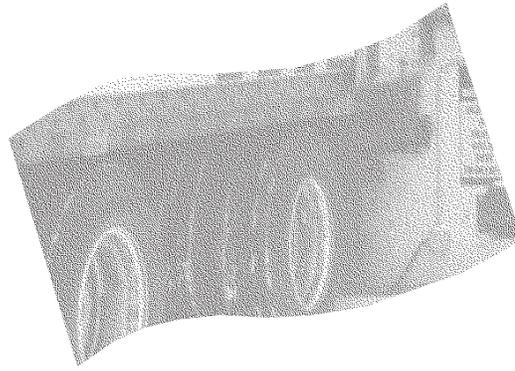


**Développement d'un outil  
d'évaluation des mesures  
de retenue des camions  
aux quais de transbordement**

**Résultats de l'arbre des fautes  
(ADF)**



**ÉTUDES ET  
RECHERCHES**

François Gauthier  
Laurent Giraud  
Réal Bourbonnière  
Sylvain Bournival

Jean-Guy Richard  
Renaud Daigle  
Serge Massé

RA4-381

ANNEXE





**Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.**

## **NOS RECHERCHES** *travaillent pour vous !*

### **MISSION**

- ▶ Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- ▶ Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- ▶ Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

### **POUR EN SAVOIR PLUS...**

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.

**[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)**

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.

**Abonnement : 1-877-221-7046**

Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec  
2004

IRSST - Direction des communications  
505, boul. De Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : (514) 288-1551  
Télécopieur : (514) 288-7636  
[publications@irsst.qc.ca](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
**[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)**  
Institut de recherche Robert-Sauvé  
en santé et en sécurité du travail,  
octobre 2004

**Développement d'un outil  
d'évaluation des mesures  
de retenue des camions  
aux quais de transbordement**

**Résultats de l'arbre des fautes  
(ADF)**

François Gauthier, ing.<sup>1</sup>, Laurent Giraud, ing. stag.<sup>2</sup>, Réal Bourbonnière, ing.<sup>2</sup>,  
Sylvain Bournival, ing. jr.<sup>1</sup>, Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur<sup>3</sup>, Renaud Daigle, tech.<sup>2</sup> et Serge Massé, ing.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,

<sup>2</sup>Sécurité-ingénierie, IRSST

<sup>3</sup>Sécurité-ergonomie, IRSST

**ANNEXE D**

**Avis de non-responsabilité**

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cliquez recherche  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)



Cette publication est disponible  
en version PDF  
sur le site Web de l'IRSST.



## TABLE DES MATIÈRES

1	Événement sommet : l'accident.....	3
2	Basculement .....	5
3	Affaissement des béquilles.....	6
4	Basculement latéral .....	6
5	Départ inopiné.....	7
6	Glissement pur.....	9
7	Avancement de la semi-remorque .....	10
8	Rampage de la semi-remorque .....	11
9	Dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement .....	12
10	Dispositifs de retenue des roues automatiques .....	20
11	Cales manuelles .....	21
12	Cales à détection de positionnement et plaque de retenue.....	23
13	Tracteur attelé .....	24
14	Chandelles sous la semi-remorque .....	26
15	Signalisation visuelle .....	27
16	Alarme sonore.....	29
17	Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque.....	30
18	Procédure de communication avec camionneur ou gareur .....	31
19	Retenue des clefs .....	32
20	Cadenassage des boyaux d'air du système de freins .....	33

## Introduction

Cette annexe présente le résultat complet de l'analyse des risques sous la forme d'un arbre des fautes global. Cet arbre global est en fait composé de 19 arbres plus petits, chacun développant un concept différent. Ce sont ces derniers qui seront décrits dans cette annexe. L'arbre global présenté ici est une version réduite.

En plus des différentes composantes retrouvées normalement dans un arbre des fautes (ET, OU, Losange, Cercle, Triangle). Un autre symbole a été ajouté à la liste des symboles standards soit l'élément « amplificateur » (un rectangle aux coins arrondis). Celui-ci désigne un événement qui est ni nécessaire, ni suffisant pour obtenir l'événement au-dessus de lui, mais qui peut influencer les probabilités d'obtention de ce dernier. Par exemple, l'inclinaison de la cour n'est ni nécessaire ni suffisante pour qu'il y ait glissement d'une semi-remorque, mais les probabilités de glissement sont nettement supérieures si la cour est inclinée vers l'extérieur.

### 1 Événement sommet : l'accident

L'accident se produit lorsque le chariot tombe en bas du quai ou lorsque la semi-remorque bascule lorsque le chariot se trouve à l'intérieur. La chute du chariot requiert deux événements, soit un avancement de la semi-remorque et la présence du chariot (figure 1). Le scénario où un chariot tombe en bas d'un quai vide (où il ne devait pas aller par exemple en reculant pour changer de sens) n'est pas traité dans cette étude. Sept événements dangereux pouvant entraîner l'accident donc sont présentés, soit le départ inopiné, le glissement pur, le rampage de la semi-remorque, le roulement de la semi-remorque (les roues tournent et ne glissent pas), le basculement, le basculement latéral et l'affaissement des béquilles.



## 2 Basculement

On parle de basculement de la semi-remorque lorsque celle-ci pivote autour de ses béquilles. Cet événement se produit lorsque le centre de gravité combiné du chariot élévateur, des marchandises et de la semi-remorque se retrouve à l'avant des béquilles. À noter que lorsque le chariot freine brusquement à l'intérieur de la semi-remorque, la force générée pourrait également entraîner un basculement même si le centre de gravité n'est pas à l'avant des béquilles.

Souvent, un début de basculement se transforme en affaissement des béquilles. Bien que le problème apparaisse alors comme étant la faiblesse des béquilles, il est fort probable qu'il s'agisse d'un début de basculement. Les béquilles n'étant pas conçues pour supporter le poids total de la semi-remorque en flexion, il est possible qu'elles cèdent lors d'un début de basculement. Le problème n'est alors pas la faiblesse des béquilles, mais le basculement de la semi-remorque.

La figure figure 2 schématise l'arbre du basculement. Comme on le constate, quatre facteurs influencent la probabilité d'un basculement, soit la vitesse du chariot, la masse du chariot, l'inclinaison de la cour et la longueur de la semi-remorque. Quelques mesures de retenue peuvent cependant empêcher le basculement ou du moins en diminuer les probabilités. Ces mesures sont : la chandelle, la procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque, la présence du tracteur et certains modèles de dispositif de retenue de la barre anti-encastrement. En effet, seuls les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement possédant un recouvrement de la barre anti-encastrement peuvent empêcher le basculement et leur efficacité peut être limitée selon les modèles. À noter qu'aucun dispositif de signalisation ne peut aider à prévenir le basculement.

