionnement observables.

Ces mécanismes de dysfonctionnement sont présentés ci-après sous forme de « chaînes causales ». Ces chaînes causales rendent compte des éléments propres à l'infrastructure ou à l'utilisateur (facteurs – symbole **F**) mis en cause par l'analyse dans la survenue des défaillances fonctionnelles originelles (symbole **DFO**) du conducteur qui ne lui ont pas permis de réaliser efficacement une sous-tâche, provoquant ainsi une situation d'accident (**SA**).

Pour une telle étude clinique, dont le principal intérêt est de mettre en évidence les dysfonctionnements en cause dans la survenue d'accidents lors de la traversée d'un giratoire, l'accent a été mis sur l'activité des conducteurs identifiés comme « actif » dans la création des situations d'accident.

Ces mécanismes de dysfonctionnement sont présentés dans les pages suivantes assortis, pour chacun d'entre eux d'un commentaire explicatif plus détaillé.

LES MECANISMES DE DYSFONCTIONNEMENT

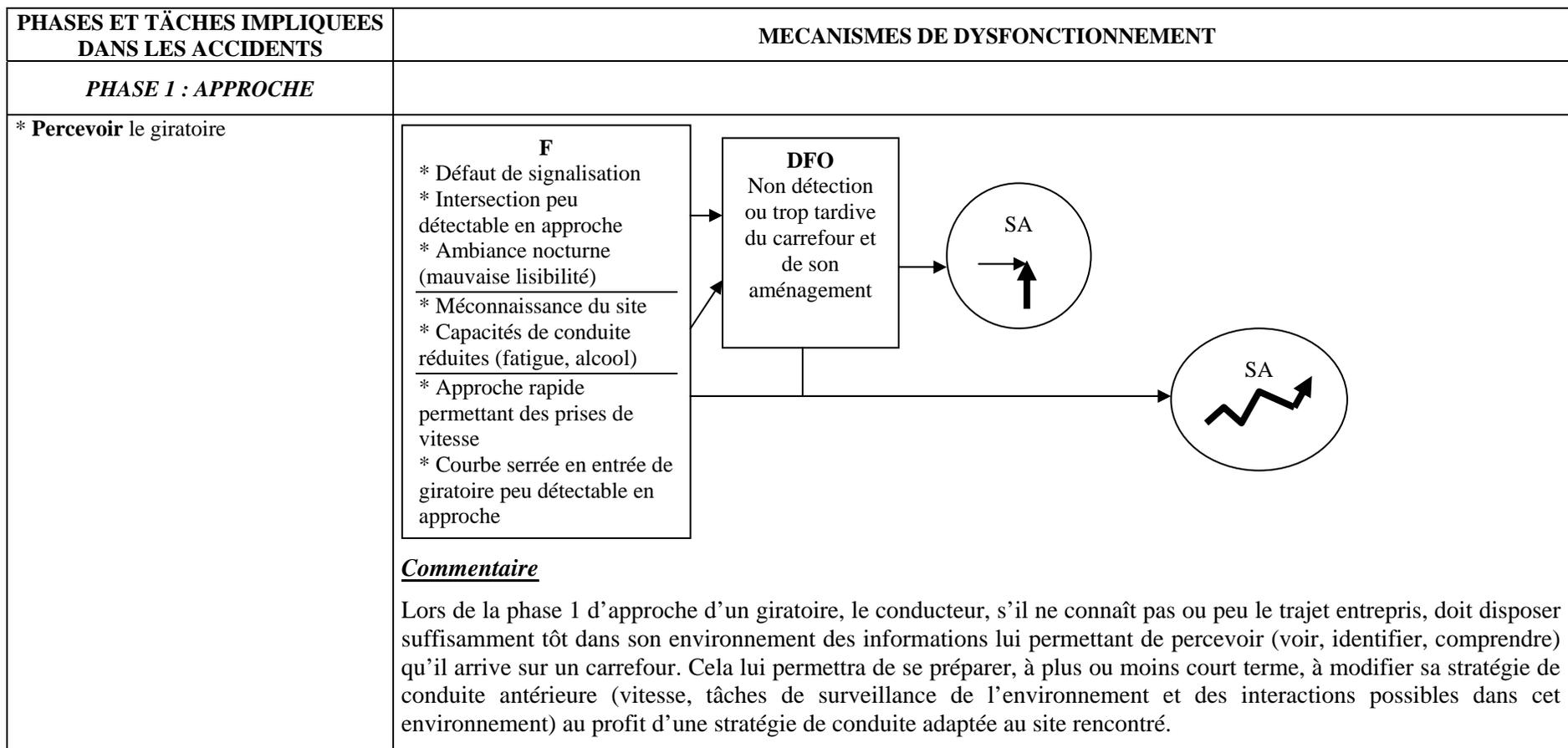
Légende :

F = Facteurs explicatifs

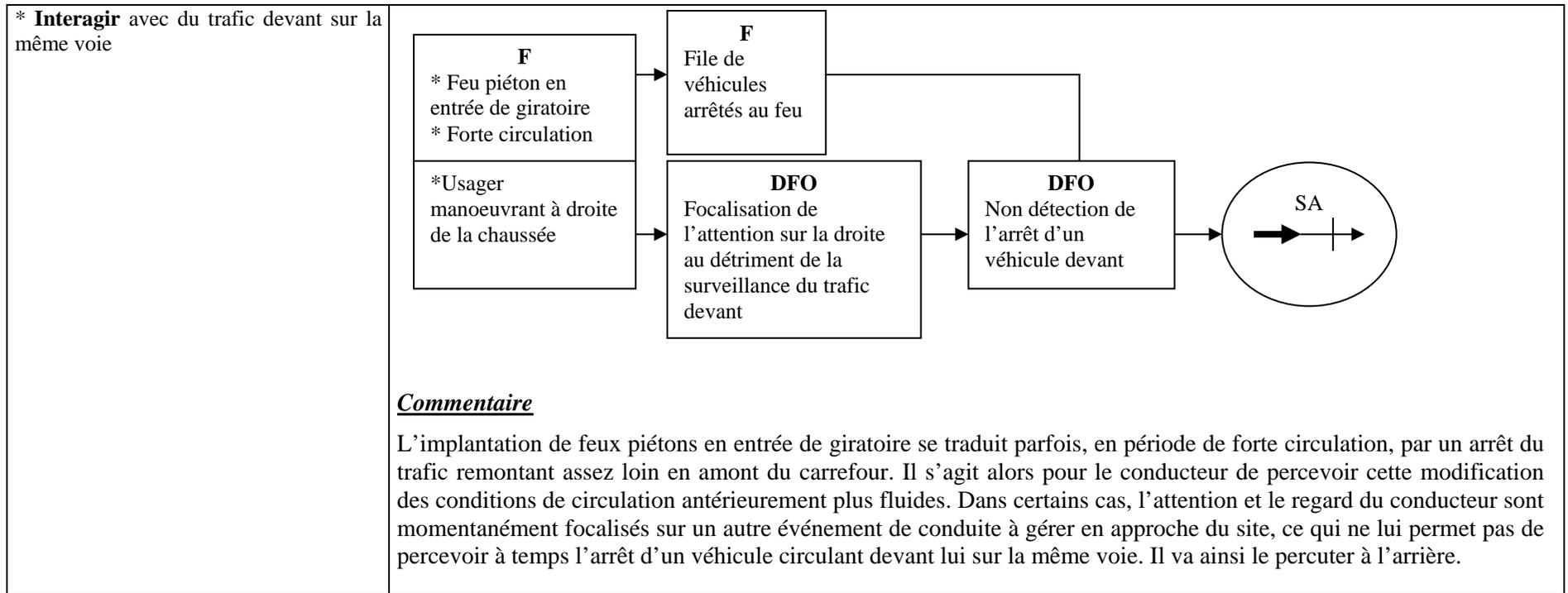
DFO = Défaillances Fonctionnelles Origines

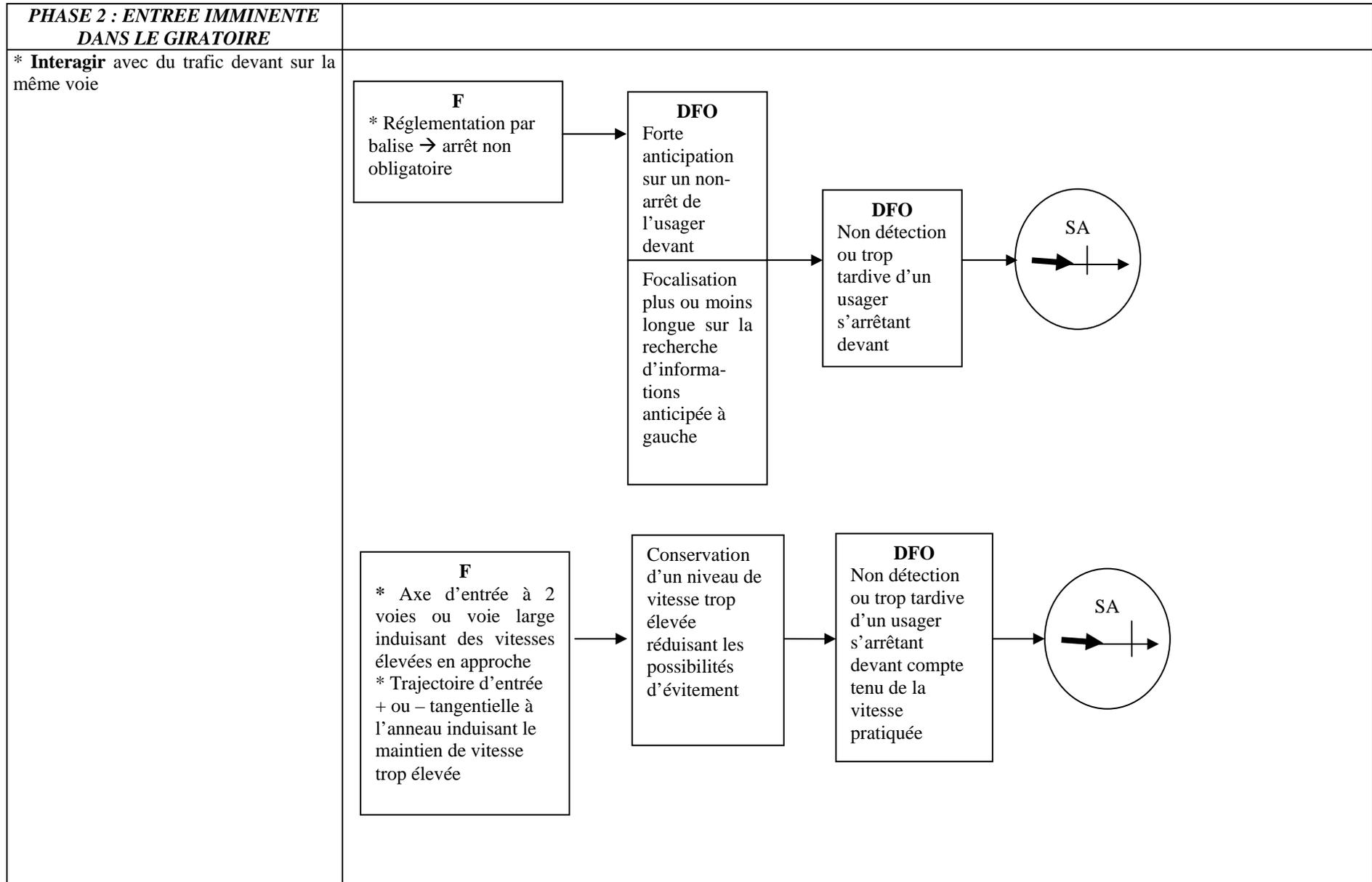
SA = Situation d'accident

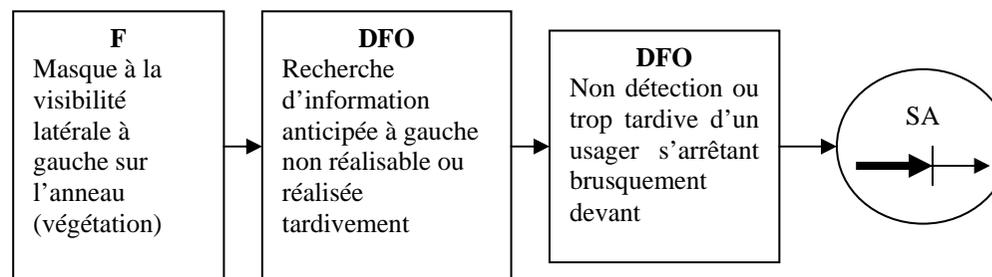
Usager Actif = ➔



	<p>Dans certains cas d'accident, par manque d'information et une mauvaise lisibilité de la route qui ne permet pas une bonne perception du carrefour, des conducteurs peu familiers du lieu et circulant souvent dans des états dégradés (fatigue, alcool) ne perçoivent pas ou trop tardivement le site, sa géométrie et ses aménagements. Le conducteur soit entre dans le giratoire « dans la foulée » en coupant la trajectoire d'un autre usager y circulant, soit perd le contrôle de son véhicule à l'entrée d'un giratoire aménagée en courbe à droite de rayon serré incompatible avec la vitesse pratiquée en approche.</p>
--	---







Commentaires sur ces mécanismes de dysfonctionnements

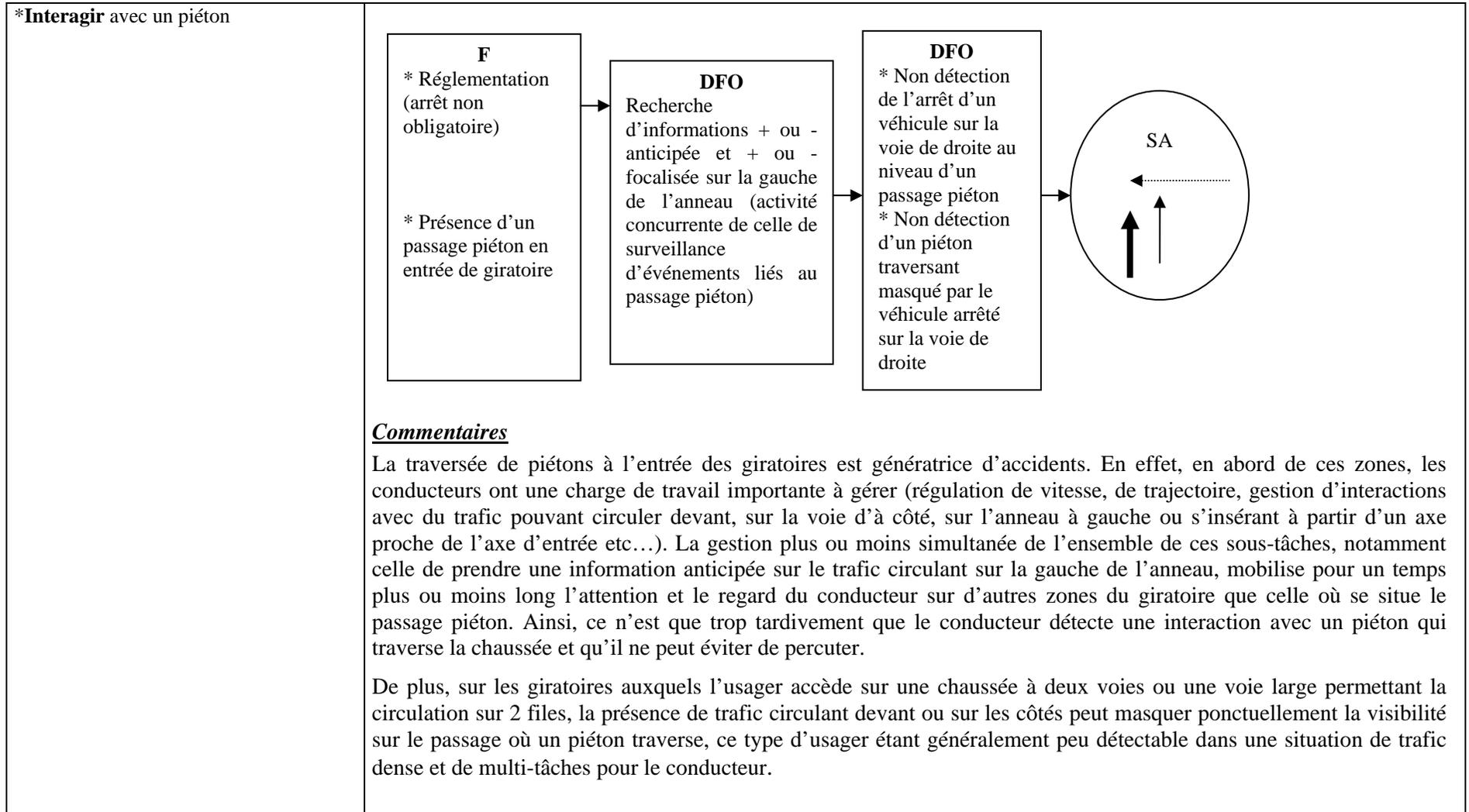
Lors de l'arrivée imminente dans le giratoire, le conducteur peut être précédé d'un autre usager qui circule sur la même voie. Il s'agit alors pour ce conducteur d'effectuer, en même temps que les autres sous-tâches, une activité de surveillance du comportement de l'usager qui le précède pour réguler sa conduite, notamment en termes d'ajustement de la vitesse pratiquée.