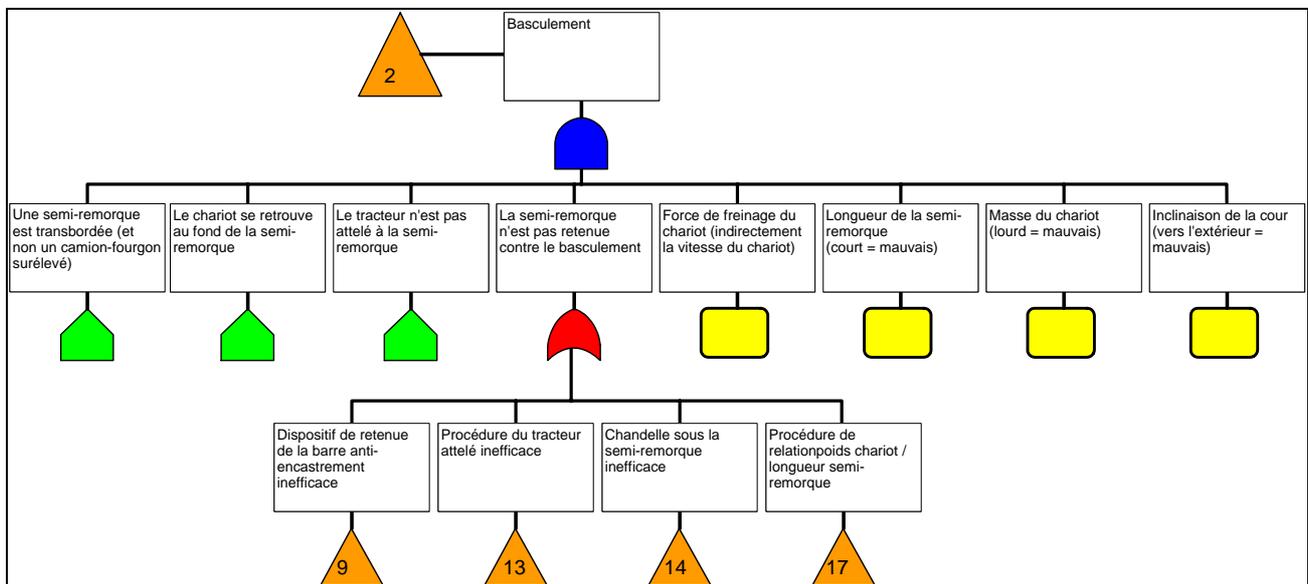


Figure 2. Basculement

### 3 Affaissement des béquilles

L'affaissement des béquilles se produit lorsque la force appliquée sur les béquilles est supérieure à ce qu'elles peuvent supporter. Deux facteurs peuvent être la cause d'un affaissement soit les forces générées lors d'un glissement et les forces générées lors d'un basculement. Les deux sont semblables mais peuvent s'expliquer différemment. L'avancement des roues (glissement ou roulement) est à l'origine de l'affaissement dû au glissement. Comme les béquilles ne glissent pas comme les roues, elles subissent tout l'effort de glissement, ce qui induit une force de flexion trop grande pour certaines béquilles. Il est de même pour l'affaissement dû au basculement, sauf que dans ce cas les roues ne glissent pas mais s'élèvent (début de basculement). Des efforts de flexion importants se retrouvent donc au point de fixation des béquilles. L'arbre de l'affaissement de la figure 3 fait référence aux méthodes de retenues sans les distinguer, les mesures efficaces contre cet événement dangereux dépendent de la nature des forces s'appliquant sur les béquilles.

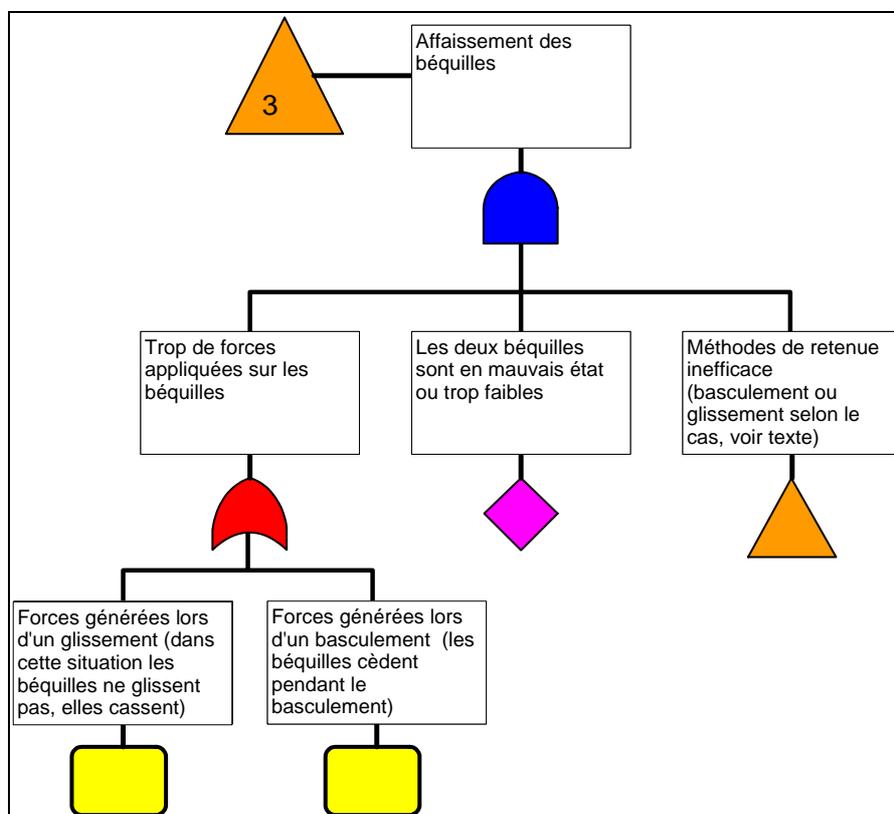


Figure 3. Affaissement des béquilles

### 4 Basculement latéral

La situation de basculement latéral (figure 4) est identique à l'événement dangereux d'affaissement des béquilles à l'exception qu'une seule des deux béquilles cède. La semi-remorque, supportée uniquement par trois points, peut basculer de côté.

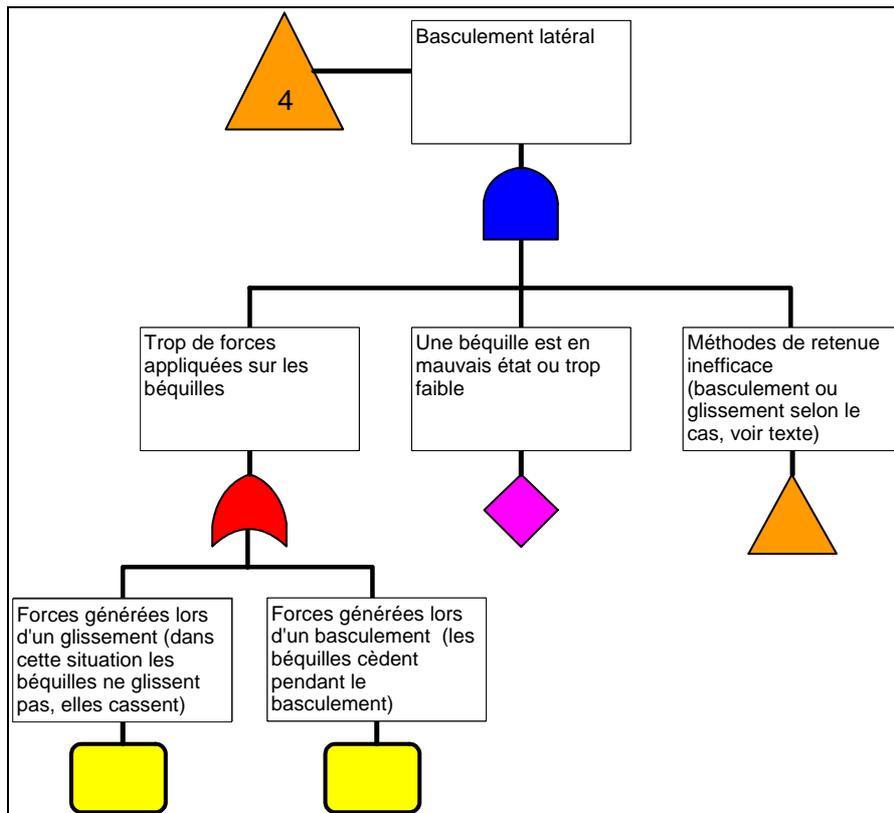


Figure 4. Basculement latéral

## 5 Départ inopiné

La figure 5 schématise les causes pouvant être à la source d'un départ inopiné. Lorsque le camionneur quitte le quai alors qu'il ne le devrait pas, il s'est produit au moins une erreur humaine. Un dispositif de retenue peut intervenir à cette étape pour bloquer la propagation de l'erreur, ce détail est traité plus loin. Un autre dispositif pouvant arrêter le camionneur de commettre une erreur est le système de signalisation. S'il est fonctionnel, le camionneur peut réaliser qu'il ne doit pas partir, mais ceci implique qu'il doit premièrement regarder l'indicateur lumineux (ou autre dispositif de signalisation) puis en tenir compte. L'efficacité du système de signalisation est traitée plus loin. Quant au camionneur qui ignore ou ne regarde pas la signalisation, la négligence ou l'erreur sont alors les deux causes possibles. Une défaillance à répétition du système de signalisation peut cependant porter un camionneur habitué à cette situation à ignorer un signal de non départ.

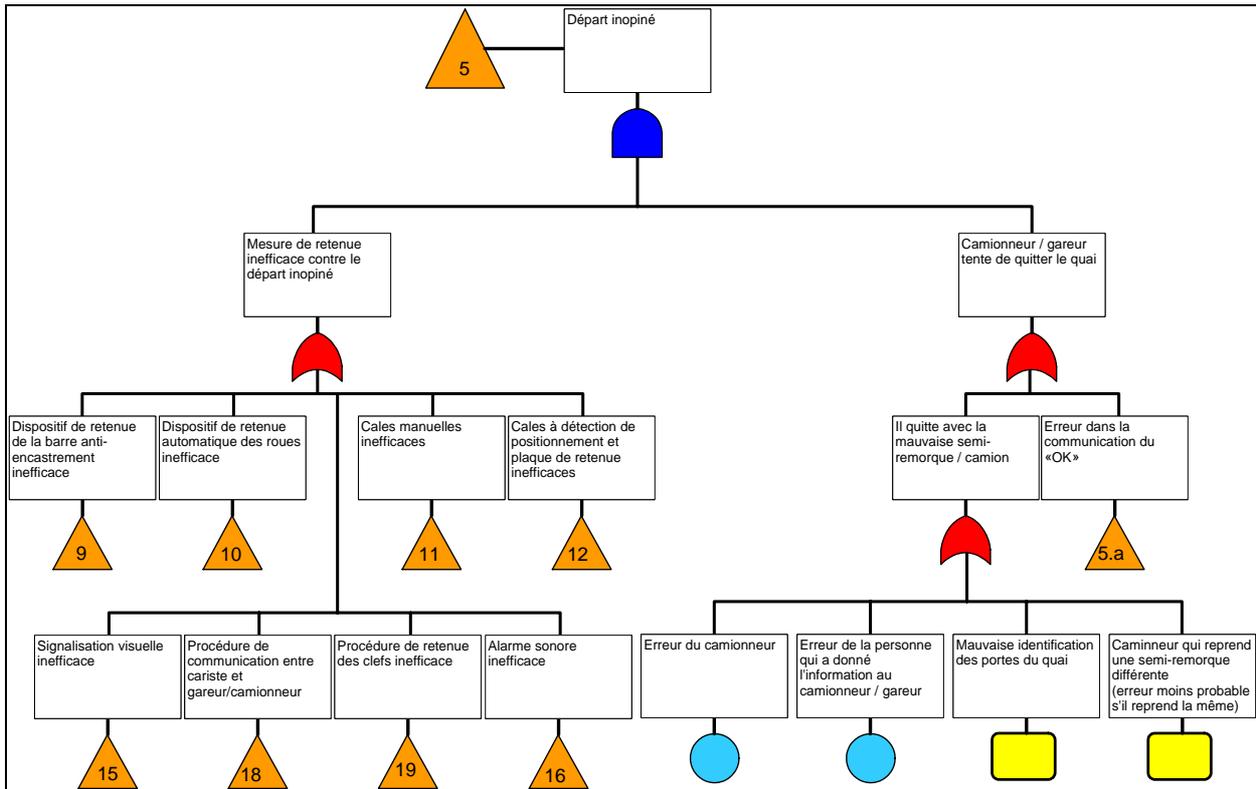


Figure 5. Départ inopiné

5.1 Erreur dans la communication du signal de départ (« OK »)

Un point important à noter à l'arbre présenté à la figure 6 est le nombre de facteurs contributifs pouvant influencer la probabilité d'une erreur de communication. Le facteur principal pouvant nuire à la bonne démarche du transbordement est bien sûr la confusion et le chaos. Ceci peut très facilement rendre les communications très difficiles et les procédures formelles (si elles existent) risquent de ne pas être appliquées avec rigueur si le chaos règne au quai. Il est donc facile de constater que le facteur humain a un rôle très important à jouer pour ce qui est du départ inopiné.

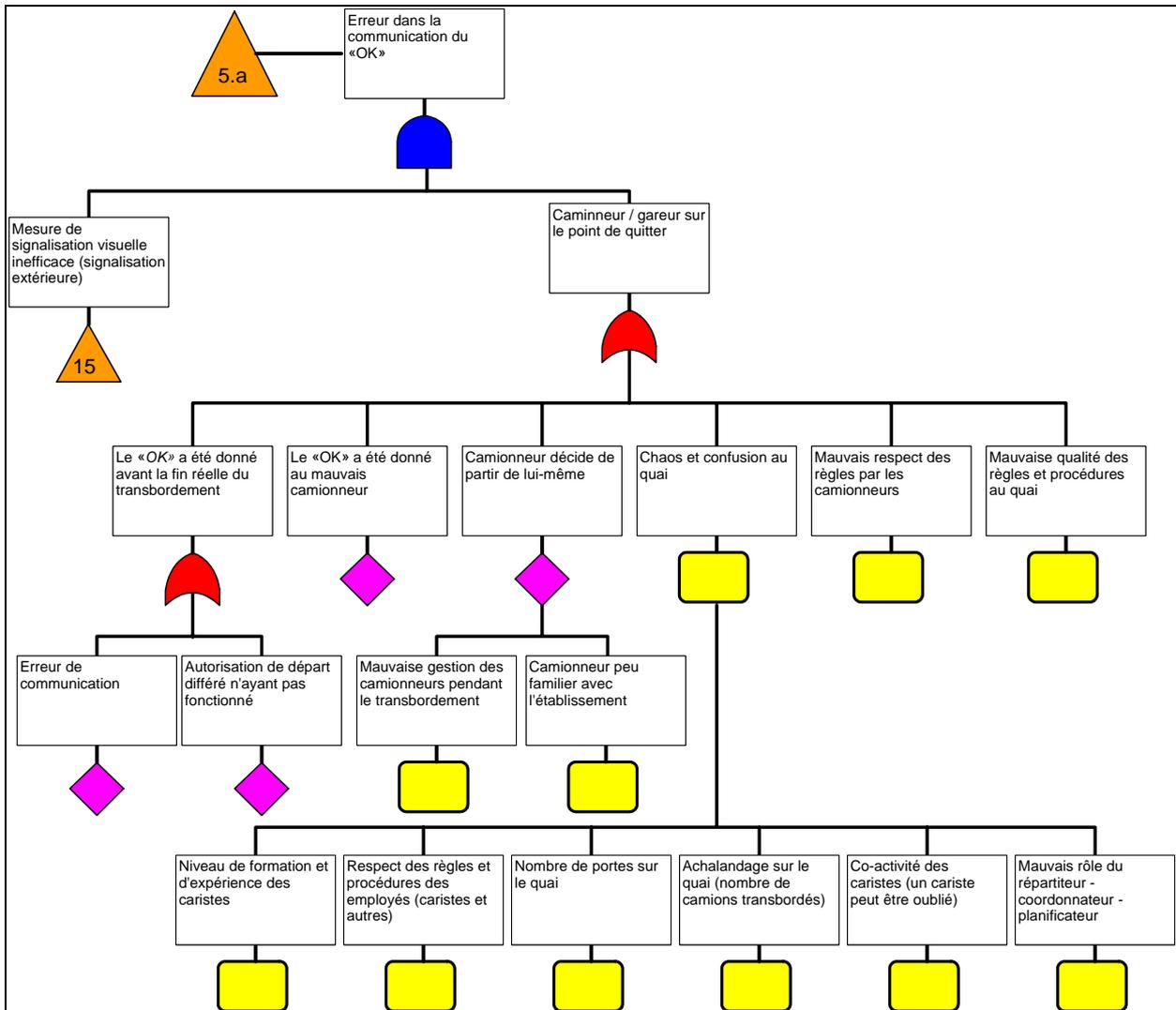


Figure 6. Départ inopiné : erreur dans la communication du signal de départ

## 6 Glissement pur

Le glissement se produit lorsque l'inertie du chariot élévateur est retransmise à la semi-remorque lors du freinage et que cette force excède la force de friction maximale entre la chaussée et les roues et les béquilles. Bien sur, si un dispositif de retenue est présent, celui-ci peut retenir la semi-remorque. Ce facteur est évalué plus en détail dans les sections suivantes.

La figure 7 présente l'arbre des fautes du glissement. Plusieurs facteurs ont une influence sur le glissement. Le poids du chariot a une influence non négligeable sur la probabilité de glissement, bien que cette influence soit moindre que pour les autres paramètres. La pente de la cour est un autre facteur pouvant augmenter sensiblement la probabilité de glissement. La vitesse du chariot, ou plus exactement la force avec laquelle le cariste freine a un impact majeur. Enfin, l'état de la chaussée a l'impact le plus important : une chaussée glacée est très à

risque alors qu'une chaussée asphaltée propre et sèche ne pose généralement pas de problème.

Il a été évalué que le glissement ne se produisait généralement que si le tracteur n'était pas attelé sur la semi-remorque, celui-ci offrant une force de friction suffisante pour empêcher pratiquement tout glissement. De plus, pour qu'il y ait glissement, les freins de la semi-remorque doivent être serrés, sinon la situation est celle d'avancement de la semi-remorque, dont il sera question à la prochaine section.

Le «ski slope» est un terme désignant une augmentation de la force induite par le chariot lorsque celui-ci descend dans la semi-remorque. Lorsque le chariot descend brusquement entre le niveau de l'entrepôt et le niveau de la semi-remorque, l'impact produit une force qui peut contribuer à faire glisser la semi-remorque.