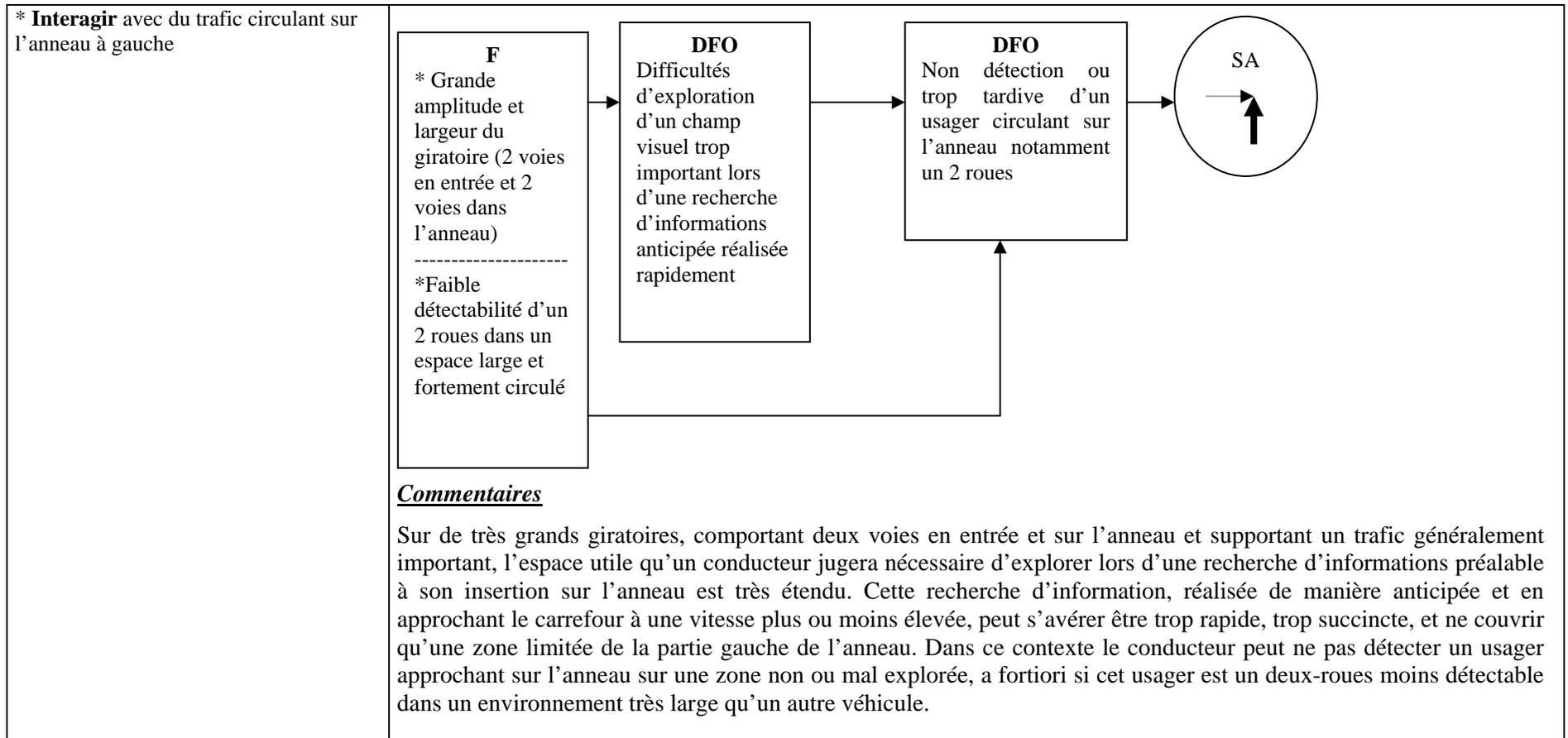
La réglementation en vigueur sur les giratoires (balise de priorité) n'obligent pas les conducteurs à s'arrêter avant de pénétrer sur l'anneau. Une approche sur 2 voies ou une voie large, ou une entrée dans le giratoire selon une trajectoire plus ou moins tangentielle à l'anneau, sont autant d'éléments d'aménagement qui laissent la possibilité aux conducteurs de pratiquer des stratégies de conduite différentes. La prise d'information sera plus ou moins anticipée sur la gauche de l'anneau et les régulations de vitesse mises en œuvre dans cette phase plus ou moins importantes.

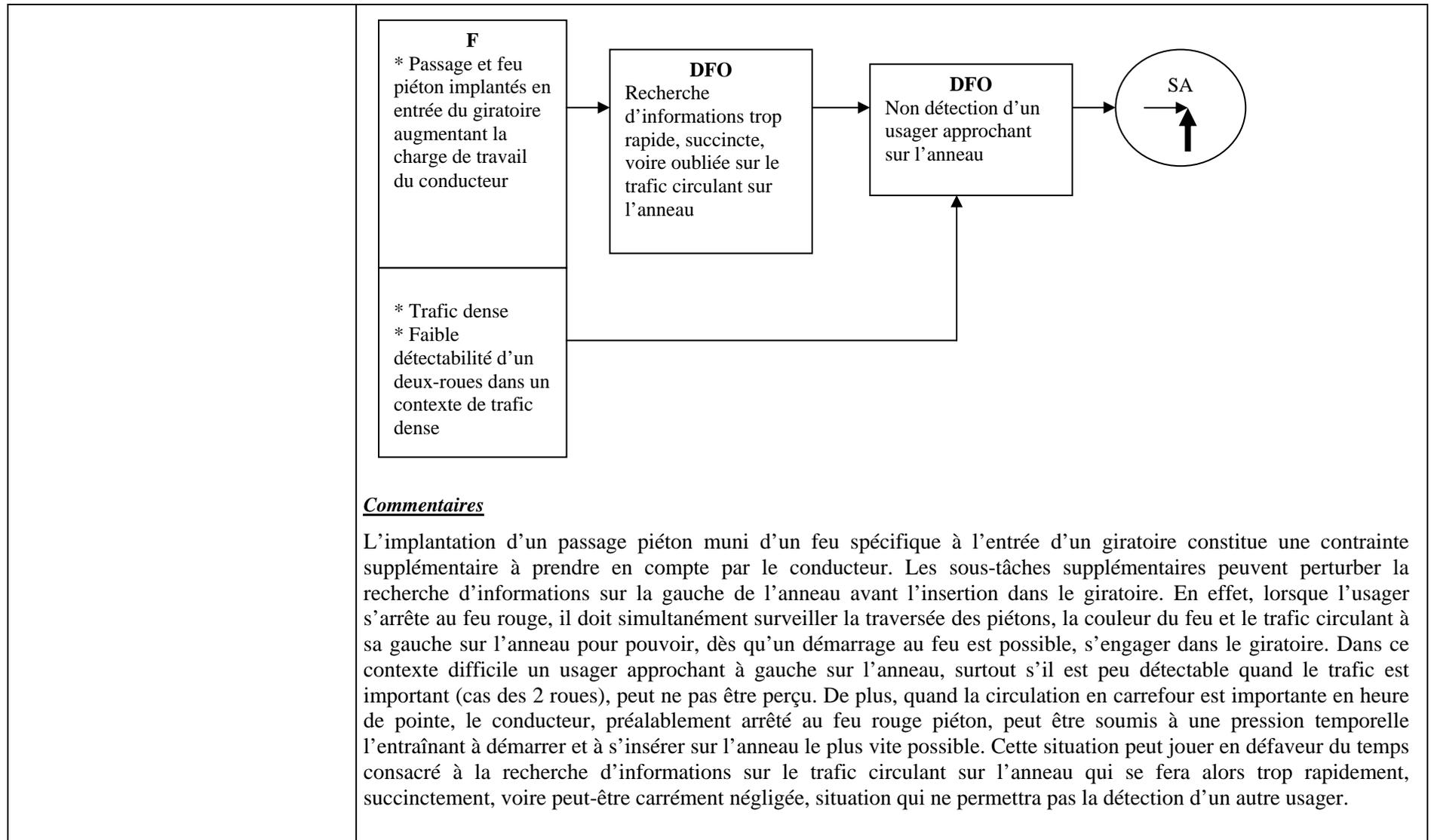
Ainsi, certains conducteurs, en fonction de leur propre perception de la situation de trafic sur l'anneau, de leurs priorités et style de conduite sur ce type de site sont amenés à envisager puis effectuer un arrêt avant de s'insérer sur le giratoire, alors que d'autres conducteurs n'envisageront pas de s'y arrêter et anticiperont sur un non arrêt similaire de la part de l'usager les précédant.

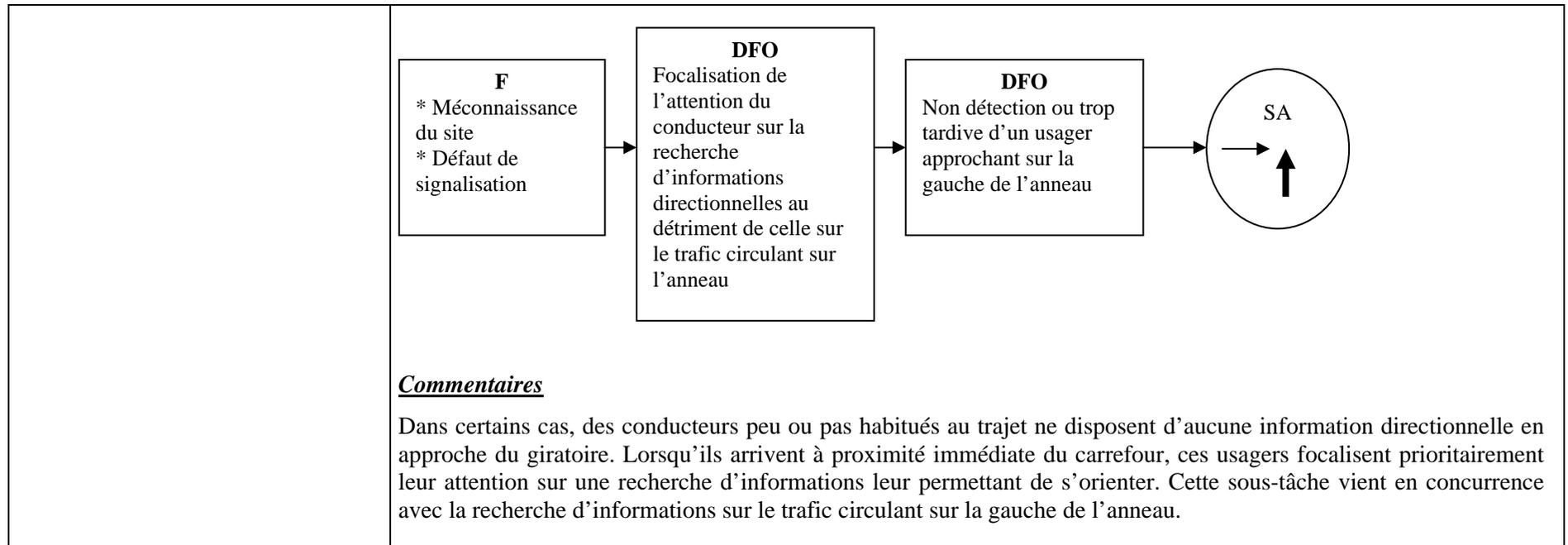
A ces différences de stratégies entre usagers qui peuvent déjà être génératrices de conflits potentiels, vient s'ajouter dans quasiment tous les cas le détournement momentané de l'attention du conducteur vers la gauche du giratoire pour prendre une information. Cette tâche peut se prolonger plus ou moins dans le temps, et être réalisée à des vitesses entraînant un rapprochement rapide de l'usager le précédant. Ainsi, le conducteur ne percevra pas ou trop tardivement l'arrêt du véhicule qui le précède pour pouvoir s'arrêter derrière cet usager a fortiori lorsqu'il a conservé une vitesse trop élevée.

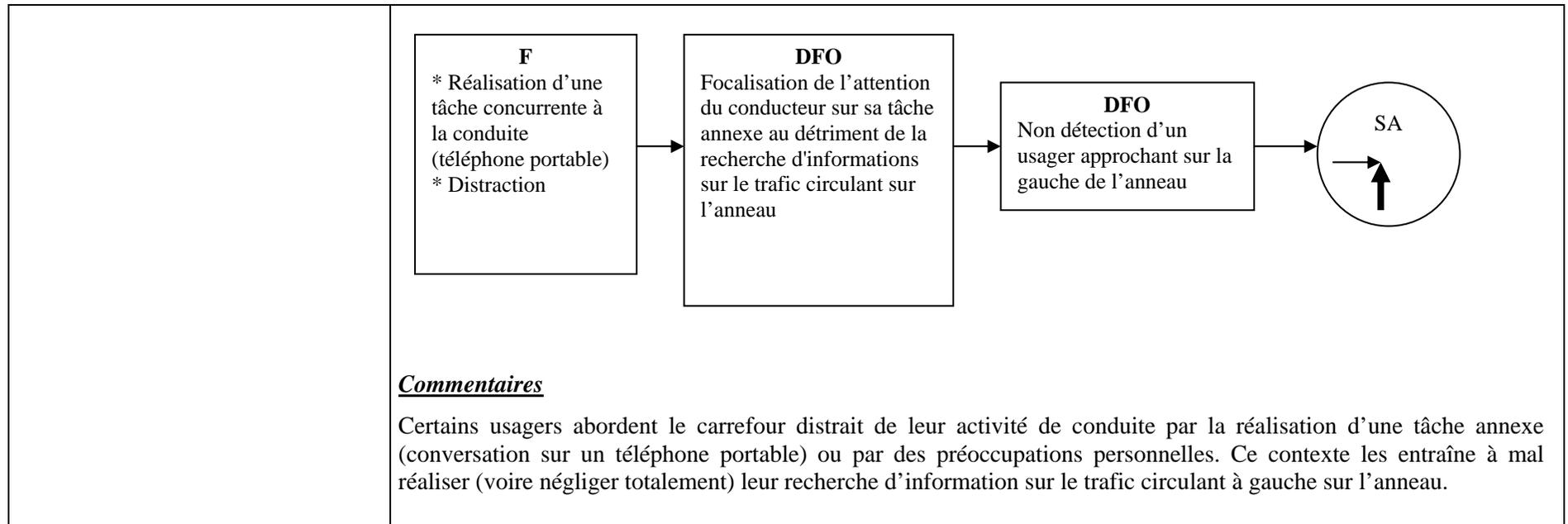
Dans certains cas, la visibilité latérale sur la gauche de l'anneau n'est dégagée que sur les derniers mètres en amont du giratoire, par conséquent la prise d'information anticipée ne peut se faire que tardivement. Certains usagers, en fonction des exigences du trafic circulant sur l'anneau, vont ainsi être amenés à s'arrêter tardivement et plus ou moins brusquement au moment où un usager qui les suit effectue, à son tour, une prise d'information sur la gauche ce qui ne lui permettra pas de détecter suffisamment tôt l'arrêt d'un véhicule et éviter de le percuter à l'arrière.



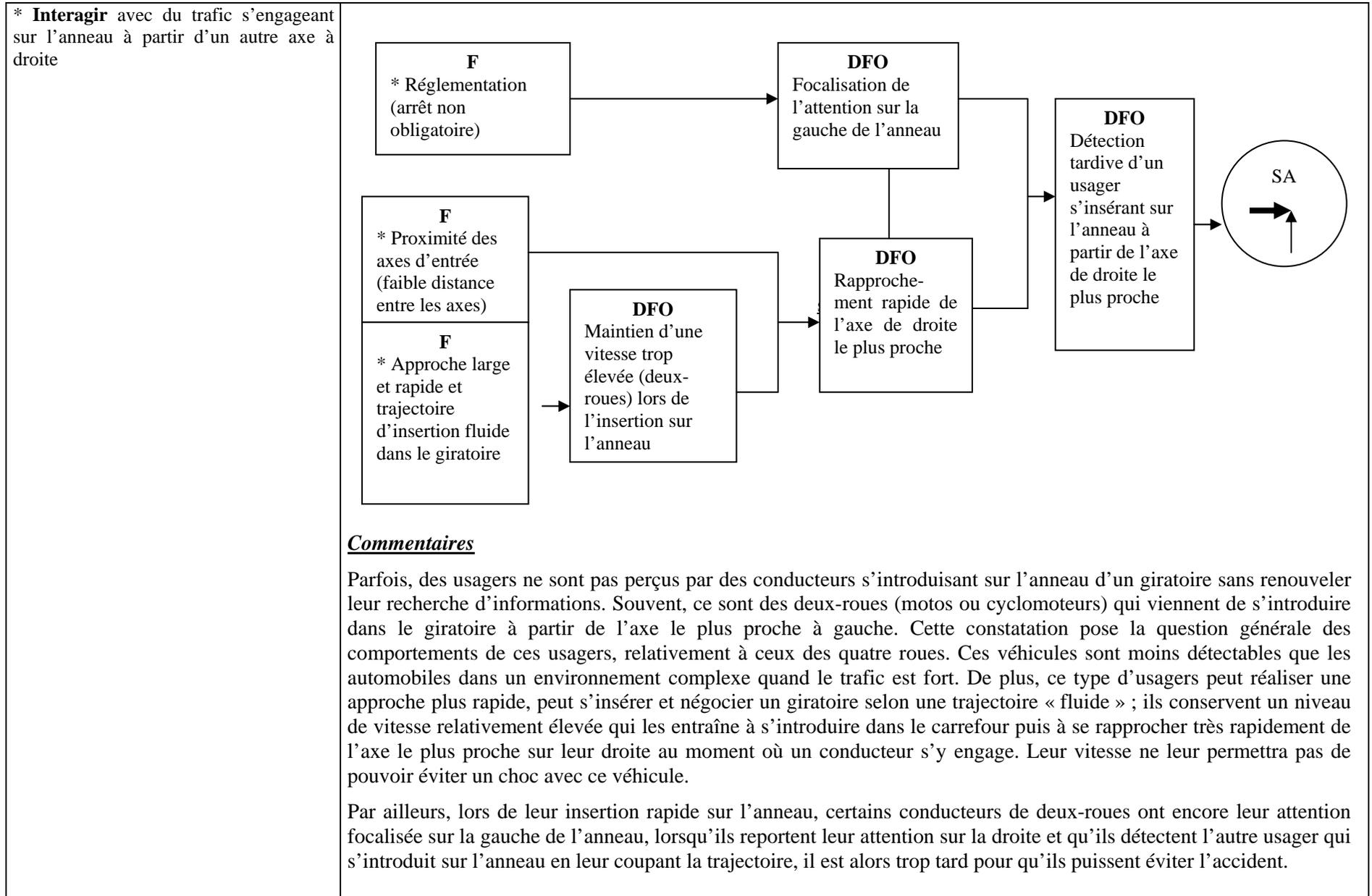




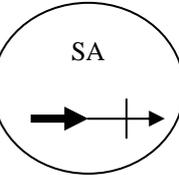


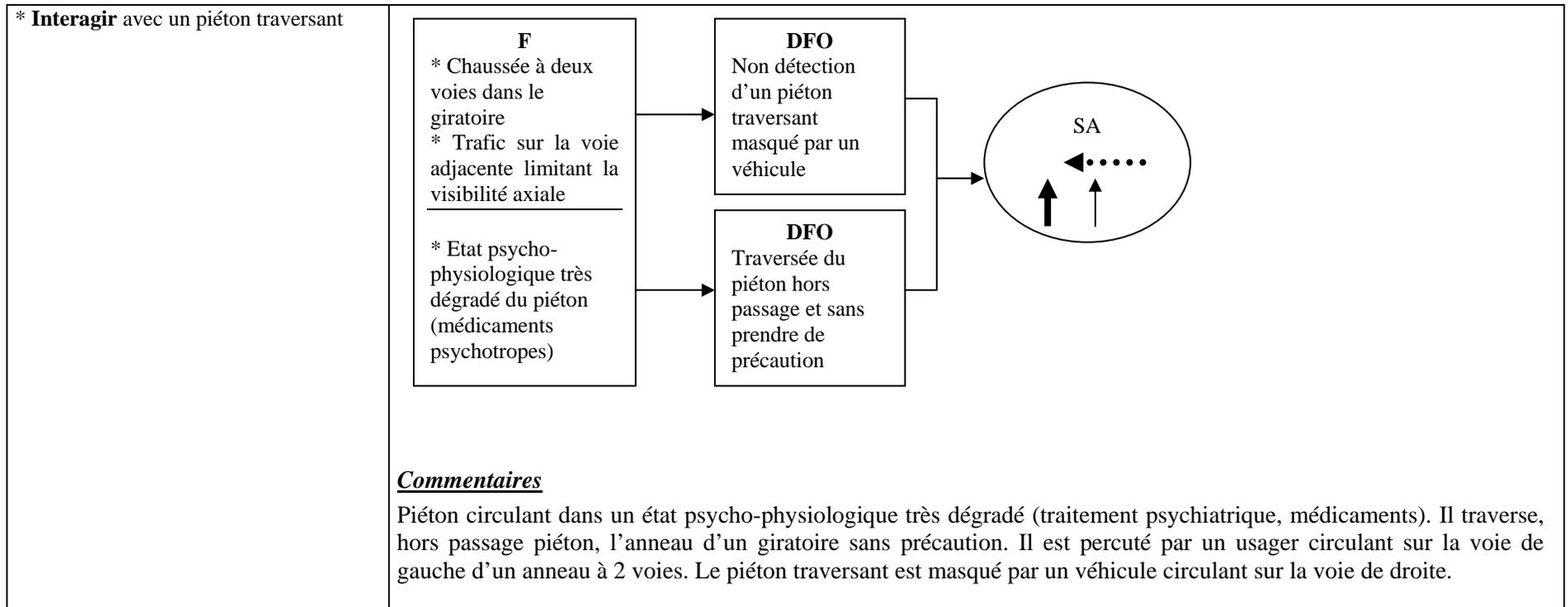


<p>PHASE 3 : INSERTION SUR L'ANNEAU</p>	
<p>* Interagir avec un usager s'engageant sur l'anneau à partir d'un autre axe à gauche</p>	<div style="text-align: center;"> <pre> graph LR F["F * Tracé en courbe de l'anneau * Trafic dense sur l'anneau"] --> DFO1["DFO Focalisation de l'attention et du regard sur les sous-tâches de guidage du véhicule, sur la trajectoire d'insertion, et de surveillance du trafic sur l'anneau, concurrençant la tâche de recherche d'informations sur la gauche de l'anneau"] DFO1 --> DFO2["DFO Absence de renouvellement de la recherche d'information anticipée sur la gauche et non détection d'un usager venant de s'engager sur l'anneau à partir de l'axe le plus proche à gauche"] DFO2 --> SA((SA)) </pre> </div> <p>Commentaires</p> <p>L'entrée dans certains giratoires urbains de petits ou moyens rayons se fait sur des axes qui ne sont pas très éloignés les uns des autres. Un usager qui aborde le giratoire en prenant assez tôt une information sur la gauche de l'anneau peut ne pas détecter, à cet instant, un véhicule approchant également le giratoire sur l'axe le plus proche à gauche. Suite à cette première recherche d'information, il va ensuite s'insérer sur l'anneau en reportant alors son attention devant lui et sur la droite du carrefour pour adapter la trajectoire qu'il doit suivre et les interactions possibles avec le trafic présent sur cette trajectoire. Il ne reprend donc pas d'information sur la gauche au moment d'entrer sur l'anneau et ainsi ne percevra pas la modification de l'état du trafic sur sa gauche alors qu'un usager s'est introduit entre-temps dans le giratoire à partir de l'axe le plus proche et que cet usager se rapproche rapidement vers lui.</p>

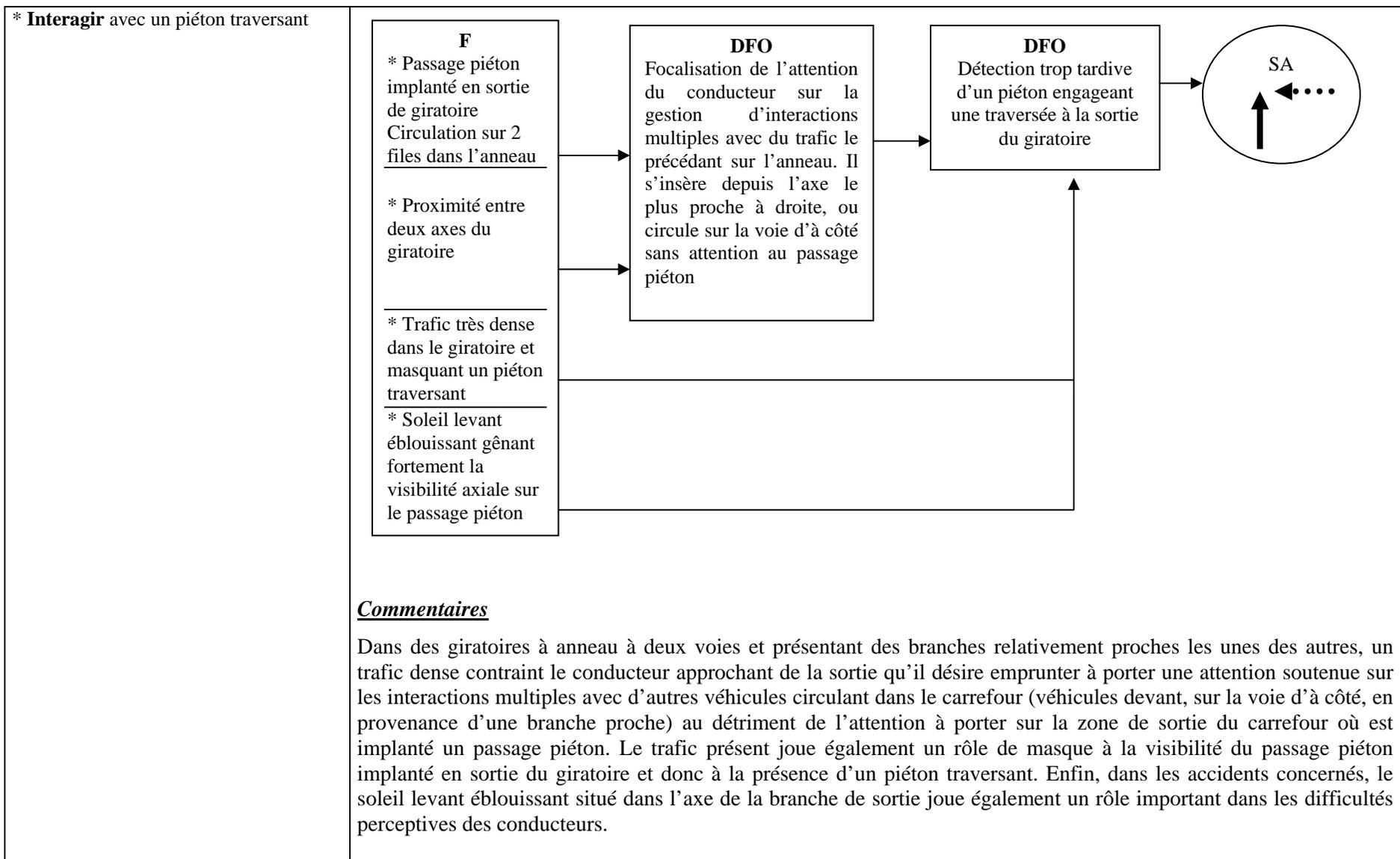


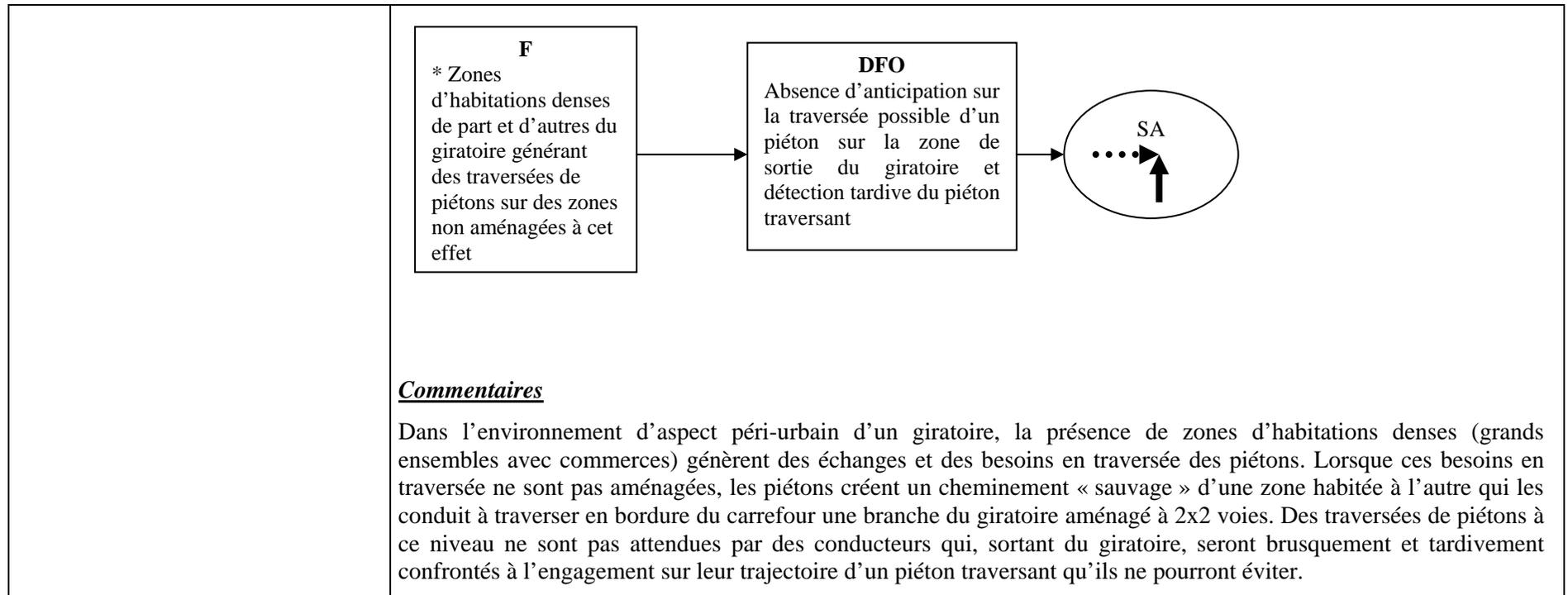
<p>* Interagir avec du trafic circulant sur la voie d'à côté</p>	<div style="text-align: center;"> <pre> graph LR A["F * Entrée sur l'anneau à 2 voies * 2 voies dans l'anneau"] --> B["F Conflit potentiel de trajectoire entre deux usagers s'introduisant simultanément dans l'anneau en direction de la même voie"] B --> C["DFO Focalisation de l'attention sur la droite et non détection d'un usager arrivant sur la gauche de l'anneau"] C --> D((SA → ↑ ↑)) </pre> </div> <p>Commentaires</p> <p>Lorsqu'un axe à 2 voies entre sur le giratoire et que l'anneau est aménagé avec 2 voies, des conflits de trajectoire peuvent se produire, au moment de l'insertion dans le carrefour, entre deux usagers circulant chacun sur une des voies de l'axe d'entrée et s'insérant en direction de la même voie de l'anneau. Cette interaction monopolise l'attention du conducteur le plus à gauche qui par conséquent ne perçoit pas, en cours d'insertion, un autre usager approchant à gauche sur l'anneau du giratoire.</p>
---	--

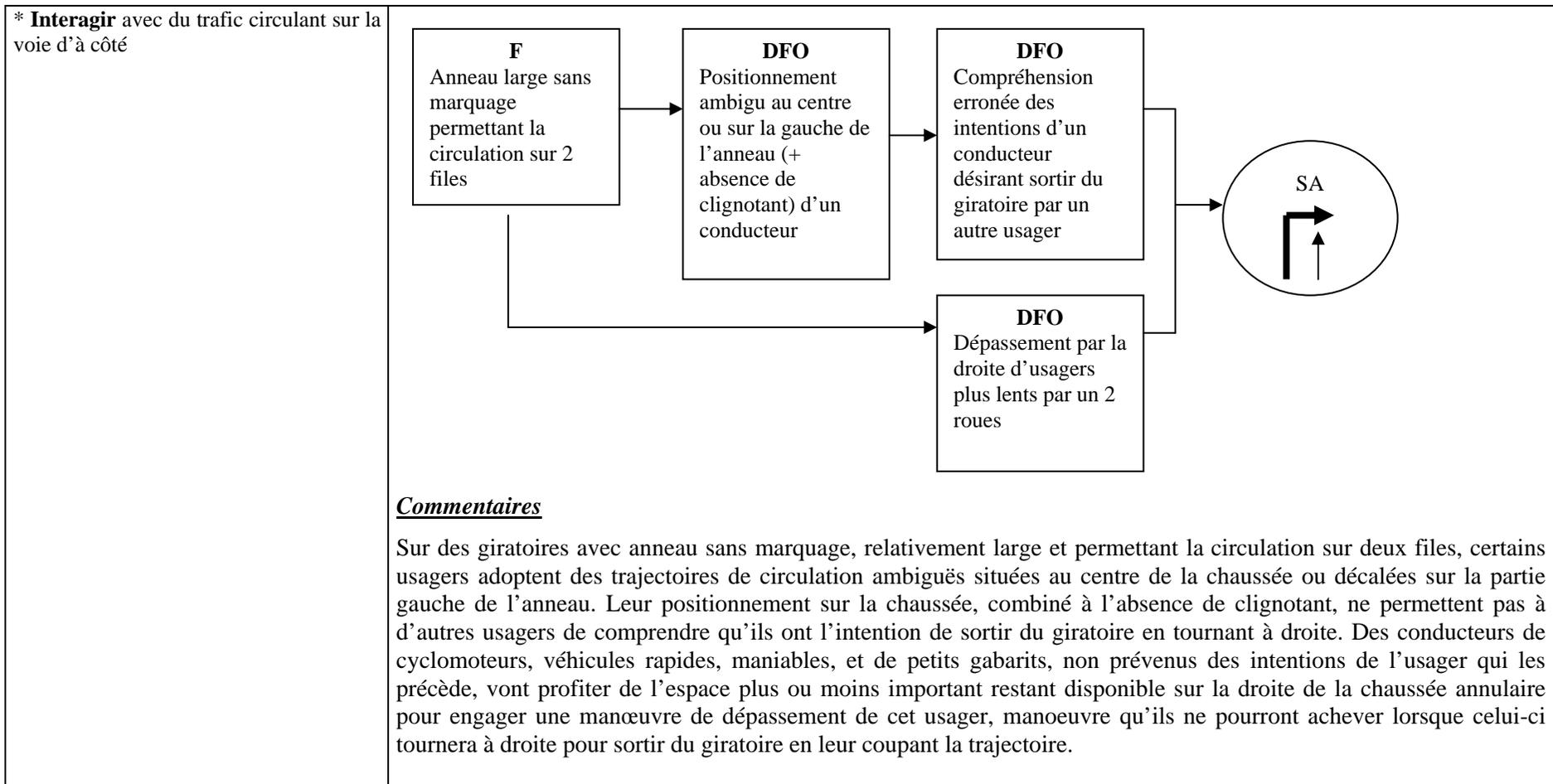
PHASE 4 : TACHES A REALISER AU COURS DE LA PROGRESSION DANS LE GIRATOIRE	
<p>* Interagir avec du trafic devant sur la même voie</p>	<div data-bbox="705 327 1825 678" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20%;"> <p style="text-align: center;">F</p> <ul style="list-style-type: none"> * Implantation de feux piétons en sortie de carrefour arrêtant la circulation * Trafic dense <hr style="width: 50%; margin: 5px auto;"/> <ul style="list-style-type: none"> * Distraction ? </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20%;"> <p style="text-align: center;">F</p> <p>Embouteillage dans le giratoire générant une circulation par à-coups (arrêts de file, démarrages de file)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20%;"> <p style="text-align: center;">DFO</p> <p>Anticipation erronée sur le démarrage d'un véhicule devant</p> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; width: 15%; text-align: center;"> <p>SA</p>  </div> </div> <pre> graph LR A["* Implantation de feux piétons en sortie de carrefour arrêtant la circulation * Trafic dense * Distraction ?"] --> B["Embouteillage dans le giratoire générant une circulation par à-coups (arrêts de file, démarrages de file)"] B --> C["Anticipation erronée sur le démarrage d'un véhicule devant"] C --> D((SA)) A --> C </pre> </div> <p>Commentaires</p> <p>L'implantation de feux piétons en sortie de carrefour peut générer, quand le trafic est dense, des arrêts de circulation dans le giratoire. Lorsque la circulation redémarre certains usagers, pour des raisons indéterminées (peut-être la distraction, prise d'information au-delà du véhicule arrêté) redémarre en anticipant sur le démarrage du véhicule qui les précède alors que ce véhicule reste arrêté, ce qui provoque un choc arrière.</p>