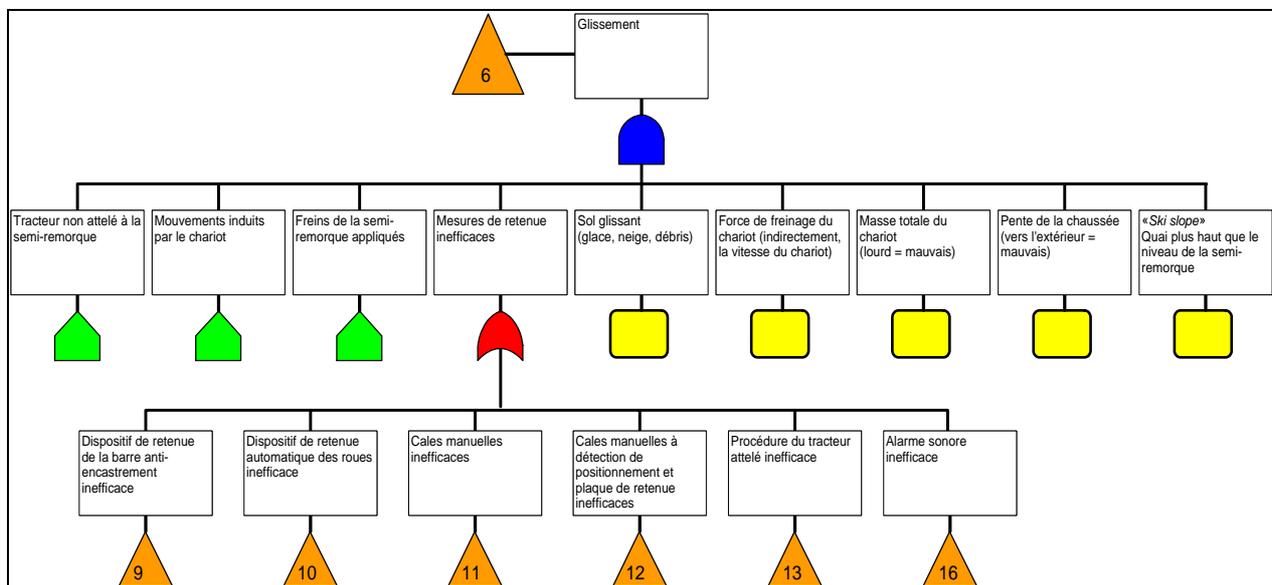


Figure 7. Glissement

## 7 Avancement de la semi-remorque

La situation d'avancement de la semi-remorque (figure 8) se produit lorsque les mêmes conditions que le glissement sont présentes, mais qu'au lieu de glisser, les roues de la semi-remorque tourne. Cette situation se produit lorsque les freins de la semi-remorque n'ont pas été serrés, ou bien lorsqu'il y a défaillance des freins ou du système hydraulique de freinage. Les facteurs influençant le glissement s'appliquent au risque d'avancement de façon similaire sauf pour l'état de la chaussée, qui perd son importance.

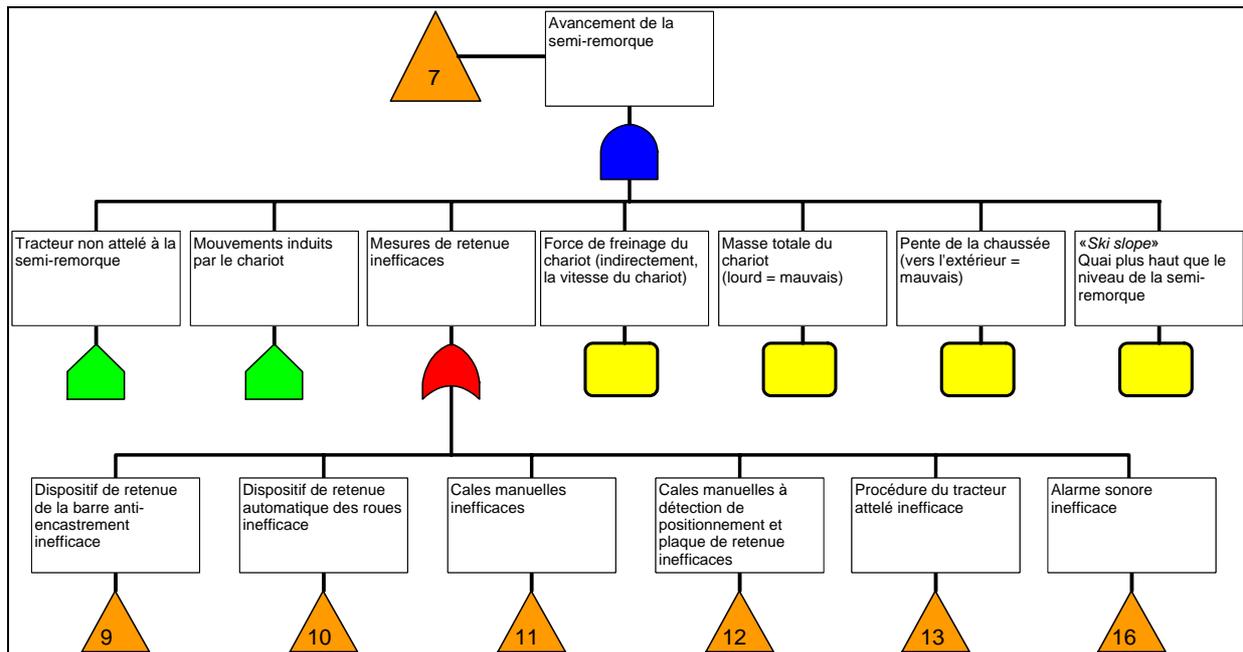


Figure 8. Avancement de la semi-remorque

### 8 Rampage de la semi-remorque

Le rampage (aussi connu sous le nom de *jog* en anglais, glissement furtif ou avancement par à coups) se produit lorsque les semi-remorques sont équipées d'un système de suspension à air. Il peut y avoir effectivement un risque d'avancement de la semi-remorque si la suspension à air a toujours la capacité d'osciller sous une charge. L'arbre des fautes qui décrit cet événement est illustré à la figure 9. Les facteurs contribuant à amplifier le problème sont semblables à ceux du glissement, soit la charge du chariot et de sa marchandise, la nature et l'état de la chaussée et l'inclinaison de la cour. La vitesse n'influence pas ce type d'événement car la force causant le glissement n'est pas générée par l'énergie cinétique du chariot, mais bien par l'énergie élastique de la suspension. La longueur de la semi-remorque influence aussi sensiblement : si la semi-remorque est courte et que le chariot s'avance au fond, la charge sur les pneus de la semi-remorque est beaucoup plus faible, rendant le glissement plus facile.

Les mesures ayant un effet contre ce type de situation sont les mêmes que pour le glissement pur, soit les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, les dispositifs automatiques de retenue des roues et les cales de roues à plaque de retenue.