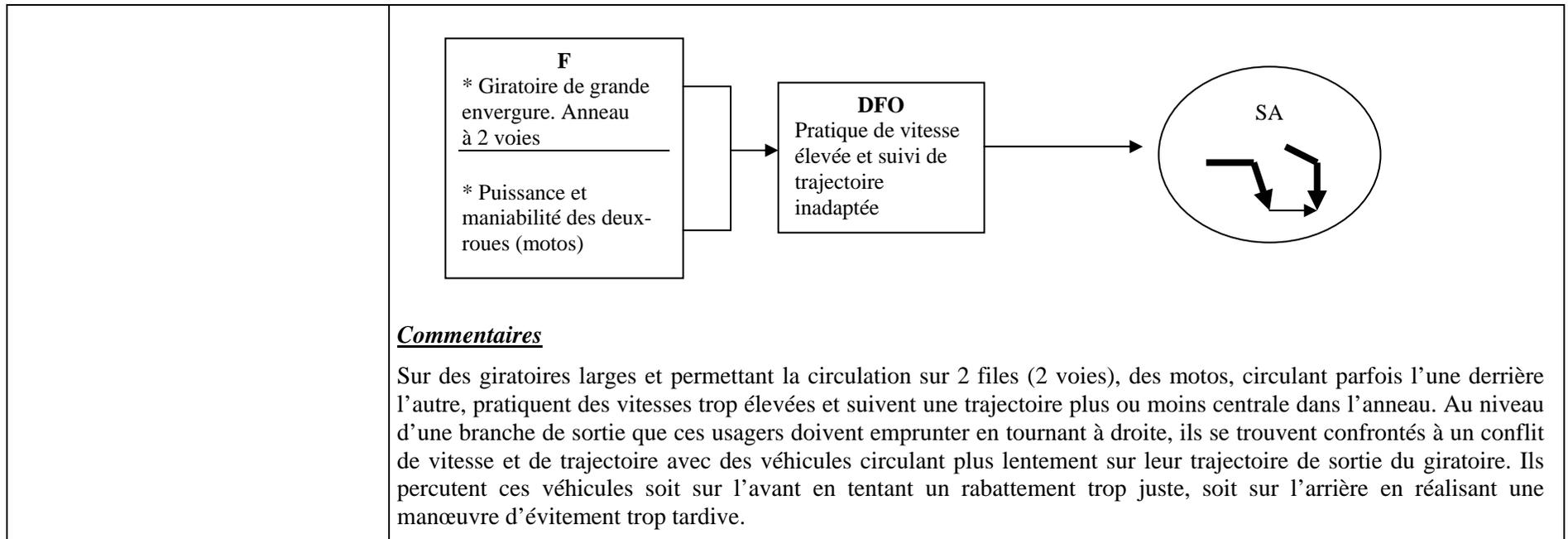


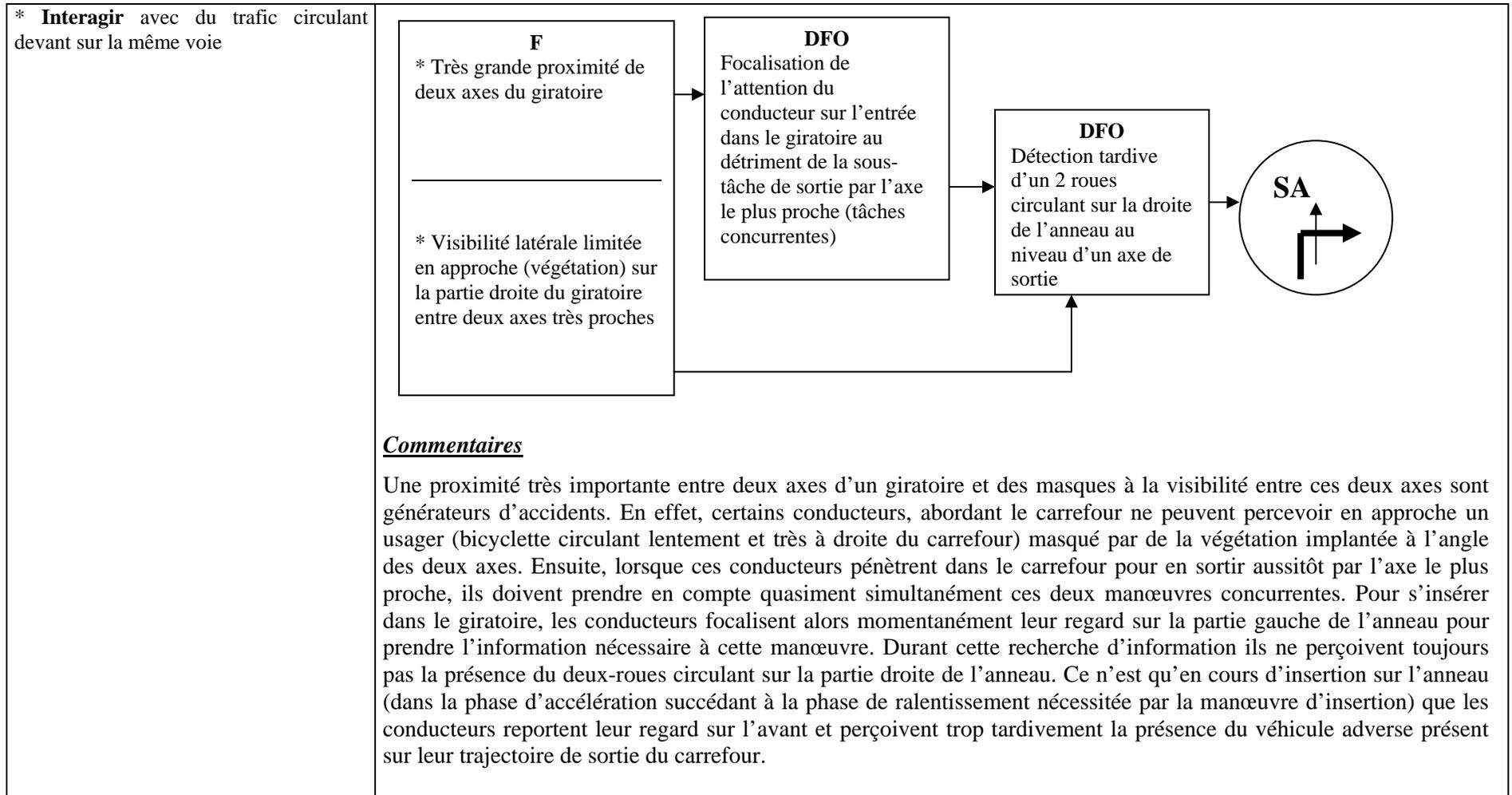
PHASE 5 : SORTIE DU GIRATOIRE	
<p>* Réguler la vitesse</p>	<div data-bbox="705 272 1727 539" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">F</p> <ul style="list-style-type: none"> * Giratoire de grand rayon à 2 voies sur l'anneau * Tracé des sorties très serré (angle droit) <hr style="width: 50%; margin: 5px auto;"/> <ul style="list-style-type: none"> * Inexpérience du conducteur * Alcool </div> <div data-bbox="1128 272 1435 448" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-left: 20px;"> <p style="text-align: center;">DFO</p> <p>Pratique d'une vitesse trop élevée eu égard au tracé serré de la sortie du giratoire</p> </div> <div data-bbox="1525 272 1727 448" style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; margin-left: 20px; text-align: center;"> <p>SA</p>  </div> <p style="margin-top: 20px;"><u>Commentaires</u></p> <p>Sur des giratoires de grand rayon comportant 2 voies sur l'anneau, certains conducteurs, jeunes ou fortement alcoolisés, peuvent pratiquer des vitesses trop élevées pour pouvoir négocier la sortie du giratoire qui présente un tracé très serré (axe à angle droit par rapport à l'anneau). Ces usagers perdent le contrôle de leur véhicule en sortant du carrefour.</p>











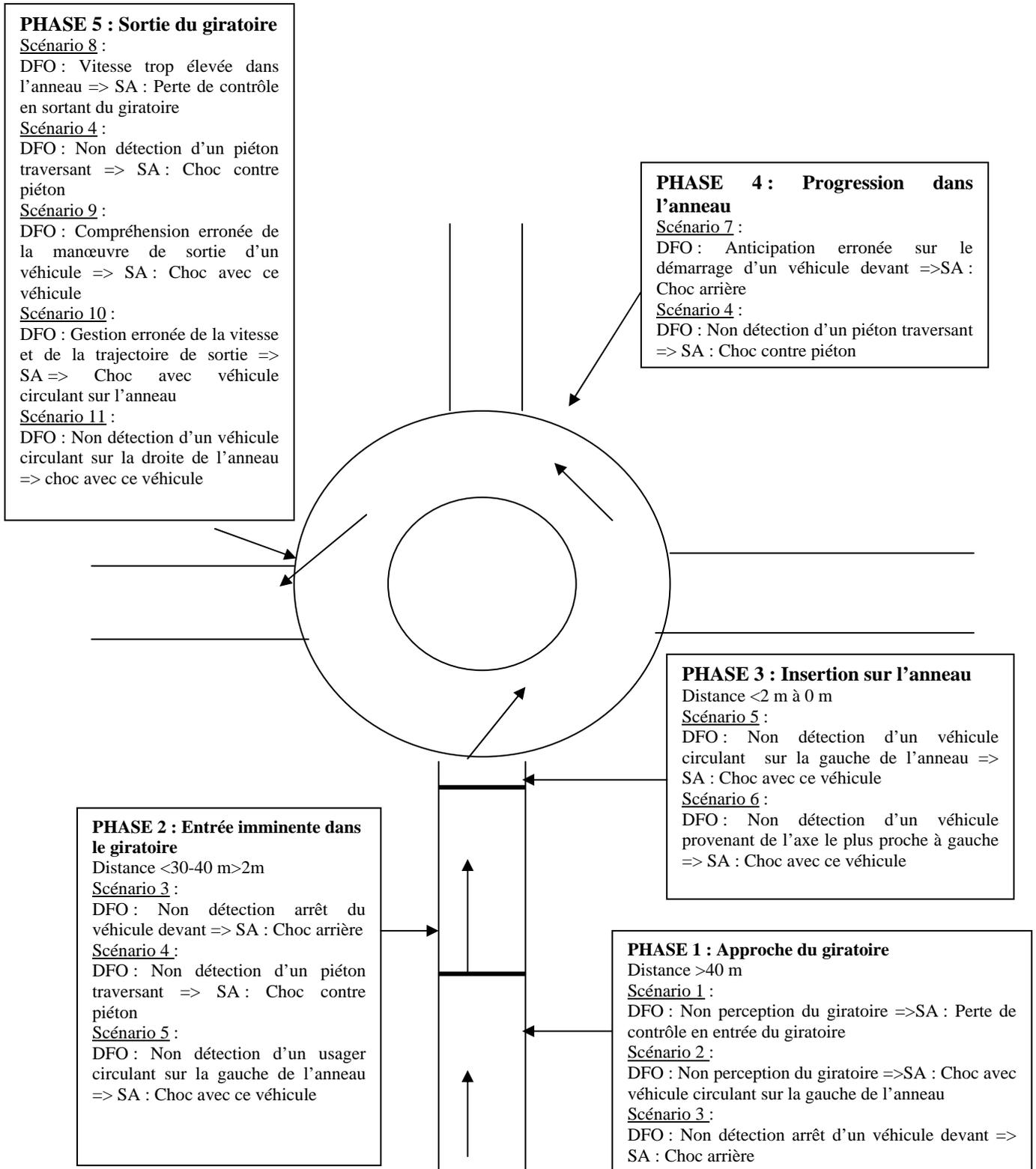
4.4 – Les scénarios d'accidents

Sur la base des différentes chaînes causales d'accidents présentées dans le paragraphe précédant des regroupement ont été réalisés en fonction de l'identité des cas : la défaillance fonctionnelle origine (DFO) et la situation d'accident résultante (SA).

Une telle démarche permet de construire et de représenter des catégories d'accidents sous forme de **scénarios de défaillance fonctionnelle et de ses conséquences**.

Le schéma n° 1 ci-après présente l'ensemble de ces scénarios d'accidents localisés aux différentes phases de la progression de l'utilisateur traversant un giratoire.

Schéma N° 1



11 types de scénarios de défaillance fonctionnelle ont ainsi été recensés :

- Dans 7 de ces scénarios (scénarios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11), le conducteur a été confronté à **un problème fonctionnel de détection d'informations** utiles pour sa tâche.
 - * Dans les scénarios 1 et 2, c'est la présence même du giratoire qui n'est pas perçue, ou trop tardivement dans la phase 1 d'approche du carrefour. Ce genre de difficulté entraîne des conducteurs à perdre le contrôle de leur véhicule lorsqu'ils arrivent à l'entrée du giratoire ou à s'y introduire intempestivement sur la trajectoire d'un autre véhicule circulant sur l'anneau.
 - * Dans le scénario 3, c'est l'arrêt à la balise d'un véhicule circulant devant sur la même voie qui n'est pas détecté ou trop tardivement. L'usager percute ce véhicule à l'arrière. Ce type de scénario se produit en phase 2 d'entrée imminente dans le giratoire.
 - * Dans le scénario 4, c'est un piéton traversant la chaussée qui n'est pas détecté à temps pour éviter le choc. Ce type d'accident se produit le plus souvent en phase 2 d'entrée imminente dans le giratoire et en phase 5 lors de la manœuvre de sortie du giratoire.
 - * Dans le scénario 5, c'est un véhicule circulant sur l'anneau qui n'est pas perçue en phase 2 d'entrée imminente dans le giratoire ou en phase 3 d'insertion effective sur l'anneau. Les deux véhicules circulant sur des trajectoires sécantes se percutent.
 - * Pour le scénario 6, c'est un usager qui vient de s'introduire sur l'anneau à partir d'un axe très proche sur la gauche qui n'est pas détecté en phase 3 d'insertion sur l'anneau. Il y a un choc entre les deux véhicules qui viennent réciproquement de s'introduire sur l'anneau.
 - * Pour le scénario 11, c'est un usager progressant autour de l'anneau sur la droite qui n'est pas perçue par un conducteur en phase 5 de sortie du giratoire.
- Dans 2 scénarios (7, 9), ce sont **des problèmes fonctionnels de traitement de l'information** qui sont à l'origine des accidents.
 - * Dans le scénario 7 se produisant en phase 4 de progression autour de l'anneau, il s'agit d'un problème d'anticipation erronée sur le comportement d'un autre usager qui va provoquer un choc arrière entre deux véhicules.
 - * Dans le scénario 9 se produisant en phase 5 de sortie du giratoire, c'est une incompréhension des intentions d'un conducteur de sortir du giratoire qui génère un choc entre le véhicule sortant et un usager le dépassant par la droite.
- 2 autres scénarios (8 et 10) impliquent **des problèmes de gestion de la vitesse et de la trajectoire** par certains conducteurs au cours de la phase 5 de sortie du giratoire.
 - * Dans le scénario 8, les usagers circulent à vitesse trop élevée et perdent le contrôle de leur véhicule à la sortie du giratoire.
 - * Dans le scénario 10, les conducteurs gèrent mal leur vitesse et leur trajectoire de sortie du giratoire par rapport à un véhicule circulant devant eux sur l'anneau qu'ils percutent en effectuant leur manœuvre.

4.4.1 – Localisation des scénarios de défaillance fonctionnelle sur les sites étudiés

Les différents giratoires étudiés sont présentés sur des photos aériennes prises par l'IGN (BD ORTHO de 1998). Il s'agit de :

- la Route de Galice du giratoire aménagé avec l'Avenue Pablo Picasso (site 1),
- l'Avenue Saint John Perse de l'entrée de la Rotonde du Bois de l'Aulne (site 2) et du giratoire aménagé avec l'Avenue Marcel Pagnol (site 3),
- l'Avenue de l'Europe faisant suite à l'Avenue Saint John Perse des giratoires aménagés avec l'Avenue de Tubingen et le Bd du Docteur Schweitzer (site 4), avec l'Avenue Albert Baudoin et l'Avenue du 8 Mai (site 5), entre le Bd Ferdinand de Lesseps et le Bd du Maréchal Leclerc (site 6), entre l'Avenue Henri Mouret et l'Avenue Max Juvenal (site 7) et entre l'Avenue du Petit Barthélémy et la Rue des Allumettes (site 8).

Sur chacun de ces sites, sont localisés, d'abord globalement, les différents scénarios qui s'y sont produits et les effectifs d'accidents correspondant à chacun de ces scénarios (schémas 2 et 3).

Ensuite, sur chaque site pris séparément (schémas 4 à 10), ces scénarios et les effectifs d'accidents correspondant sont localisés sur les différentes branches du giratoire où ils se sont produits.

SCHEMA 2 : Localisation des scénarios sur le site étudié de la Route de Galice



Site 1 : Giratoire entre la Route de Galice et l'Avenue Pablo Picasso (18 cas)

Scénario 2 : (1 cas) - Non perception du giratoire => choc contre véhicule circulant sur l'anneau

Scénario 3 : (9 cas) - Non détection arrêt du véhicule devant => choc arrière

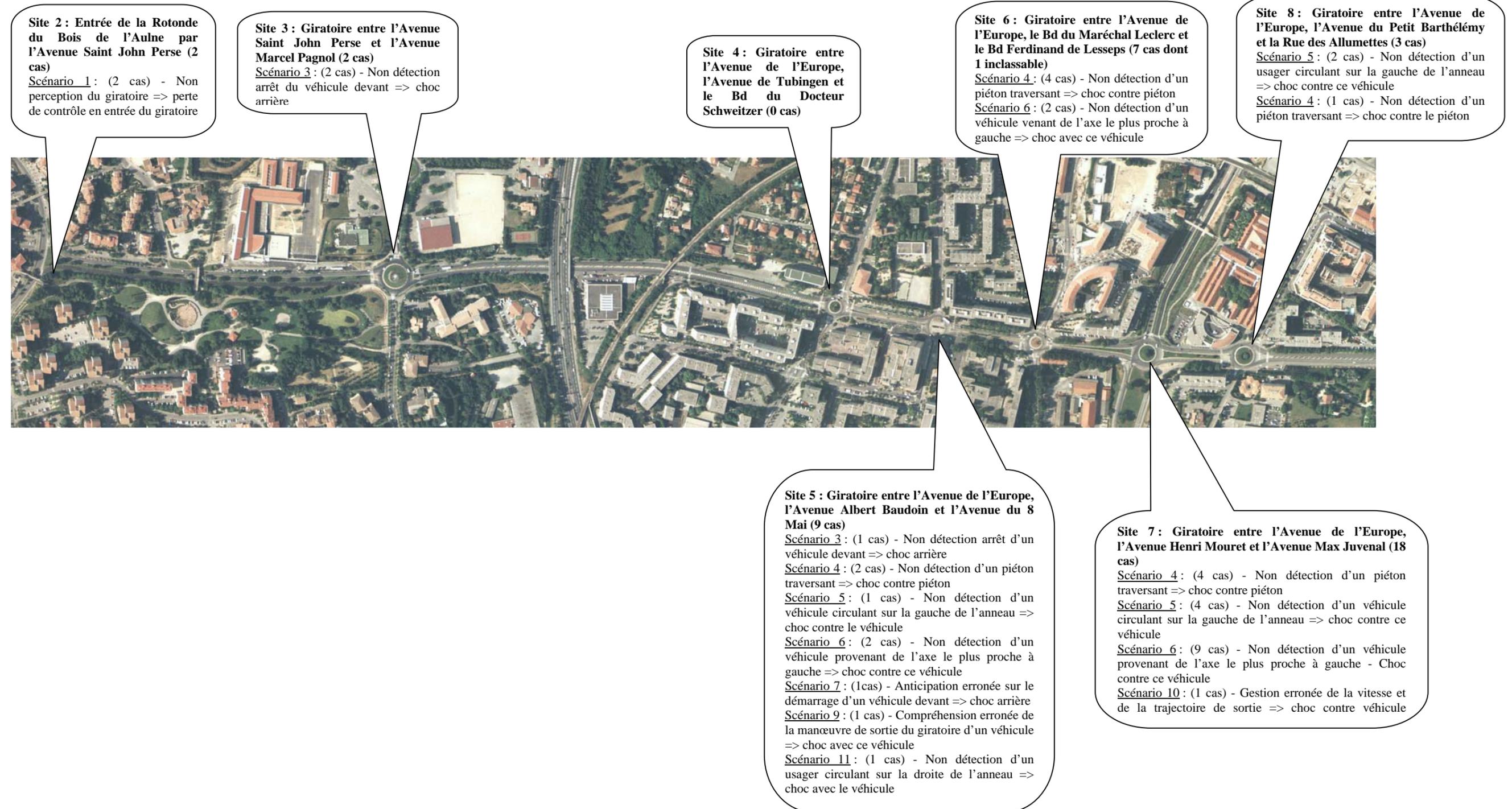
Scénario 4 : (2 cas) - Non détection d'un piéton traversant => choc contre piéton

Scénario 5 : (2 cas) - Non détection d'un usager circulant sur la gauche de l'anneau => choc contre ce véhicule

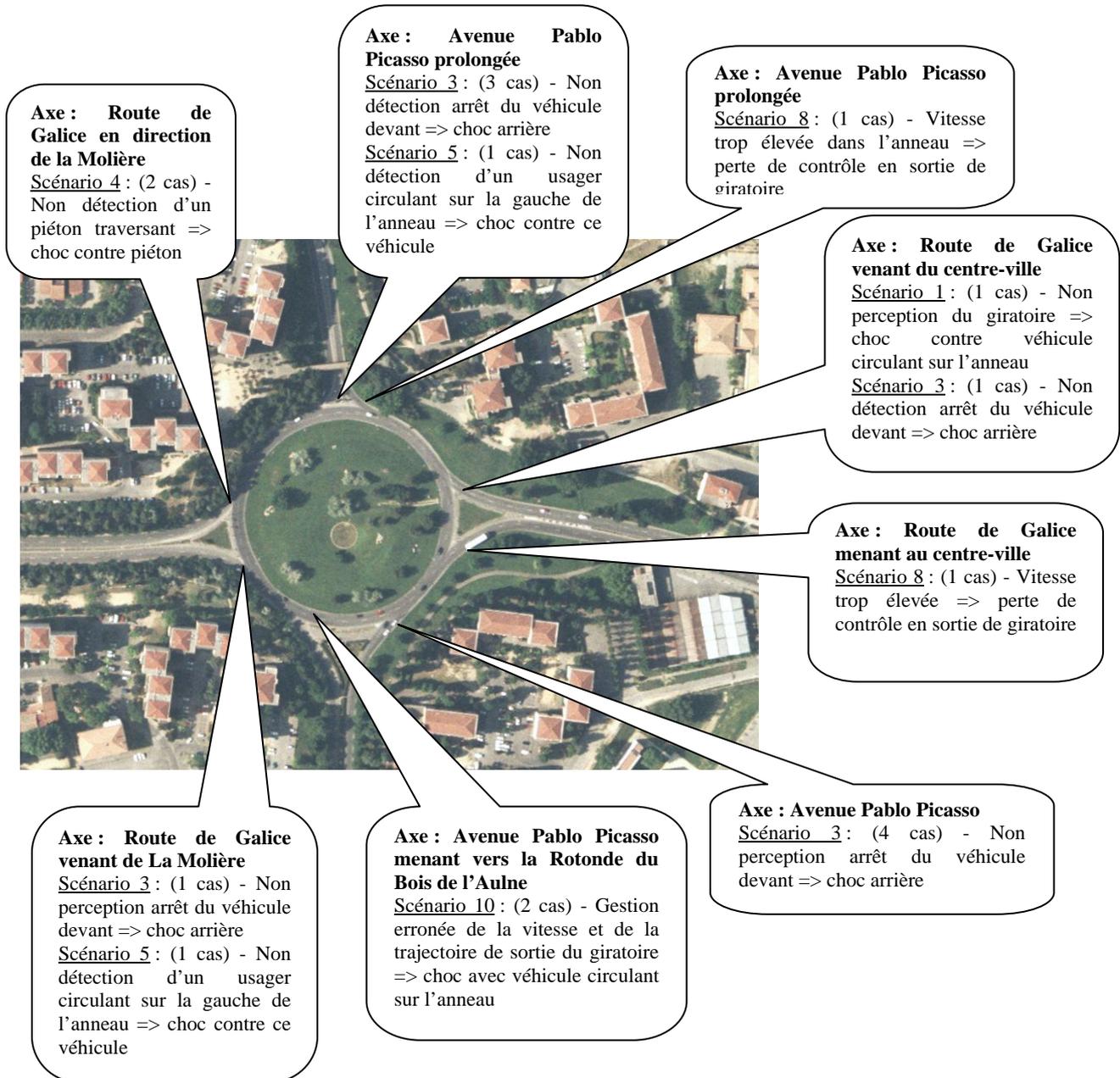
Scénario 8 : (2 cas) - Vitesse trop élevée dans l'anneau => perte de contrôle en sortie de giratoire

Scénario 10 : (2 cas) - Gestion erronée de la vitesse et de la trajectoire de sortie du giratoire => choc avec véhicule circulant sur l'anneau

SCHEMA 3 : Localisation des scénarios sur les sites étudiés sur l'Avenue de l'Europe



SCHEMA 4 : Les scénarios de défaillance fonctionnelle du site 1 – Giratoire entre la Route de Galice et l'Avenue Pablo Picasso (18 accidents)



SCHEMA 5 : Les scénarios de défaillance fonctionnelle du site 2 – Entrée de la Rotonde du Bois de l’Aulne par l’Avenue Saint John Perse venant du centre-ville (2 accidents)



Scénario 1 : (2 cas) - Non perception du giratoire => perte de contrôle en entrée du giratoire

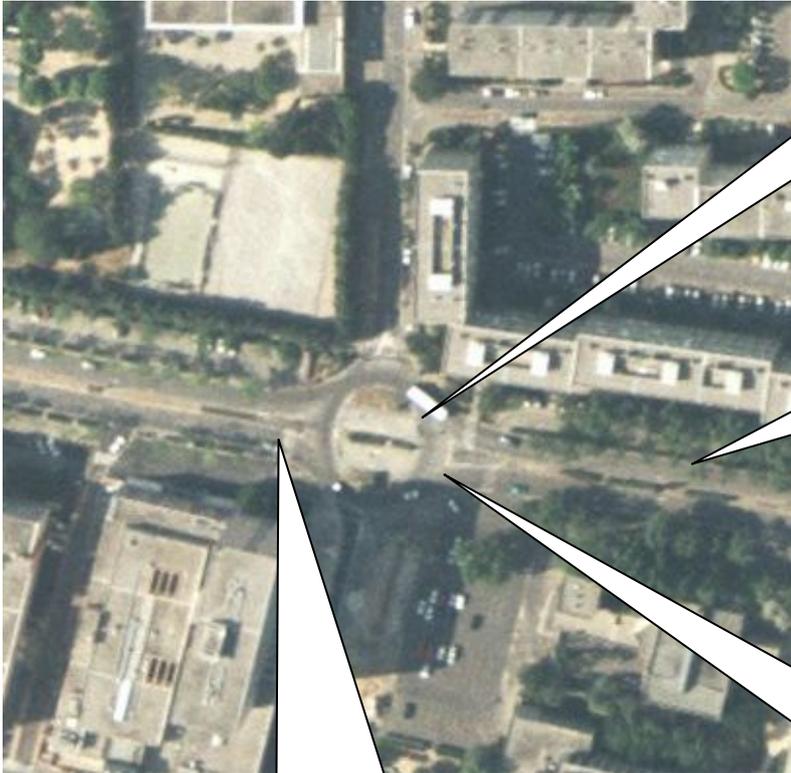
SCHEMA 6 : Les scénarios de défaillance fonctionnel du site 3 – Giratoire entre l’Avenue Saint John Perse et l’Avenue Marcel Pagnol (2 accidents)



Scénario 3 : (1 cas) - Non détection arrêt d’un véhicule devant => choc arrière

Scénario 3 : (1 cas) - Non détection arrêt d’un véhicule devant => choc arrière

SCHEMA 7 : Les scénarios de défaillance fonctionnelle du site 5 – Giratoire entre l'Avenue de l'Europe, l'Avenue Albert Baudoin et l'Avenue du 8 Mai (9 accidents)



Axe : Avenue de l'Europe menant vers la Zac

Scénario 11 : (1 cas) - Non détection d'un usager circulant sur la droite de l'anneau => choc avec ce véhicule

Axe : Avenue de l'Europe menant vers la Zac

Scénario 3 : (1 cas) - Non détection arrêt du véhicule devant => choc arrière

Axe : Avenue de l'Europe venant de la Zac

Scénario 5 : (1 cas) - Non détection d'un véhicule circulant sur la gauche de l'anneau => choc contre ce véhicule

Scénario 6 : (2 cas) - Non détection d'un véhicule provenant de l'axe le plus proche à gauche => choc contre ce véhicule

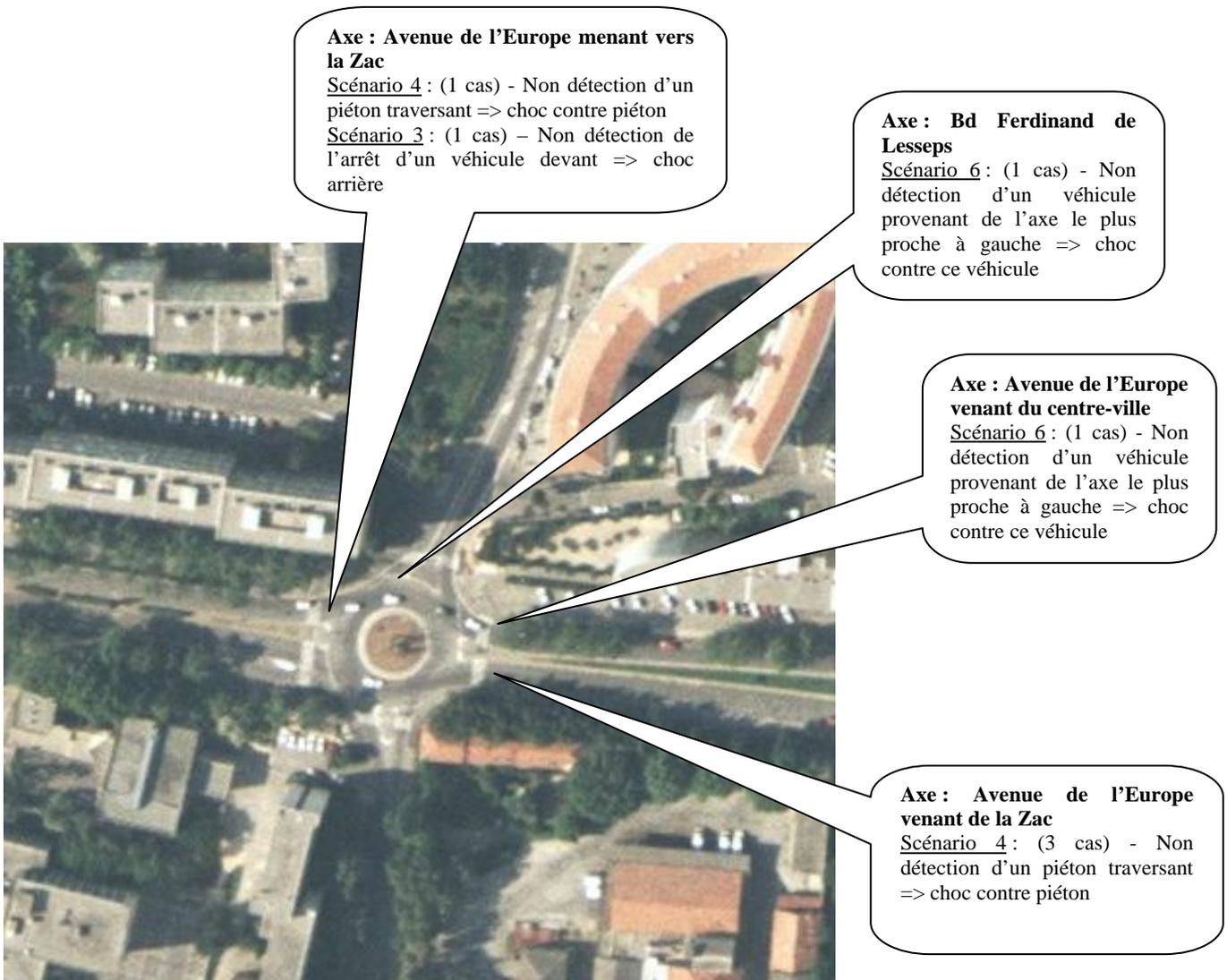
Axe : Avenue de l'Europe menant au centre-ville

Scénario 4 : (2 cas) - Non détection d'un piéton traversant => choc contre piéton

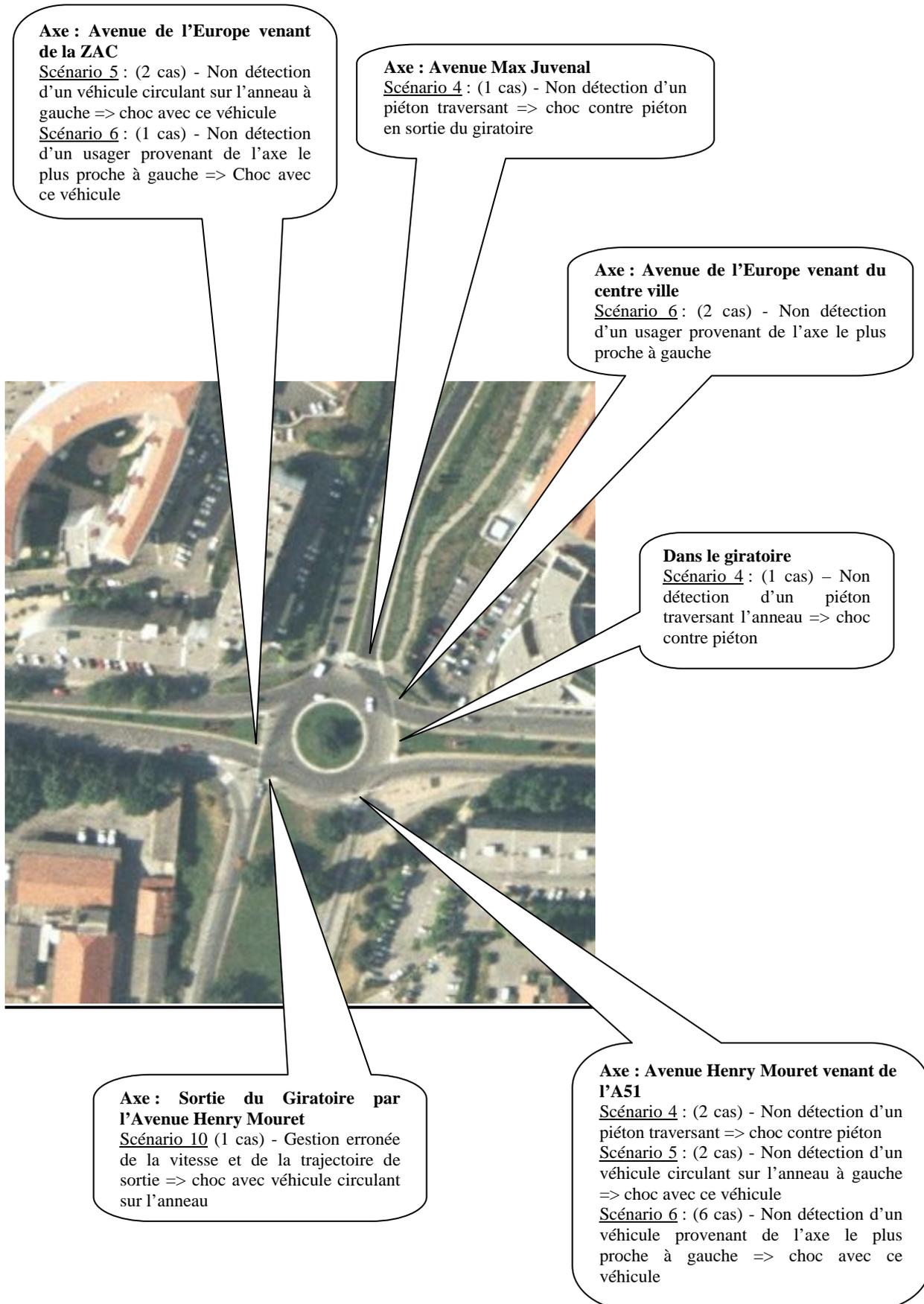
Scénario 7 : (1 cas) - Anticipation erronée sur le démarrage d'un véhicule devant => choc arrière