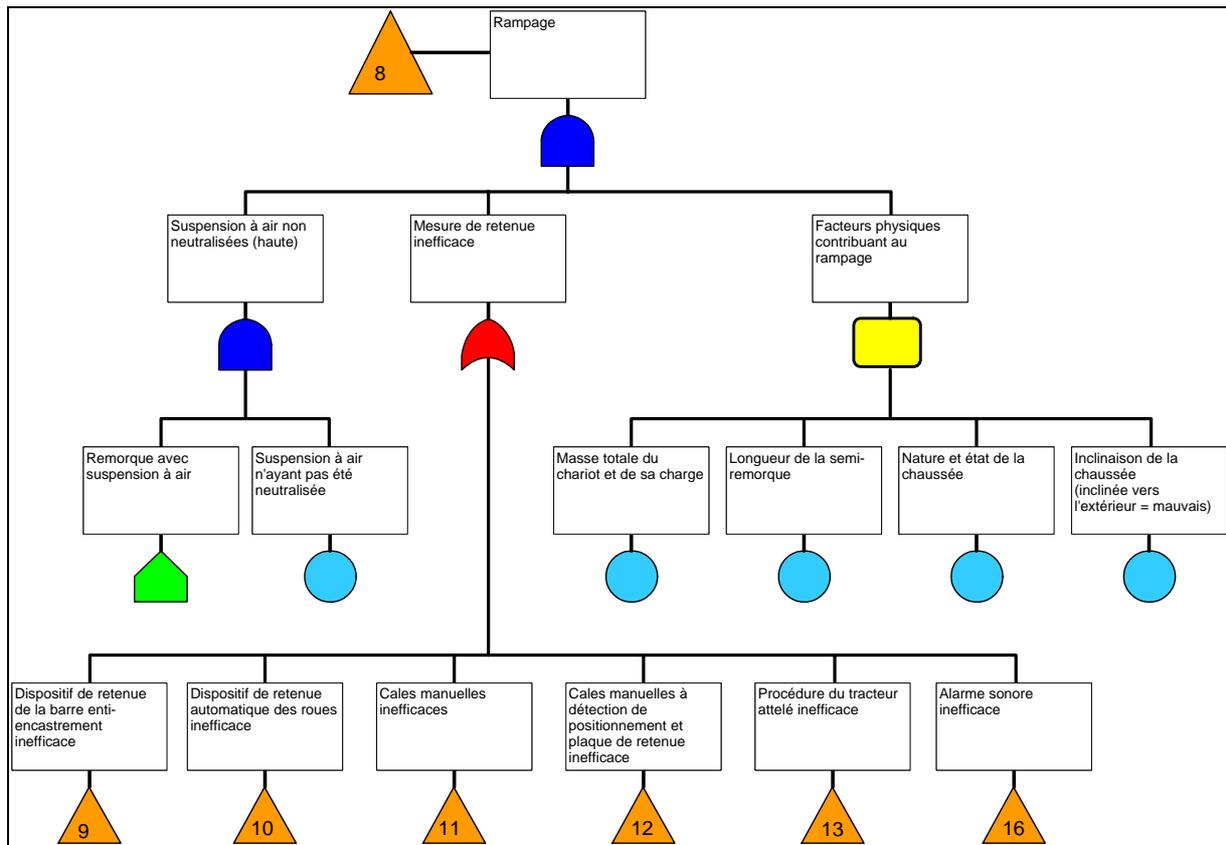


Figure 9. Rampage de la semi-remorque

### 9 Dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement

Bien que la défaillance d'un élément d'un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement se retrouve à plusieurs endroits dans l'arbre (figure 10), les probabilités d'occurrence d'une de ces défaillances sont relativement faibles. Certains paramètres physiques liés à l'installation ou à l'environnement de travail ont un impact beaucoup plus prononcé, entre autres la glace qui coince les mouvements, la résistance du béton et des ancrages qui retiennent le dispositif en place ou la configuration des semi-remorques se présentant au quai.

Plusieurs facteurs peuvent également court-circuiter cette mesure de retenue, particulièrement la barre anti-encastrement, si par exemple celle-ci elle est absente ou si sa résistance mécanique est trop faible pour supporter la charge d'un départ inopiné. L'erreur humaine est également un événement suffisant pour rendre le dispositif inefficace, par exemple si l'opérateur ne positionne pas le dispositif ou si quelqu'un le désactive avant la fin du transbordement.

Un des facteurs les plus fréquents à avoir entraîné la défaillance d'un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement est la défaillance de la barre elle-même. Il arrive en effet fréquemment que celle-ci cède lors d'un départ inopiné. Un autre problème qui n'apparaît pas sur cet arbre (mais qui est visible sur l'arbre global) est le fait que si une barre anti-encastrement est déformée au point où elle ne peut plus être accrochée, le système de signalisation peut détecter sa présence et envoyer le signal d'une situation sécuritaire alors que ce n'est pas le cas. Une situation similaire se présente lorsque le dispositif de retenue détecte son propre

positionnement et non la présence de la semi-remorque ou de la barre anti-encastrement. Le système de signalisation peut alors envoyer le message que la situation est sécuritaire même si la semi-remorque n'a pas de barre anti-encastrement : le crochet peut être bien positionné, mais qu'il n'y a pas de barre anti-encastrement à accrocher.

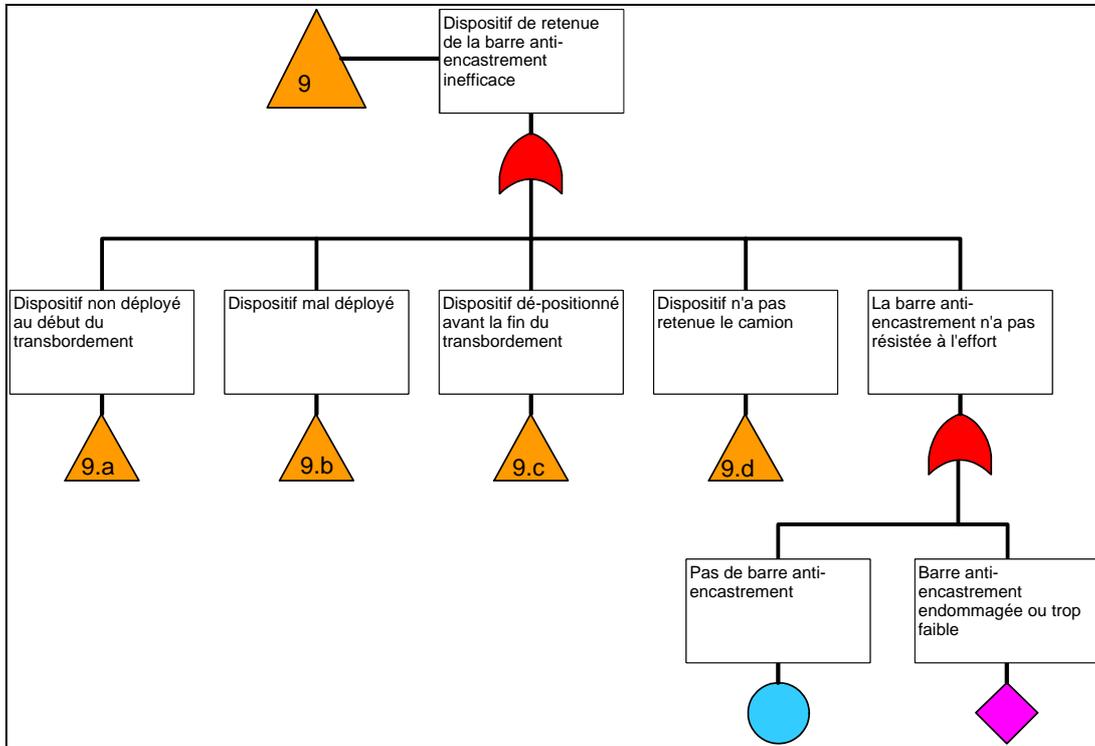


Figure 10. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement

L'arbre de la figure 11 représente une partie de l'arbre de la mesure de retenue, soit lorsque le dispositif n'est pas déployé au début.

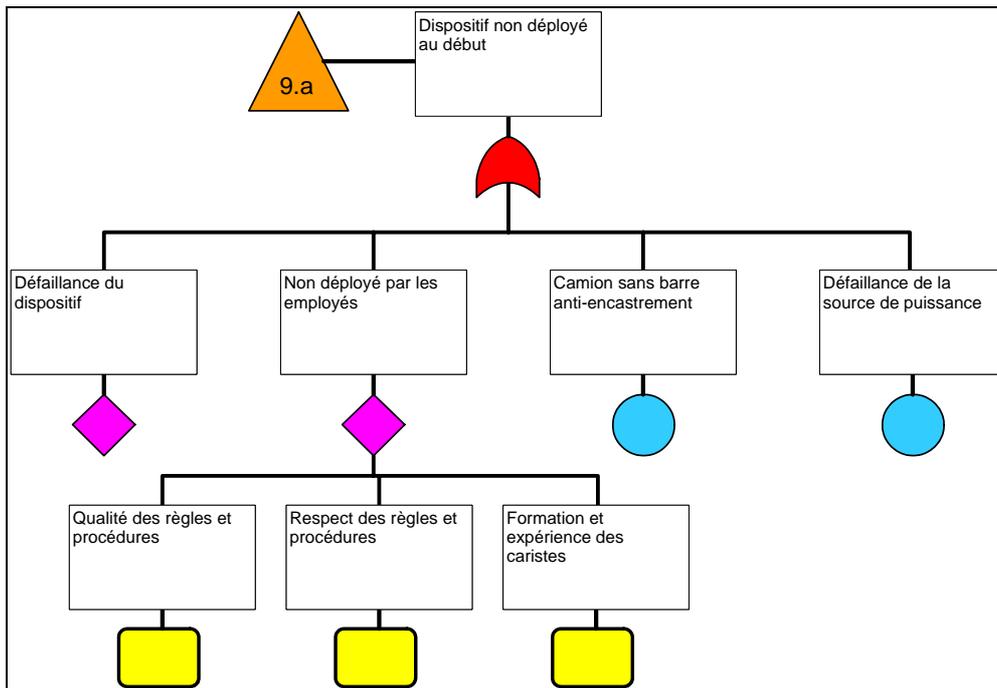


Figure 11. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, non déployé

Lorsque le dispositif ne s'est pas déployé correctement (figure 12), il peut tout de même envoyer le message au contrôleur qu'il est bien déployé. Cette situation devient particulièrement dangereuse car la signalisation qui généralement vient de pair avec le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement reflète un mauvais état du dispositif. Un blocage mécanique peut souvent être causé par de la glace qui fige le mécanisme en place ou un manque de lubrification dû à une maintenance inappropriée. Il est également possible que le dispositif soit déployé sans toutefois s'accrocher à la barre. Les capteurs peuvent détecter autre chose que la barre anti-encastrement (un morceau de glace, un débris ou une pièce sous le camion) et arrêter prématurément le positionnement du crochet.