Scénario 9 : (1 cas) - Compréhension erronée de la manœuvre de sortie du giratoire d'un véhicule => choc avec ce véhicule

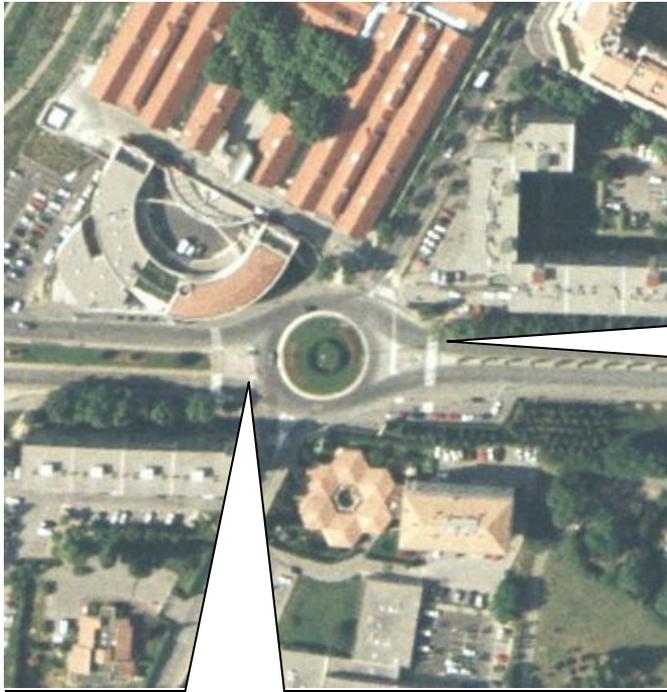
SCHEMA 8 : Les scénarios de défaillance fonctionnelle du site 6 – Giratoire entre l'Avenue de l'Europe, le Bd du Maréchal Leclerc et le Bd Ferdinand de Lesseps (7 accidents)



SCHEMA 9 : Les scénarios de défaillance fonctionnelle du site 7 – Giratoire entre l'Avenue de l'Europe, l'Avenue Henry Mouret et l'Avenue Max Juvenal (18 accidents)



SCHEMA 10 : Les scénarios de défaillance fonctionnelle du site 8 – Giratoire entre l'Avenue de l'Europe, l'Avenue du Petit Barthélémy et la Rue des Allumettes (3 accidents)



Axe : Avenue de l'Europe venant du centre-ville

Scénario 4 : (1 cas) - Non détection d'un piéton traversant => choc contre piéton

Axe : Avenue de l'Europe venant de la ZAC

Scénario 5 : (2 cas) - Non détection d'un véhicule circulant sur la gauche de l'anneau => choc avec ce véhicule

4.4.2 – Les scénarios de défaillance fonctionnelle et leurs facteurs explicatifs

4.4.2.1 – Les scénarios impliquant un problème fonctionnel de détection d'informations utiles pour la tâche de traversée

C'est le principal problème fonctionnel rencontré par les conducteurs devant traverser les giratoires étudiés. Il a été identifié à l'origine de la survenue de 51 accidents (86% des 59 accidents étudiés) et constitue 7 des 11 scénarios élaborés.

- * Dans 35 de ces accidents (69%), l'information utile qui n'a pas été perçue est la présence ou la manœuvre d'un autre véhicule interférent dans la tâche d'entrée sur le giratoire à réaliser (scénarios 3, 5, 6, 11).
 - Dans la majorité de ces cas (22 cas – 62%), c'est un véhicule arrivant sur la gauche de l'anneau qui n'a pas été perçu en phase 2 d'entrée imminente et/ou en phase 1 d'insertion sur l'anneau (scénario 5 et 6).

- Dans 12 autres cas (34%), c'est la manœuvre d'arrêt d'un véhicule circulant devant le conducteur qui n'est pas perçue en phase 2 d'entrée imminente sur le giratoire (scénario 3).
- Dans un seul cas, c'est un véhicule circulant sur la droite de l'anneau qui n'est pas détecté en phase 5 de sortie du giratoire (scénario 11).
- * Dans 13 autres cas (25%), c'est un piéton traversant la chaussée qui n'est pas perçu en phase 2 d'entrée imminente sur le giratoire ou en phase 5 de sortie du giratoire (scénario 4).
- * Dans 3 autres cas (6%), c'est le giratoire même qui n'est pas détecté en approche (scénarios 1 et 2).

**Les accidents impliquant la non détection d'un véhicule arrivant sur la gauche de l'anneau
=> choc contre ce véhicule (22 cas – scénarios 5 et 6)**

Les *accidents* constituant ces scénarios se produisent le plus souvent sur des *giratoires dont les axes d'entrée concernés sont à 2X2 voies, avec 2 voies ou une voie large dans l'anneau* permettant la circulation sur 2 files. Ces giratoires se situent le plus souvent dans les *zones les plus fortement urbanisées des axes étudiés* qui supportent un *trafic généralement très dense* à toute heure de la journée.

Les accidents se produisent *majoritairement de jour*.

L'utilisateur qui n'est pas perçu est souvent un 2 roues (14 cas dont 5 motos, 6 cyclomoteurs et 3 bicyclettes) *qui souvent vient de s'introduire sur l'anneau à partir de l'axe le plus proche à gauche* (9 cas – scénario 6).

Les *conducteurs de deux-roues sont toujours des usagers locaux* (demeurant à Aix-en-Provence) alors que *l'utilisateur qui ne perçoit pas le 2 roues est souvent un conducteur non local* (ne demeurant pas à Aix-en-Provence – 14 cas).

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Les conditions générales de circulation

- Forte densité du trafic

Tous les giratoires étudiés se situent sur de grands axes pénétrant l'agglomération d'Aix-en-Provence par les quartiers Ouest et desservant le centre-ville. Ces giratoires supportent donc, à toute heure de la journée un trafic élevé composé d'utilisateurs tant locaux qu'en transit.

Globalement la densité du trafic entrant et circulant sur l'anneau des giratoires est préjudiciable à la perception d'utilisateurs potentiellement interférents dans la manœuvre d'insertion dans le giratoire, particulièrement les 2 roues. Ces véhicules de petit gabarit sont moins détectables que des véhicules plus volumineux dans des environnements complexes et fortement circulés et peuvent très facilement être ponctuellement masqués par le trafic ambiant.

- Méconnaissance ou faible expérience du site

Les usagers non locaux devant s'introduire dans un giratoire peu ou pas connu peuvent rencontrer des difficultés à gérer simultanément, et sous contrainte de temps, les diverses sous-tâches de recherche d'informations, lecture et compréhension des lieux, guidage de trajectoire et guidage directionnel etc... nécessaire à la manœuvre d'insertion dans un carrefour méconnu. La lourdeur et la complexité de la tâche peut nuire à l'activité de recherche d'informations et à la perception d'un véhicule approchant sur la gauche, a fortiori lorsque ce véhicule est un 2 roues peu détectable dans un environnement complexe et fortement circulé.

- Distraction

Certains conducteurs devant s'introduire dans un giratoire sont distraits de leur tâche de conduite (conversation téléphonique, préoccupations personnelles...). Cette distraction perturbe leur activité

de recherche d'informations et nuit à la perception de véhicules potentiellement interférents dans leur manœuvre.

. Les facteurs liés à l'aménagement des lieux :

- Réglementation des lieux : comportement induit

La réglementation des giratoires par balise donnant la priorité aux éventuels usagers circulant sur la gauche de l'anneau n'oblige pas le conducteur à s'arrêter avant de s'introduire sur l'anneau. Les usagers comptant pouvoir s'introduire dans l'anneau sans arrêt préalable prennent donc généralement une information anticipée sur la gauche de l'anneau en amont de celui-ci. Cette recherche d'information anticipée, effectuée en roulant à des vitesses plus ou moins importantes, est donc soumise à une forte contrainte de temps. Par conséquent, elle peut être effectuée trop rapidement, succinctement, ou focalisée sur une zone restreinte du giratoire et non renouvelée au moment de l'insertion effective sur l'anneau (qui sollicite alors les conducteurs sur d'autres sous-tâches comme le guidage de trajectoire, la surveillance du trafic devant...). Cette stratégie de conduite ne permet pas à certains usagers de détecter un usager approchant sur la gauche de l'anneau ou venant de s'y insérer à partir de l'axe le plus proche de ce côté, a fortiori lorsque cet usager est un 2 roues peu détectable dans le trafic ambiant.

- Aménagement des axes d'entrée à 2 voies

Les entrées sur les giratoires se faisant en lignes droites plus ou moins longues et aménagées à 2 fois 2 voies séparées par terre-plein central entraîne parfois les usagers, notamment les deux-roues, à pratiquer un niveau de vitesse trop élevé en abordant les carrefours. Ce niveau de vitesse réduira le temps qu'ils consacreront à la recherche d'information préalable à leur insertion sur l'anneau et ne leur permettra pas de détecter un véhicule interférent dans la manœuvre où trop tardivement pour pouvoir éviter un choc avec ce véhicule.

Par ailleurs, l'entrée sur l'anneau à partir d'une chaussée à 2 voies est de nature à générer des conflits de trajectoire, au moment de l'insertion sur l'anneau, entre 2 usagers circulant chacun sur une des voies de l'axe d'entrée et se dirigeant vers la même voie sur l'anneau. Ces conflits perturbent la recherche d'information sur la gauche de l'anneau lors de l'insertion et ne permettent pas la perception d'un usager arrivant de ce côté.

- Grande dimension des giratoires

Sur les giratoires de grande dimension, aménagés avec 2 voies larges sur l'anneau se pose la question du champ visuel utile que l'usager, soumis à une forte contrainte de temps, jugera nécessaire d'explorer avant de s'introduire dans le carrefour. Le champ visuel exploré peut s'avérer trop restreint pour percevoir un usager approchant sur la gauche de l'anneau sur une zone non ou mal explorée, a fortiori lorsque cet usager est un deux-roues peu détectable dans un environnement très large et fortement circulé.

Par ailleurs, sur ces giratoires de grande taille, la vitesse pratiquée par les usagers circulant sur l'anneau peut être relativement élevée (notamment pour les 2 roues) générant ainsi une évolution rapide des conditions de circulation sur l'anneau préalablement perçues par les conducteurs lors de leur recherche d'information anticipée. Cette évolution ne sera pas vue lors de l'insertion effective sur l'anneau mobilisant l'attention et le regard du conducteur plutôt sur la droite du carrefour que sur la gauche.

- Aménagement directement à l'entrée des giratoires d'un passage piéton réglementé par feux

L'aménagement d'un feu gérant les traversées des piétons directement à l'entrée des giratoires est probablement bénéfique pour les piétons. Cependant, cet aménagement augmente la charge de travail des conducteurs devant s'introduire dans le giratoire. Le feu et la traversée éventuelle de piétons sur cette zone, sollicitent leur attention et leur regard sur une autre partie du giratoire que la gauche de

l'anneau et les soumettent à une contrainte de temps supplémentaire, surtout lorsque le trafic est important, pour gérer toutes les sous-tâches nécessaires à leur introduction sur l'anneau. Cette situation est préjudiciable à l'activité de recherche d'information sur la gauche de l'anneau et à la perception des véhicules y circulant.

- Défaut de signalisation directionnelle en approche des giratoires

Combinés avec la méconnaissance des sites rencontrés, l'absence, l'insuffisance, le manque de lisibilité de la signalisation directionnelle en approche des carrefours entraînent des conducteurs à se focaliser sur une recherche directionnelle au moment où ils abordent directement le carrefour. Cette activité viendra perturber celle de recherche d'information sur le trafic venant de la gauche de l'anneau et la perception d'une situation de conflit potentiel

- La proximité trop importante entre les axes d'entrée des giratoires

Dans les zones les plus fortement urbanisées, certains axes d'entrée dans des giratoires de moyennes dimensions sont assez proches les uns des autres. Des accidents se produisent alors entre des usagers s'introduisant plus ou moins simultanément à partir de 2 axes trop proches l'un de l'autre, et particulièrement lorsque l'usager qui s'introduit à partir de l'axe proche à gauche est un 2 roues, préalablement non perçu dans sa phase d'approche du carrefour (remarque : la zone d'approche de l'axe le plus proche à gauche peut être par ailleurs non reconnue comme pertinente à observer lors de la recherche d'information car la réglementation n'implique pas de céder le passage à un véhicule qui ne s'est pas encore introduit sur l'anneau). Les 2 roues, s'introduisant à vitesse relativement élevée dans le giratoire, se rapprochent alors très rapidement du véhicule en cours d'insertion sur sa droite.

- L'aménagement trop « fluide » des trajectoires à suivre dans les giratoires

Lorsque l'introduction sur les giratoires peut se faire sur une chaussée permettant de conserver une trajectoire trop fluide (tracé trop facile à l'approche directe de l'anneau, anneau large permettant de « couper la trajectoire »), des usagers, notamment les conducteurs de 2 roues, conservent une vitesse trop élevée lorsqu'ils s'introduisent dans le carrefour. Cette vitesse trop importante d'une part nuit au temps consacré à la recherche d'informations sur le site et à la perception d'usagers potentiellement interférents dans la manœuvre. D'autre part, elle génère un rapprochement trop rapide d'usagers en conflit pour permettre l'évitement d'un choc.

- Gêne à la visibilité latérale

Sur certains giratoires, la visibilité latérale sur la gauche du carrefour peut être partiellement limitée par l'implantation d'arbustes, de panneaux ou de poteaux sur les terre-pleins séparant deux axes. Ce problème peut nuire à la perception d'un usager potentiellement interférent dans la manœuvre d'introduction dans le giratoire notamment lorsque cet usager est un 2 roues.

Les accidents impliquant la non détection de l'arrêt d'un véhicule circulant devant => choc arrière (12 cas – scénario 3)

Ce type d'accident se produit *principalement* (11 cas) *lors de la manœuvre d'entrée imminente dans un giratoire. Le giratoire principalement concerné* (9 cas) *est de très grande dimension et il est situé dans une zone péri-urbaine. Ce giratoire est aménagé avec deux voies très larges dans l'anneau. L'entrée dans le giratoire se fait sur 2 voies ou une voie large.*

La circulation y est dense à toute heure du jour.

Tous les axes du giratoire supportent ce type d'accidents qui se produit toujours durant la journée, dans la plupart des cas (10 cas) *entre véhicules légers. Les conducteurs des véhicules impliqués sont majoritairement des usagers locaux* (7 cas).

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Les conditions générales de circulation

- Forte densité du trafic

L'importance du trafic circulant sur l'anneau des giratoires peut entraîner une focalisation trop longue de l'attention et du regard du conducteur sur la gauche du giratoire lors de la recherche d'informations qu'il fera préalablement à son insertion dans le carrefour. Durant ce laps de temps, il ne percevra pas l'arrêt du véhicule qui le précède.

Plus rarement et sur des giratoires de plus petite dimension, la densité du trafic peut également générer des arrêts de la circulation, remontant assez loin en approche du carrefour, ou sur l'anneau lui-même, qui ne seront perçus que tardivement par des usagers peu attentifs à ce qui se passe devant eux.

. Les facteurs liés à l'aménagement des lieux

- Réglementation des lieux

Le règlement par balise donnant la priorité à l'anneau n'oblige pas les conducteurs à devoir s'arrêter en bordure de celui-ci. C'est donc en phase d'entrée imminente dans le giratoire que les conducteurs, dans l'attente de pouvoir s'introduire dans le carrefour sans s'arrêter, vont prendre leur information sur la gauche de l'anneau. Cette prise d'information, plus ou moins longue selon le style de conduite des usagers et les conditions de circulation dans le carrefour, les détourne momentanément de leur tâche de surveillance du trafic circulant devant eux dont l'arrêt les surprendra.

Par ailleurs, ce type de réglementation (combiné avec l'aménagement des axes d'entrée) laisse une grande place aux différences entre les usagers quant aux vitesses pratiquées en abordant le carrefour, aux stratégies de prise d'information plus ou moins anticipée mises en oeuvre et aux jugements portés sur les possibilités ou non de s'insérer sur le giratoire sans arrêt préalable. L'incompatibilité de certaines attentes, comportements, jugements joue un rôle dans la survenue de ce type d'accidents.

- Aménagement des axes d'entrée

Généralement, la chaussée d'entrée sur les giratoires sur lesquels se produisent ces accidents est à 2 voies ou une voie large et ces entrées ne présentent aucune difficulté particulière de tracé (plus ou moins tangentiel à l'anneau). Ce type d'aménagement entraîne certains usagers à maintenir des vitesses trop élevées induisant un rapprochement rapide de l'utilisateur qui les précède et l'impossibilité d'éviter un choc avec cet usager lorsque celui-ci s'arrête.

- Largeur et amplitude de l'anneau

Sur giratoire de grande amplitude comportant 2 voies larges dans l'anneau et supportant un trafic important sur ces deux voies (sur lesquelles les vitesses pratiquées peuvent être parfois élevée), les conducteurs devant s'insérer dans le carrefour doivent explorer un vaste champs visuel pour détecter la présence d'un éventuel véhicule interférent dans leur manœuvre ou repérer un créneau d'insertion possible dans le trafic. Cette recherche d'information plus complexe que sur des giratoires de moindre amplitude peut mobiliser trop longtemps l'attention et le regard de l'utilisateur sur la gauche de l'anneau au détriment de la surveillance du trafic devant.

- Masque à la visibilité latérale

La présence de végétation sur un terre-plein séparateur des axes limite parfois très fortement la visibilité latérale sur l'anneau jusqu'à l'entrée de celui-ci. Le conducteur ne peut prendre son information à gauche que très tardivement, ce qui induit parfois des arrêts intempestifs qui surprendront l'usagers qui suit.

- Aménagement de passages piétons réglementés par feux directement en entrée ou sortie de giratoire.

Dans des conditions de trafic dense, l'implantation de ces feux piétons, bien que bénéfiques pour ce type d'usagers, génèrent néanmoins des arrêts de la circulation, créant des bouchons en approche ou dans le giratoire même. Dans certains cas assez rares, des usagers peu attentifs percevront trop tardivement la situation d'arrêt de la circulation pour pouvoir éviter de percuter l'usager qui les précède.

Les accidents impliquant la non détection d'un piéton traversant => choc contre piéton (13 cas – scénario 4)

Ces accidents se produisent le plus souvent **en sortie des giratoires (9 cas) situés dans les zones les plus fortement urbanisées des axes étudiés.**

Les giratoires comportent tous 2 voies ou une voie large sur l'anneau, les entrées et sorties de ces giratoires se font toujours sur 2 voies.

Ils surviennent tous **de jour.**

Les véhicules percutant les piétons sont tous des véhicules légers dont les conducteurs sont pour moitié des usagers locaux et pour moitié, des non locaux.

Les piétons sont le plus souvent des usagers locaux connaissant bien le site. Ce sont majoritairement des femmes. Souvent, le piéton est âgé de plus de 50 ans. Ils traversent le plus souvent sur des passages piétons aménagés directement à la sortie ou à l'entrée de l'anneau des giratoires.

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Les conditions générales de circulation

- Forte densité du trafic

Les giratoires concernés situés dans des zones fortement urbanisées supportent un trafic généralement dense à toute heure du jour. Dans ce contexte, la perception d'un piéton traversant, pouvant être très facilement masqué par le trafic ambiant s'avère difficile.

- Etat psycho-physiologique dégradé du piéton

Dans le seul cas où un piéton traverse l'anneau au milieu du giratoire, il s'agit d'un piéton suivant un lourd traitement de médicaments psychotropes.

- Soleil levant ou couchant éblouissant

Dans certains cas, des conducteurs ont leur visibilité axiale très limitée par un soleil levant ou couchant très éblouissant. Ils ne perçoivent pas un piéton traversant.

. Les facteurs liés à l'aménagement des lieux :

- Réglementation des lieux

La réglementation par balise donnant la priorité à l'anneau et permettant l'insertion sans arrêt préalable dans le carrefour incite les conducteurs à anticiper leur recherche d'informations à gauche en phase d'entrée imminente dans le giratoire. Durant le temps mis pour regarder de ce côté, les conducteurs ne perçoivent pas qu'un piéton situé sur leur droite a engagé une traversée de la chaussée à ce niveau.

- Aménagement des axes d'entrée ou de sortie

L'aménagement des axes d'entrée ou de sortie à 2 voies (combiné à la densité du trafic y circulant) nuit à la perception d'un piéton traversant qui est souvent masqué par le trafic circulant sur la voie d'à côté.

L'aménagement de ces axes face au soleil levant et couchant gênant fortement la visibilité axiale contribue aussi à la non détection de piétons traversant.

- Largeur de l'anneau

Les anneaux des giratoires concernés sont aménagés avec 2 voies ou 1 voie large permettant la circulation sur 2 files et aboutissent tous à des sorties aménagées avec 2 voies. La présence d'un piéton traversant est souvent masquée aux conducteurs par un véhicule circulant sur la voie d'à côté.

- Aménagement des passages piétons

L'organisation de la traversée des piétons sur passages implantés juste à l'entrée ou la sortie de l'anneau des giratoires, sur une zone où la charge attentionnelle des conducteurs s'appêtant à s'introduire ou à sortir de l'anneau est très importante (surveillance du trafic potentiellement interférent, guidage du véhicule etc...), nuit gravement à la perception des piétons, usagers déjà peu perceptibles dans un environnement complexe et fortement circulé.

- Proximité trop importante entre un axe d'entrée et de sortie du giratoire

Elle génère une charge de travail importante pour l'utilisateur qui doit simultanément gérer une sous-tâche de sortie du giratoire et une sous-tâche de surveillance du trafic s'appêtant à entrer dans le carrefour sur la droite. Cette situation multi-tâches nuit à la perception d'un piéton traversant en sortie de carrefour sur une zone que l'utilisateur, momentanément focalisé sur la droite du giratoire, ne surveille pas.

Les accidents impliquant la non détection du giratoire en approche (3 cas) => Perte de contrôle en entrée du giratoire (2 cas – scénario 1) ou choc avec véhicule circulant sur la gauche de l'anneau (1 cas – scénario 2)

Ces accidents se produisent **tous de nuit (très tôt le matin ou tard le soir) sur des giratoires de grandes dimensions auxquels on accède par une approche rapide à 2x2 voies et une courbe serrée à droite**. Les conducteurs impliqués sont **jeunes** (moins de 30 ans), et ne **demeurent pas à Aix-en-Provence**. Ils sont **fatigués et/ou alcoolisés**. Ils sont tous au volant de **véhicules légers et pratiquent une vitesse trop élevée**.

Ces usagers ne détectent pas leur arrivée au giratoire. Ils s'y introduisent dans la foulée en coupant la trajectoire d'un véhicule circulant sur la gauche de l'anneau ou perdent le contrôle de leur véhicule dans la courbe d'entrée sur l'anneau.

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Les conditions générales de circulation

- Contexte nocturne

Très tôt le matin ou tard de nuit, le faible trafic sur les axes d'approche des carrefours permet la prise de vitesse des impliqués. Par ailleurs, la visibilité est limitée dans ce contexte ce qui, combiné à la mauvaise lisibilité de la route, ne permet pas aux impliqués de percevoir, à temps, le giratoire abordé.

- Méconnaissance des lieux

Les usagers sont pour la plupart des non-locaux. Il est donc possible qu'ils ne connaissent pas ou peu les sites. Combiné à une mauvaise lisibilité de la route, cet élément peut jouer dans la non perception de la situation.

- Capacités de conduite réduite

L'alcool et/ou la fatigue réduisent souvent les capacités de conduite des usagers concernés et limitent leur possibilité de percevoir à temps une rupture dans leur approche.

. Les facteurs liés à l'aménagement des lieux

- Mauvaise lisibilité de la route

Des alignements de réverbères et de végétation avant et dans le giratoire produisent un effet de continuité de la route. Par ailleurs, la visibilité axiale et latérale est limitée par la végétation en bordure de chaussée en entrée de giratoire ou par un léger changement du profil en long. Ces éléments de l'environnement du giratoire nuisent à la perception du carrefour et de la courbe qui le précède.

- Défaut de signalisation du carrefour

La signalisation des carrefours est absente ou peu perceptible dans la végétation bordant la chaussée. Les usagers, connaissant peu ou pas les lieux, ne sont pas avertis de la présence de cette rupture dans leur approche.

- Aménagement de l'axe d'entrée

Dans ces cas, l'entrée dans le giratoire se fait sur une chaussée à 2x2 voies permettant, de nuit lorsque le trafic est faible, de pratiquer des vitesses élevées qui ne permettront pas aux conducteurs de réagir à temps à la détection tardive du giratoire ou de négocier la courbe d'entrée dans ces carrefours.

Par ailleurs, l'approche immédiate du giratoire se fait par une courbe trop serrée à droite. Les impliqués la perçoivent trop tardivement pour pouvoir réguler leur vitesse en fonction du tracé. Ils « tirent droit » à l'entrée de la courbe.

**L'accident impliquant la non détection d'un véhicule circulant sur la droite de l'anneau
=> choc contre ce véhicule (1 cas – scénario 11)**

Il se produit de jour sur un giratoire situé dans une zone fortement urbanisée, présentant une forte proximité entre deux axes, et une visibilité latérale limitée entre ces deux axes en approche. Un conducteur réalise simultanément une manœuvre d'insertion dans le carrefour, mobilisant son attention et son regard sur la gauche, immédiatement suivie d'une manœuvre de sortie du giratoire. Dans ce contexte multi-tâches, il détecte trop tardivement une bicyclette circulant très à droite de l'anneau sur la zone de sortie de celui-ci.

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Les facteurs liés à l'aménagement des lieux

- Visibilité latérale limitée

De la végétation implantée à l'angle de deux axes limite la visibilité latérale sur la partie droite du rond-point en approche. Ce problème nuit à la détection précoce d'un usager potentiellement interférent dans la manœuvre à réaliser.

- Proximité importante entre deux axes du giratoire

La trop grande proximité entre deux axes d'un giratoire entraîne le conducteur, pénétrant dans le carrefour pour en sortir immédiatement par l'axe de droite, à devoir gérer, dans un laps de temps très court deux sous-tâches concurrentes : la recherche d'informations sur la gauche lors de leur insertion et la surveillance du trafic circulant sur l'anneau à leur droite lors de leur sortie. Soumis à une telle contrainte spatio-temporelle, des conducteurs ne percevront que trop tardivement un usager interférent sur leur trajectoire de sortie du carrefour.

4.4.2.2 – Les scénarios impliquant un problème fonctionnel de traitement de l'information

2 accidents seulement impliquent ce genre de problème dans les scénarios 7 et 9. Dans le premier scénario, il s'agit d'un problème d'anticipation erronée sur le comportement d'un autre usager, dans le second, d'un problème de compréhension erronée de la manœuvre d'un autre usager.

L'accident impliquant un problème d'anticipation erronée sur le comportement d'un autre usager (1 cas – scénario 7)

Il se produit sur un giratoire situé dans une **zone fortement urbanisée**. La sortie du giratoire est aménagée avec un **passage piéton réglementé par feux**. Le trafic est très dense et la circulation est momentanément arrêtée dans le rond-point. Au moment où une file de véhicules redémarre, un conducteur de la file reprend sa progression en anticipant sur le démarrage du véhicule qui le précède. Ce véhicule reste arrêté et l'usager le percute à l'arrière.

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Facteurs liés à l'aménagement des lieux

- Aménagement d'un passage piéton réglementé par feux directement en sortie de giratoire

En période de fort trafic, ce type d'aménagement bénéfique au piéton génère toutefois des problèmes d'écoulement du trafic dans le carrefour que certains usagers ne seront pas en mesure de gérer correctement.

L'accident impliquant un problème de compréhension erronée de la manœuvre d'un autre usager (1 cas – scénario 9)

Il se produit sur un giratoire située dans une **zone fortement urbanisée**. La chaussée sur l'anneau est large et permet la circulation sur 2 files. Un deux-roues circulant sur la droite de l'anneau entreprend le dépassement d'un véhicule circulant sur la gauche au moment où ce véhicule change de file sans avoir préalablement annoncé sa manœuvre.

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Facteurs liés à l'aménagement des lieux

- Largeur de la chaussée sur l'anneau

Sur des anneaux dont la chaussée large permet la circulation sur deux files peuvent se produire des conflits de trajectoire entre un usager circulant sur la gauche de l'anneau et changeant intempestivement de file de circulation, et un usager en dépassement sur la file de droite de l'anneau.

4.4.2.3 – Les scénarios impliquant un problème de gestion de la vitesse et de la trajectoire

5 accidents impliquent ce genre de problème dans les scénarios 8 et 10. Dans le scénario 8, les conducteurs perdent le contrôle de leur véhicule en sortant du giratoire. Dans le scénario 10, ils cisailent la trajectoire d'un autre usager en effectuant une manœuvre de sortie du carrefour.

Les accidents en perte de contrôle en sortie de giratoire (2 cas – scénario 8)

Ils se produisent dans les 2 cas sur un **giratoire de grande dimension aménagé avec 2 voies larges sur l'anneau**. Les conducteurs jeunes ou très fortement alcoolisés pratiquent une vitesse trop élevée pour pouvoir négocier la courbe à droite serrée de l'axe de sortie emprunté. Leur véhicule « tire droit » en sortie du giratoire et va percuter des véhicules en sens inverse.

Les facteurs explicatifs et commentaires :

. Les conditions générales de circulation

- **Etat psycho-physiologique dégradé du conducteur par une très forte alcoolisation**

. Les facteurs liés à l'aménagement des lieux

- **Rayon et largeur de l'anneau**

Sur des giratoires de grand rayon avec un anneau de grande largeur, des usagers peuvent pratiquer une vitesse trop élevée qui s'avèrera incompatible avec la trajectoire à suivre en sortie du carrefour.

- **Aménagement de l'axe de sortie du giratoire**

Lorsque la sortie du giratoire se fait par une courbe à droite de rayon serré, les usagers pratiquant une vitesse trop élevée sur l'anneau ne peuvent la négocier.

Les accidents de cisaillement en sortie de giratoire (3 cas – scénario 10)

Ce type d'accident se produit sur des **giratoires de grande dimension** avec **2 voies sur l'anneau**. **Les sorties des giratoires se font tangentiellement à cet anneau**. **L'utilisateur sortant du giratoire est souvent une moto puissante, circulant initialement sur la voie de gauche ou au centre de l'anneau à une vitesse relativement élevée**. Pour sortir du giratoire, ces motards se rabattent devant ou derrière un véhicule circulant plus lentement sur la voie de droite qu'ils accrochent au passage.

- Les éléments explicatifs et commentaires :

. Les facteurs liés à l'aménagement des lieux

- **Rayon et largeur de l'anneau**

Sur des giratoires amples, des conducteurs de motos, véhicules maniables et puissants, conservent un niveau de vitesse élevé et utilisent la voie de gauche pour dépasser les véhicules plus lents à l'approche d'un axe de sortie.

- **Sortie trop tangentielle à l'anneau**

Ce genre d'aménagement semble favoriser la conservation de vitesse trop élevée en sortie de giratoire qui ne permet pas aux usagers se dirigeant vers cette sortie de résoudre efficacement une situation de conflit de trajectoire avec un usager poursuivant son trajet autour de l'anneau sur cette zone.

5 – SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

5.1 – Synthèse des résultats

L'analyse clinique de 59 cas d'accidents s'étant produits sur 8 giratoires urbains aménagés sur 3 grands axes pénétrant l'agglomération d'Aix-en-Provence a permis :

1 – D'élaborer un modèle générique de la tâche de traversée d'un giratoire.

Ce modèle présente d'une part le découpage séquentiel en 5 phases qui caractérise les différentes étapes de conduite à franchir par un usager rencontrant un giratoire à traverser :

- phase 1 d'approche du carrefour,
- phase 2 d'entrée imminente sur le giratoire,
- phase 3 d'insertion sur l'anneau,
- phase 4 de progression sur l'anneau,
- phase 5 de sortie du giratoire.

D'autre part, ce modèle rend compte, pour chacune de ces phases, des différentes sous-tâches que les conducteurs devaient réaliser pour effectuer leur traversée du giratoire et les activités fonctionnelles plus ou moins prépondérantes requises pour les gérer.

2 – D'identifier, à chacune de ces phases et pour chaque sous-tâche à gérer, les mécanismes de dysfonctionnement ayant conduit à la survenue d'un accident.

Ces mécanismes de dysfonctionnement sont présentés sous forme de « chaînes causales » rendant compte des facteurs (éléments explicatifs) impliqués dans la survenue d'une défaillance fonctionnelle de l'usager intervenant dans la réalisation d'une sous-tâche spécifique qui, mal réalisée, se traduit par un accident.

Facteurs → Défaillance fonctionnelle origine → Situation d'accident

3 – De constituer des scénario-types de défaillance fonctionnelle par regroupement de ces chaînes causales autour de deux paramètres identiques (la défaillance fonctionnelle origine de la sous-tâche mal réalisée et la situation d'accident résultante), 11 scénarios se produisant sur des giratoires urbains ont été ainsi constitués :

* 7 de ces scénarios regroupent la plupart des accidents étudiés (86% des cas). Ils impliquent une défaillance fonctionnelle au niveau de la détection d'informations utiles pour la sous-tâche à gérer. Il s'agit :

1- Dans la majorité de ces cas (2 cas sur 3), les conducteurs ne détectent pas la présence ou la manœuvre d'un autre véhicule interférent sur leur trajectoire à l'étape d'entrée imminente ou d'insertion dans le giratoire (phases 2 et 3).

Le plus souvent (3 cas sur 5), c'est la présence d'un véhicule interférent approchant sur la gauche du giratoire qui n'est pas détecté. Très souvent, l'usager qui n'est pas détecté est un 2 roues (moto, cyclomoteur, bicyclette) qui souvent provient de l'axe le plus proche sur la gauche.