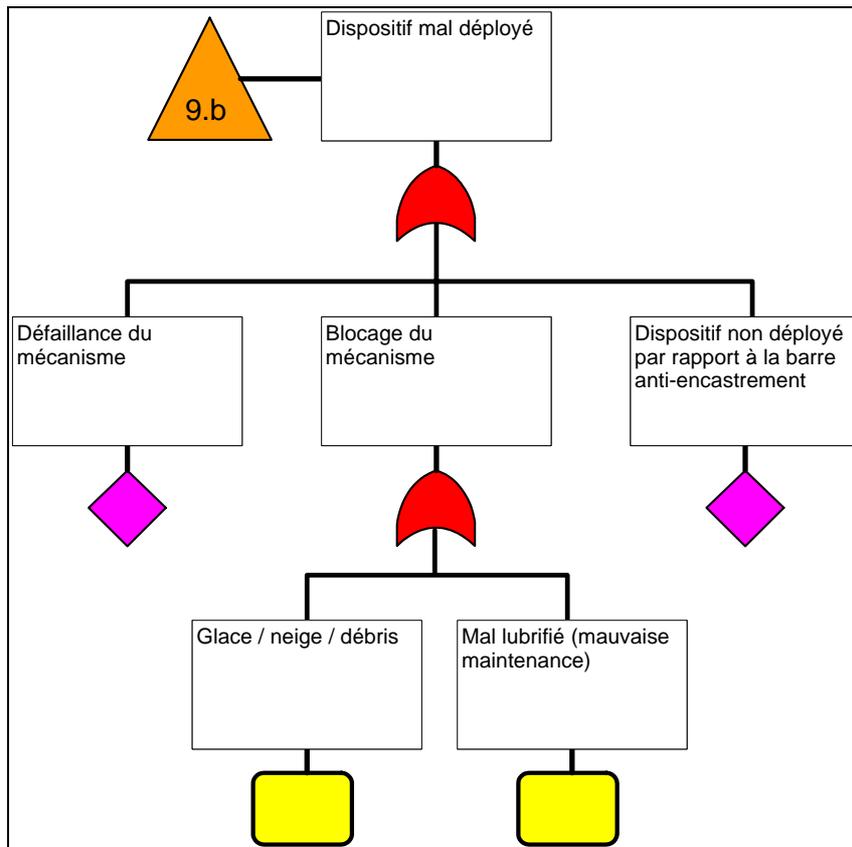


Figure 12. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, mal déployé

Le dispositif peut également devenir inefficace s'il se désengage pendant l'opération de transbordement (figure 16). La défaillance du système est assez rare comparée aux autres causes. Du côté des erreurs humaines, les caristes peuvent désengager le dispositif avant la fin soit par erreur, soit volontairement. L'erreur peut avoir comme causes les mêmes que pour la communication erronée du OK du départ du camion. Les cas étant très différents entre chaque établissement, il est impossible de cibler les raisons avec précision mais il est possible de repérer certains facteurs contributifs. Du côté du camionneur, celui-ci peut également désengager le dispositif. Les scénarios pouvant expliquer ce phénomène sont multiples et ici encore certains facteurs contributifs peuvent être communs à la plupart de ces scénarios.

Un autre événement pouvant être à la source du dépositionnement du dispositif est un décrochage de la barre anti-encastrement. Il y a alors deux possibilités, soit la barre «saut» par-dessus le dispositif, soit la barre fait se rétracter le dispositif. Ce dernier cas est plutôt rare et ne peut se produire que sur certains modèles et dans des conditions particulières. Le cas du saut de la barre anti-encastrement est cependant plus fréquent. Les événements s'enchaînent comme suit : le chariot élévateur entre dans la semi-remorque et écrase la suspension. La semi-remorque (et donc la barre anti-encastrement) descend donc de quelques centimètres si la suspension n'est pas neutralisée. Certains dispositifs suivent ces mouvements verticaux de la barre anti-encastrement, ceux-ci descendent donc avec la barre. Il y a ensuite deux possibilités. Dans la première, le dispositif descend avec la barre (figure 13b), mais une fois que la barre a terminé sa descente l'inertie du dispositif fait qu'il descend encore un peu (figure 13c).

S'il descend de plus que la hauteur de contact de la barre anti-encastrement, il est possible que celle-ci passe par-dessus le dispositif. Dans la deuxième, comme le montre la figure 14, le dispositif descend et s'arrête avec la barre anti-encastrement, mais lorsque celle-ci remonte, le dispositif n'est pas assez rapide et la barre anti-encastrement peut s'éloigner du crochet. Une fois de plus, si cet éloignement est plus grand que la hauteur de contact, il y a une forte probabilité que la barre anti-encastrement avance au-dessus du crochet. Outre un défaut de conception, une mauvaise maintenance (lubrification) ou un bris peuvent être à la source de ces événements.

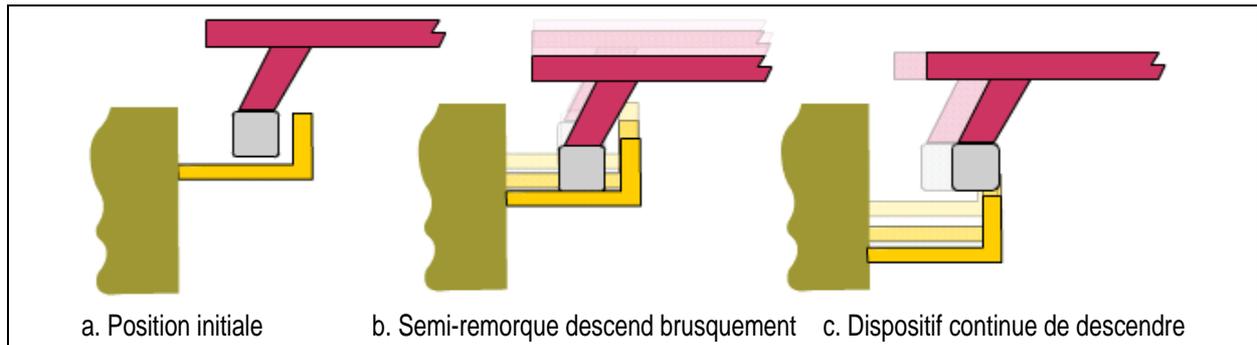


Figure 13. Décrochage de la barre anti-encastrement par un coup

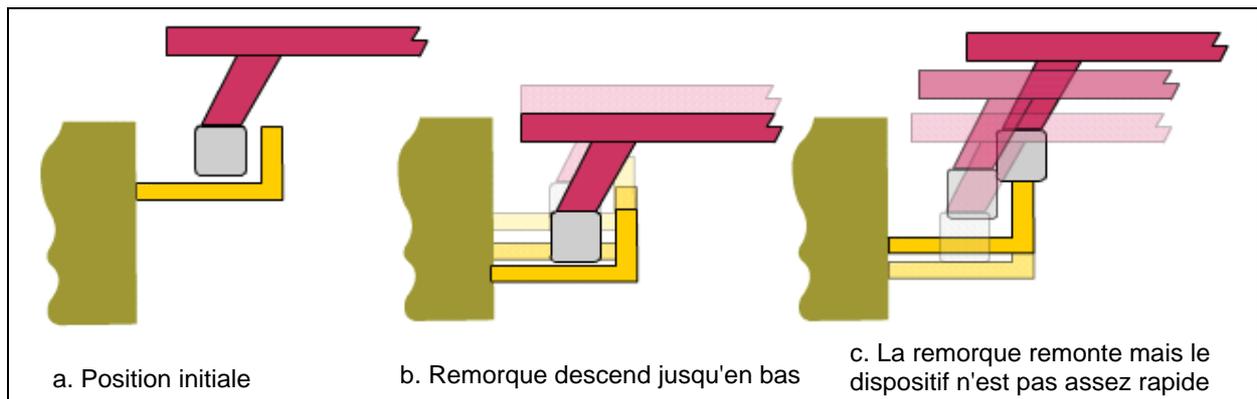


Figure 14. Décrochage de la barre anti-encastrement par un mouvement de suivi trop lent du dispositif

L'angle de contact peut également jouer en défaveur de certains dispositifs à faible hauteur de contact. Comme le montre la figure 15, une pente de la cour vers l'extérieur peut inciter certains dispositifs à descendre lorsque la semi-remorque tire sur le dispositif. À noter que ceci peut se produire uniquement si le dispositif n'a pas de recouvrement et est plus probable de se produire si la hauteur de contact est faible. La forme de la barre anti-encastrement peut également influencer le décrochage : une barre de section ronde sera plus facile à décrocher qu'une barre de section carrée.