A noter que sur les sites étudiés dont la plupart se situent dans des zones fortement urbanisées, un accident sur 3 implique un 2 roues. Ce type d'usager paraît peu détectable dans un environnement complexe et souvent fortement circulé.

Souvent (1 cas sur 3), c'est l'arrêt, en bordure de l'anneau, d'un véhicule léger circulant devant qui n'est pas détecté.

2- Un piéton traversant, le plus souvent sur passages piétons implantés juste à l'entrée ou à la sortie des giratoires, n'est pas vu dans 1 cas sur 4 en phase 2 d'entrée imminente dans le giratoire ou en phase 5 de sortie du giratoire.

A noter que sur les sites étudiés, comme pour les 2 roues, ce type d'usager, impliqué dans 1 accident sur 5, paraît peu détectable.

3- Quelquefois c'est le giratoire lui-même qui n'est pas détecté de la phase 1 d'approche du giratoire jusqu'à la phase 2 d'entrée imminente dans le giratoire (3 cas seulement).

Les autres accidents mettent (beaucoup plus rarement) en cause un problème de traitement de l'information utile (anticipation ou compréhension erronée du comportement d'autrui – 2 cas) ou un problème plus global de gestion de la vitesse et de la trajectoire (5 cas).

4 – De présenter, pour ce qui concerne les aménagements des giratoires, certains éléments participant à la production d'accidents.

Le présent travail a été réalisé dans l'objectif de contribuer à l'amélioration des aménagements du réseau urbain afin de tenter de diminuer, autant que possible, le nombre d'accidents. Pour ce qui concerne l'aménagement des giratoires urbains, il nous a permis de repérer parmi les multiples facteurs explicatifs des accidents étudiés, les éléments d'aménagement des carrefours ayant joué un rôle dans leur survenue.

Ces éléments sont les suivants :

*** Défaut de signalisation directionnelle en approche des giratoires**

L'absence, l'insuffisance, le manque de lisibilité de la signalisation directionnelle mettent en difficulté des usagers connaissant peu ou pas les lieux et nuisent à la gestion, dans l'espace et le temps, de leurs diverses activités de recherche d'informations.

Cet élément participe à la survenue d'accidents impliquant :

- La non détection d'un usager approchant sur la gauche du giratoire.

*** Défaut de lisibilité de la route en approche**

Certains éléments de l'environnement de la route en approche du giratoire génèrent un effet de continuité de celle-ci préjudiciable à la perception précoce de la présence d'un giratoire, surtout de nuit. Il s'agit d'alignement de réverbères ou d'arbres avant, dans et après le carrefour, de végétations limitant la visibilité latérale de part et d'autre de la route (effet de couloir), de changement de profil en long limitant la visibilité axiale peu avant le carrefour.

Des usagers non locaux, circulant de nuit à vitesse élevée ne perçoivent pas ou trop tardivement le carrefour, ils perdent le contrôle de leur véhicule en entrée de celui-ci ou s'y engagent dans la foulée sur la trajectoire d'un véhicule arrivant à gauche.

*** Défaut de signalisation (autre que directionnelle)**

Combinée au défaut de lisibilité de la route en approche, la rencontre d'un giratoire non ou mal signalé peut surprendre des usagers ne connaissant pas ou peu l'itinéraire.

*** La réglementation des lieux par balise « cédez le passage »**

Sans pouvoir préjuger d'une meilleure efficacité d'un autre type de réglementation (stop, feux, priorité à droite...), nous constatons simplement que cette réglementation entraîne les conducteurs à focaliser momentanément leur attention et leur regard sur une recherche d'information anticipée sur la gauche de l'anneau, réalisée en roulant en phase 1 d'entrée imminente dans le giratoire. Cette

stratégie de prise d'information soumise à une contrainte de temps est par conséquent plus ou moins bien réalisée dans l'espace et dans le temps et joue un rôle :

- dans la non détection d'un usager interférent approchant sur la gauche du giratoire,
- dans la non détection de l'arrêt d'un véhicule devant,
- dans la non détection d'un piéton traversant.

* L'aménagement des entrées ou sorties de giratoire sur 2 voies, sans difficulté de tracé et plus ou moins tangentielle à l'anneau

Les vitesses pratiquées en entrée ou à la sortie du carrefour peuvent être trop élevées réduisant le temps disponible pour effectuer correctement les diverses sous-tâches à effectuer sur ces zones (recherche d'informations, guidage de trajectoire, gestion d'interactions avec d'autres usagers...), limitant les possibilités d'évitement d'un choc, ou participant à des pertes de contrôle du véhicule.

L'entrée dans l'anneau sur 2 voies peut aussi générer des conflits de trajectoires entre usagers s'engageant en même temps sur l'anneau, chacun à partir d'une des 2 voies, préjudiciable à la détection d'autres conflits potentiels lors de l'insertion sur l'anneau.

Le trafic circulant sur la voie d'à côté peut masquer la présence d'usagers interférents sur la zone.

Les accidents où cet élément d'aménagement est impliqué résultent :

- de la non détection d'un usager interférent approchant sur la gauche du giratoire,
- de la non détection de l'arrêt d'un véhicule devant,
- de la non détection d'un piéton traversant,
- de la détection tardive du giratoire,
- d'une mauvaise gestion de la vitesse et de la trajectoire à suivre en sortie du carrefour.

* Le tracé trop serré de la courbe d'entrée ou de sortie du giratoire

Il participe à des pertes de contrôle d'usagers abordant ou sortant du giratoire à vitesse trop élevée.

* La taille trop importante des giratoires

Elle complexifie l'activité de recherche d'informations des usagers qui doivent explorer un vaste champ visuel avant de pénétrer sur l'anneau.

Elle permet la conservation de vitesses trop élevées sur l'anneau participant à des pertes de contrôle du véhicule ou générant des évolutions rapides des conditions de circulation que les usagers pénétrant sur l'anneau ne percevront pas forcément.

Le trafic circulant sur une des voies dans l'anneau peut masquer un usager potentiellement interférent.

Des changements de voies ou des dépassements intempestifs dans l'anneau peuvent se produire.

Ce type d'aménagement joue un rôle :

- dans la non détection d'un usager approchant sur la gauche de l'anneau,
- dans la non détection de l'arrêt d'un véhicule devant,
- dans la non détection d'un piéton traversant,
- dans la compréhension erronée de la manœuvre d'un autre usager,
- dans la mauvaise gestion des vitesses et des trajectoires des usagers sortant de l'anneau.

* La proximité trop importante entre deux axes

Des usagers s'introduisant en même temps sur le giratoire à partir de 2 axes trop proches l'un de l'autre peuvent se retrouver rapidement dans une situation de conflit qu'ils ne percevront pas forcément à temps pour éviter l'accident.

Elle réduit dans l'espace et le temps la possibilité des usagers de gérer correctement les diverses interactions concurrentes avec autrui qu'ils rencontrent.

Cette configuration qu'il serait difficile de modifier sans avoir à agrandir le giratoire ce qui serait source d'autres problèmes, participe néanmoins aux accidents impliquant :

- la non détection d'un usager approchant sur la gauche de l'anneau,
- la non détection d'un piéton traversant,
- la non détection d'un usager circulant sur la droite de l'anneau.

* L'aménagement de passage piétons réglementé par feux en entrée ou sortie de giratoire

Ce type d'aménagement bien que bénéfiques à la traversée des piétons génère néanmoins des problèmes pour les conducteurs de véhicule :

- Aménagé directement en entrée de giratoire, il augmente la charge de travail des usagers devant s'introduire dans le giratoire ce qui nuit à leur activité de recherche d'informations.

En entrée ou en sortie, lorsque le trafic est dense, il génère des arrêts de la circulation qui surprendront certains conducteurs.

Les accidents où cet élément joue un rôle impliquent :

- la non détection d'un usager approchant à gauche de l'anneau,
- la non détection de l'arrêt d'un véhicule devant.

* L'aménagement de passage piétons directement à l'entrée ou à la sortie de l'anneau

Sur les zones où se produisent les manœuvres d'entrée et de sortie du giratoire, la charge de travail des conducteurs est importante (guidage du véhicule, recherche d'informations...).

L'aménagement d'une traversée pour les piétons à cet endroit nuit à la perception de ce type d'usagers par des conducteurs mobilisés sur d'autres sous-tâches.

* Visibilité latérale limitée en entrée de giratoire

Des plantations de haies, des panneaux, des poteaux etc... implantés en abord de chaussée limite la visibilité latérale des usagers sur le giratoire et le trafic y circulant. Cette configuration perturbe l'activité de recherche d'information ou génère des arrêts tardifs et intempestifs.

Ce problème intervient dans les accidents impliquant :

- la non détection d'un usager approchant sur la gauche de l'anneau,
- la non détection d'un usager circulant sur la droite de l'anneau,
- la non détection de l'arrêt d'un véhicule devant

5.2 – Conclusion

Un giratoire implanté sur un axe important de circulation constitue une rupture dans la progression des usagers. La sévérité de cette rupture permet à la fois de réduire les vitesses pour une meilleure sécurité et de traiter efficacement les échanges en intersection.

Toutefois, la tâche de l'usager traversant ce type de carrefour s'avère complexe, notamment dans la phase d'entrée imminente et d'insertion dans le giratoire, et génère une hétérogénéité des stratégies mises en œuvre qui est source d'insécurité.

Ces stratégies peuvent se décliner entre deux extrêmes :

1 – L'usager utilise la balise comme un stop, s'arrête en abord de l'anneau, recherche de l'information et redémarre quand la voie est libre.

2 – L'usager anticipe en prenant, le plus en amont possible, l'information nécessaire sur les lieux, sur les usagers prioritaires circulant sur l'anneau, sur la branche de sortie, sur la trajectoire et la vitesse à adopter. Cette anticipation vise à pouvoir, si possible, s'introduire sur l'anneau sans arrêt préalable.

A l'évidence, ces 2 stratégies sont difficilement compatibles et source de conflits, surtout que l'attention de l'usager est principalement focalisée sur la partie gauche de l'anneau, là où peut circuler un usager prioritaire.

Pour améliorer la sécurité des giratoires, il convient donc de prendre en compte dans la conception la tâche de traversée que les usagers ont à réaliser et les fonctions en oeuvre. Une telle prise en compte repose sur l'observation, mais surtout sur les scénarios de défaillance fonctionnelle que ce travail a permis de formaliser.

Le plus grand nombre de ces scénarios mettent en cause une défaillance dans la **fonction** de recherche et de saisie d'informations utiles pour la tâche à réaliser. Le comportement le plus souvent observé dans les accidents consiste en une focalisation de l'attention de plus en plus accentuée sur la gauche au fur et à mesure que l'on s'approche de l'entrée du giratoire. Ainsi, progressivement, la zone de focalisation du regard s'écarte de la trajectoire à suivre pour pénétrer sur l'anneau en tournant à droite, ce qui rend la tâche d'entrée dans le giratoire si particulière. Compte tenu de cette particularité, pour améliorer le niveau de sécurité du giratoire, il s'agit donc de construire un questionnement systématique :

* Sur la perception du site

Elle doit se faire le plus en amont possible pour éviter des vitesses trop élevées, une attention trop faible, de mauvaises anticipations... Pour ce faire, il faut être vigilant à la lisibilité de la route, du giratoire, à la signalisation du carrefour et à la signalisation directionnelle.

* Sur la visibilité dans le giratoire

Elle peut être améliorée par l'élimination de tout masque aux abords du carrefour.

* Sur la compréhension du carrefour

Elle peut être améliorée par la signalisation et en évitant des conflits de représentations (giratoire et signalisation tricolore par exemple)

* Sur la prise d'informations sous contrainte de temps

L'urgence de la prise d'information va inciter l'usager à se focaliser sur les VL circulant sur l'anneau, au détriment par exemple de la perception des deux-roues et des piétons ou d'autres conflits potentiels avec le trafic circulant devant.

* Sur les conflits de stratégies en entrée de giratoire

Les stratégies mises en oeuvre peuvent être très différentes et peuvent, en particulier, dégénérer sur des chocs arrière découlant des différences de vitesse et de la focalisation de l'attention de l'usager sur la gauche du carrefour.

D'autres questionnements peuvent également porter :

* Sur le choix de trajectoire et de vitesse dans des sites très larges

En ces lieux, les vitesses sont élevées et des conflits émergent avec des véhicules circulant sur des trajectoires parallèles. La perception des véhicules circulant sur l'anneau, de leur trajectoire et vitesse doit alors être rapide et de ce fait, elle s'en trouve limitée. Les piétons ou les deux-roues peuvent ne pas être perçus car masqués par d'autres véhicules.

* Sur le choix de trajectoire et de vitesse dans des sites plutôt contraints

Si le dessin n'est pas optimisé, les trajectoires suivies peuvent être inadaptées. Il peut se produire des pertes de contrôle ou des chocs avec d'autres véhicules quand les vitesses sont relativement trop élevées.

Ce type d'interrogations sur les fonctions en œuvre doit inclure l'analyse des comportements (trajectoire, vitesses, stratégies...) des deux-roues légers, des deux-roues motorisés rapides et des piétons qui sont souvent impliqués dans les accidents se produisant sur ce type de carrefour.

ANNEXES

ANNEXE 1 - FICHE ANALYSE

(* pour le plan reprendre celui du dossier EDA 2000-039)

N° de procédure Dossier EDA 2000-039 PV 353	Jour/date : Mercredi 27.9.2000 Heure : 16.15	Commune/agglo : AIX EN PROVENCE
Lieu avec repère (si possible) Rond-point entre l'avenue de l'Europe, avenue Henry Mouret et Avenue Max Juvenal		
CONDITIONS GENERALES		
Luminosité : Jour	Météo : Temps clair	Etat de la chaussée (sèche, mouillée..) :
Conditions de trafic : Moyen		
	INFRASTRUCTURE (données pertinentes pour l'analyse)	
Largeur de chaussée : Dans le sens de circulation du véhicule impliqué : la chaussée est à 2 voies de 7 m de large.	Profil en long : en légère montée de 4%	Tracé : 300 m de route rectiligne avant le giratoire
Passage piéton : oui au niveau de la ligne d'arrêt des VL. Ce passage n'est pas signalé aux usagers circulant sur l'Avenue de Mouret et il est peu prégnant dans l'environnement. Il est par ailleurs situé sur une zone où les usagers en approche de la balise sont en train de faire une recherche d'information anticipée sur leur gauche sur le trafic circulant dans l'anneau.		
	IMPLIQUE VL	IMPLIQUE PIETON
Type de véhicule :	Renault Twingo 5 CV – Prêtée par des amis	
Année de 1ère mise en service du véhicule	1995	
Ancienneté du permis de conduire pour le conducteur	3 ans et 11 mois	
Age des impliqués	25 ans et 8 mois	61 ans et 8 mois
Sexe des impliqués		
Handicap particulier du piéton (vision, audition, motricité....)		
Impliqués domiciliés à :	Aix au centre-ville – Rue Papassaudi	Aix – Square JM Laustiaunau
Motif du déplacement piéton	Travail-domicile (Marseille – Aix)	Travail-domicile (lycée Mignet à Aix – Domicile ?)

DEROULEMENT DE L'ACCIDENT		
	IMPLIQUE TWINGO	IMPLIQUE PIETON
Situation de conduite	Le conducteur circule sur la voie de gauche de l'Avenue Henry Mouret. Il approche le giratoire à une allure déclarée de 30 km/h. Il est en train de ralentir pour prendre son information sur le trafic circulant dans l'anneau.	Aucun renseignement sur le déroulement de l'accident du point de vue du piéton qui a été transporté dans un état critique à l'hôpital Nord de Marseille
Situation d'accident	Le conducteur focalise son regard et son attention sur la partie gauche de l'anneau pour détecter la présence d'un éventuel véhicule interférent. Il en perçoit un mais situé suffisamment loin pour lui permettre de s'engager dans l'anneau. Par ailleurs, un autre véhicule circulant sur la voie de droite s'engage aussi dans l'anneau un peu avant le conducteur de la Twingo. Celui-ci est conforté dans l'idée qu'il peut aussi s'engager. Dans ce contexte de recherche d'information unilatéral le conducteur ne perçoit que très tardivement un piéton venant de sa droite qui achevait de traverser l'avenue en utilisant le passage piéton	
Situation d'urgence (manoeuvre et distance d'arrêt du véhicule si connue)	C'est en reportant son regard sur l'avant que le conducteur perçoit le piéton, il donne alors un coup de volant (réflexe) à droite pour éviter ce dernier. Il ne freinera qu'après choc.	
Situation de choc	La Twingo percute de son avant gauche le piéton qui est propulsé ensuite à 10 m environ après le point de choc, au centre des 2 voies de l'anneau.	
Vitesse reconstituée (ou estimée par un expert MA)	Vitesse au choc = 35 km/h estimée par experts du LBA.	
Conséquences corporelles (blessés, tués)	Indemne	BG

FACTEURS ACCIDENTOGENES

* Facteurs infrastructure

- Implantation du passage piéton au niveau de la ligne d'arrêt de la Balise et donc sur une zone où le conducteur en recherche d'information anticipée focalise son regard et son attention du côté opposé à celui d'où arrive le piéton.
- Absence de pré-signalisation d'un passage piéton peu visible dans l'environnement => absence d'attente de la traversée d'un piéton en tout cas non prise en compte de cette éventualité par le conducteur.
- Entrée sur l'anneau gérée par balise « cédez-le-passage » => arrêt non obligatoire => stratégie de prise d'information anticipée sur la gauche pour s'engager dans la foulée peu compatible avec la détection d'un piéton s'engageant en traversée sur la droite.

* Facteurs humains

* Facteurs véhicules

AUTRES ELEMENTS EXPLICATIFS

Véhicule sur voie de droite s'engageant dans l'anneau un peu avant la Twingo => effet d'entraînement pour le conducteur de la Twingo et peut être un masque à la visibilité sur la présence d'un piéton s'engageant ou voulant s'engager en traversée.