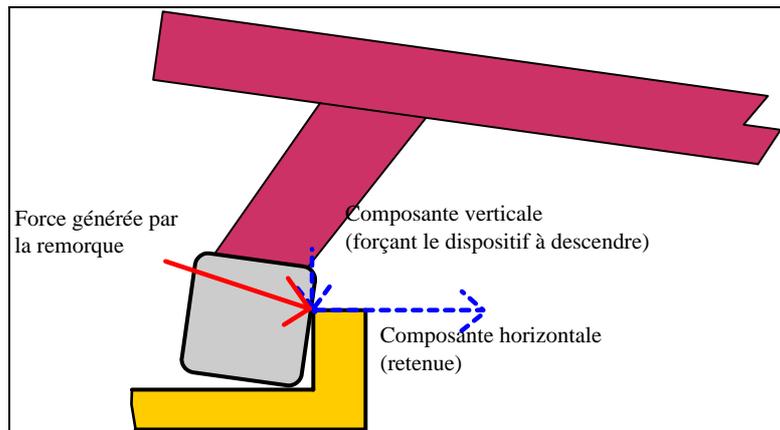


Figure 15. Angle de contact vers l'extérieur

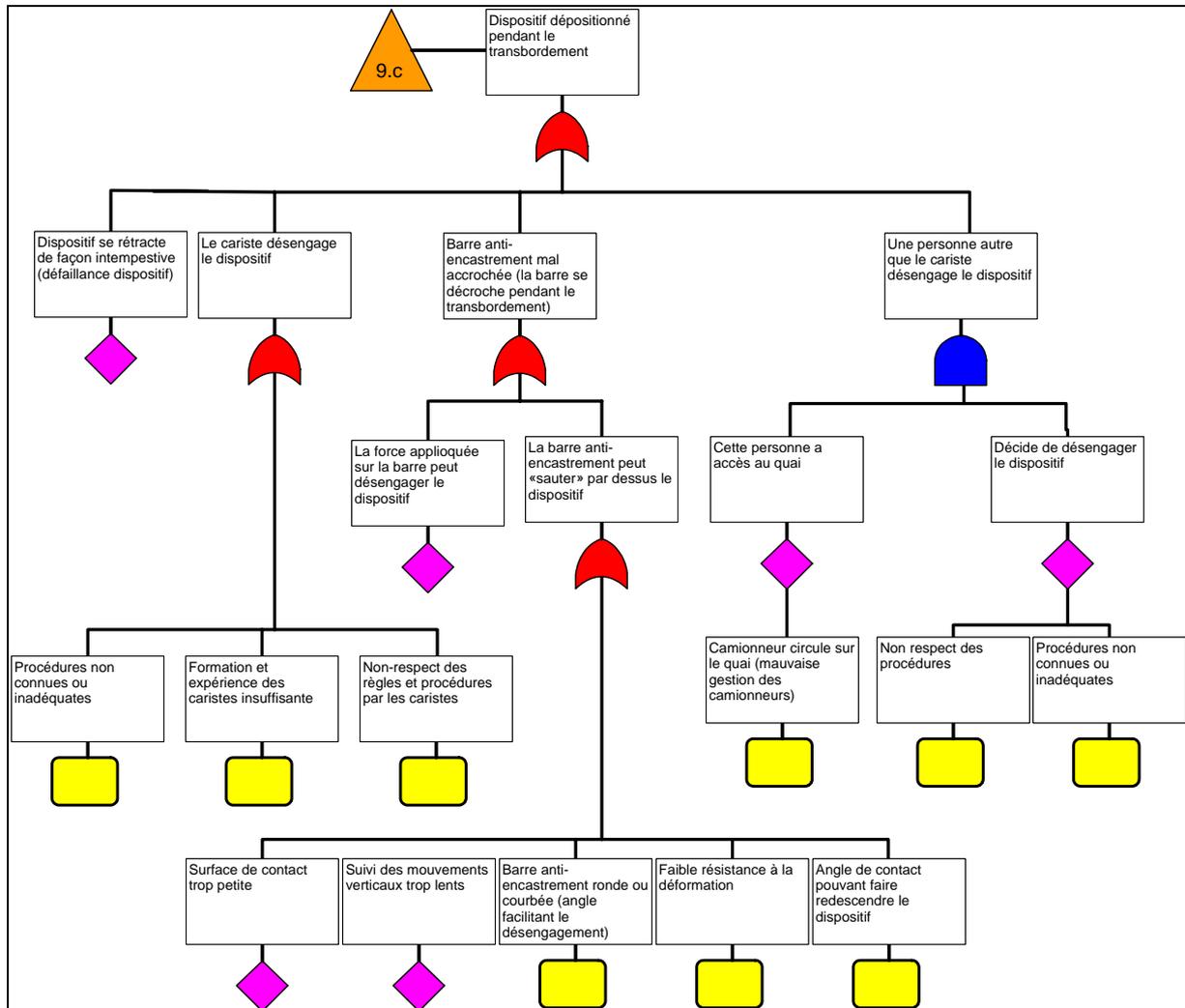


Figure 16. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, dé positionné pendant l'opération

Les raisons pour lesquelles un dispositif de retenue ne résiste pas à la traction du camion sont listées à la figure 17. La distance entre la barre anti-encastrement et le dispositif peut jouer un rôle amplificateur dans cette situation. En effet, la distance que peut parcourir le camion (donc la barre anti-encastrement) avant de faire contact avec le dispositif de retenue permet au camion de gagner en inertie, ce qui augmente l'énergie à absorber par le dispositif et par la barre anti-encastrement.

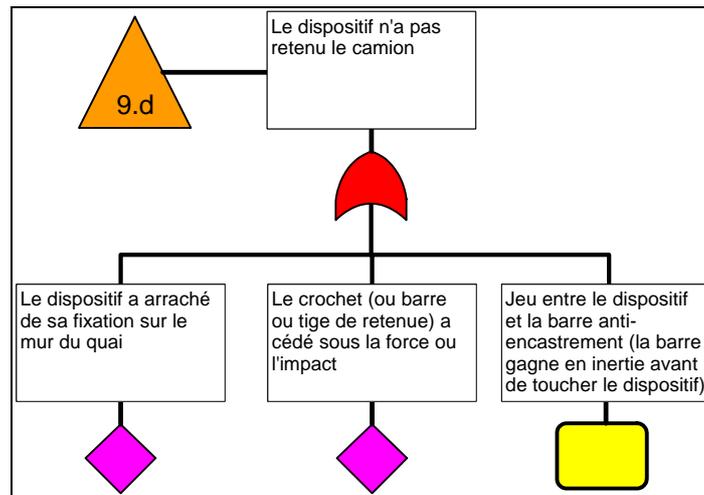


Figure 17. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, n'a pas retenu le camion

En plus du départ inopiné et du glissement, certains modèles de dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement ont la possibilité de retenir en cas de basculement (figure 18). Dans ce cas, seuls les dispositifs munis d'un recouvrement peuvent prétendre avoir un impact. Le recouvrement doit être capable de suivre le mouvement vertical de la barre jusqu'à un point critique où il empêche la barre de remonter plus haut. Généralement, le dispositif bloque sur une butée. Une fois bloquée, la semi-remorque peut retourner à sa position normale. À noter qu'aucun dispositif recensé ne pouvait empêcher les roues arrières de s'élever, il y aura donc un incident mais le dispositif peut empêcher l'accident.

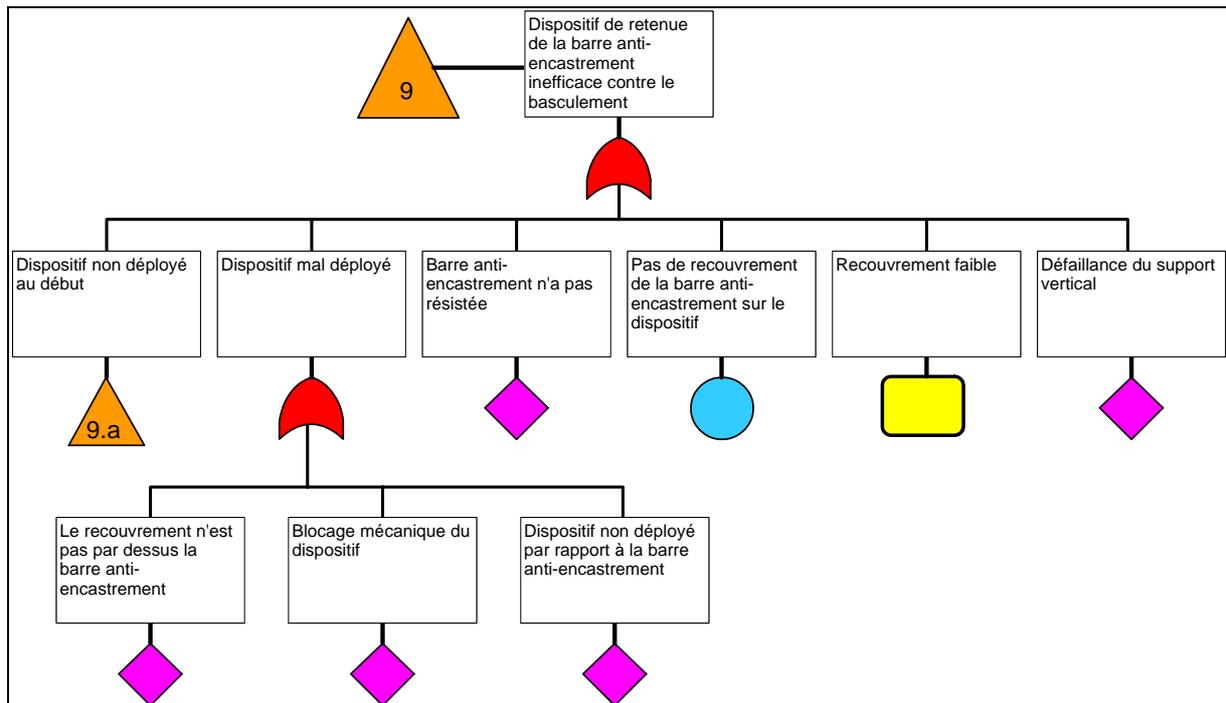


Figure 18. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, mesure inefficace contre le basculement

### 10 Dispositifs de retenue des roues automatiques

Cette catégorie de dispositif n'a pas été recensée au Québec au cours de la recherche. Cependant il est possible que certaines entreprises puissent être intéressées par ce genre de dispositifs. La figure 19 montre que l'événement de ne pas retenir le camion peut être expliqué par un bris d'une pièce quelconque ou d'un défaut de conception.

La présence de neige et de glace peut avoir des conséquences négatives sur l'efficacité de ce genre de dispositif s'ils sont utilisés à l'extérieur. En effet, la hauteur de la barre de retenue a une influence sur l'efficacité du dispositif et si la neige s'accumule, les roues du camion se trouvent remontées et la hauteur relative de la barre de retenue diminue. Il est également envisageable que la présence de neige et de glace puisse bloquer le mécanisme de certains dispositifs ou du moins entraver les mouvements. Cette dernière information n'a cependant pas pu être confirmée.

Le déneigement peut également causer certains problèmes en fonction du type de dispositif et du type de déneigement utilisé par l'établissement. Certains dispositifs sont situés sous le sol et ne laissent paraître aucune saillies, mais ceux à rails opposent un obstacle qui peut être difficile à contourner pour certains équipements de déneigement.

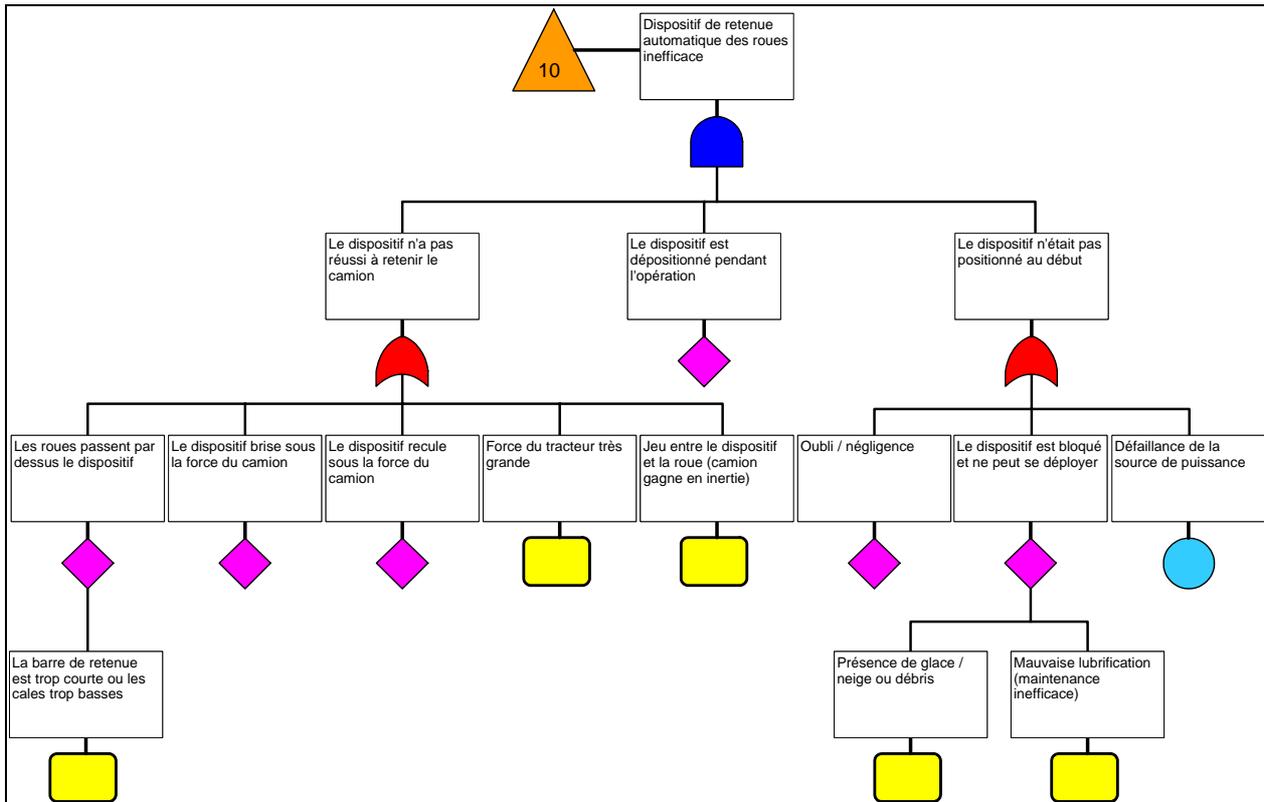


Figure 19. Mesure : dispositif de retenue automatique des roues

De façon similaire aux dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, le facteur humain est une des causes du mauvais fonctionnement de la mesure de retenue. Le dispositif requière une opération (appuyer sur un bouton) pour le mettre en fonction et pour le désengager. Si cette opération n'est pas effectuée ou si elle est effectuée au mauvais moment, le système n'est pas fonctionnel. La qualité des règles, leur respect et la formation des caristes peuvent en partie expliquer ce phénomène. Une autre possibilité de dépositionnement avant la fin de l'opération pourrait venir du camionneur ou d'une autre personne présente sur le quai.

Tout comme pour les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, s'il y a perte de puissance, le dispositif ne peut être déployé correctement. Cependant, la plupart des modèles restent engagés même en cas de perte de puissance.

### 11 Cales manuelles

Deux raisons principales sont à la source d'un échec de la mesure, si la cale n'est pas placée lorsqu'elle devrait l'être (non positionnée au début ou dé positionnée avant la fin) ou si elle ne retient pas le camion (figure 20). Les raisons pour lesquelles la cale ne retiendrait pas le camion ont été longuement discutées dans le rapport principal ainsi que dans le rapport sur les essais des cales (annexe I). Quant aux raisons pour lesquelles la cale ne serait pas positionnée une fois le camion reculé, plusieurs facteurs peuvent être rapportés. Les règles peuvent facilement être blâmées, si elles ne sont pas respectées ou si elles sont mal définies ou équivoques.

L'espace disponible entre les camions est également un facteur important. Si le camionneur (ou le cariste) ne peut se glisser aisément entre deux camions, cela peut l'inciter à négliger de positionner la cale. Le chemin à parcourir entre l'intérieur de l'entrepôt et l'endroit où doit être positionné la cale peut également inciter les gens à négliger de placer la cale s'il est trop long. Ce chemin représente la distance qu'aura à parcourir un camionneur arrivé à l'intérieur de l'usine à qui l'on rappelle qu'il doit placer la cale, ou encore au cariste qui décide de la placer lui-même. Dans cette dernière possibilité, le temps disponible au cariste serait un facteur non négligeable. De plus, le cariste doit prendre le temps de vérifier si la cale est bien positionnée et entreprendre les démarches nécessaires pour corriger la situation si besoin est, ce qui peut prendre un certain temps.

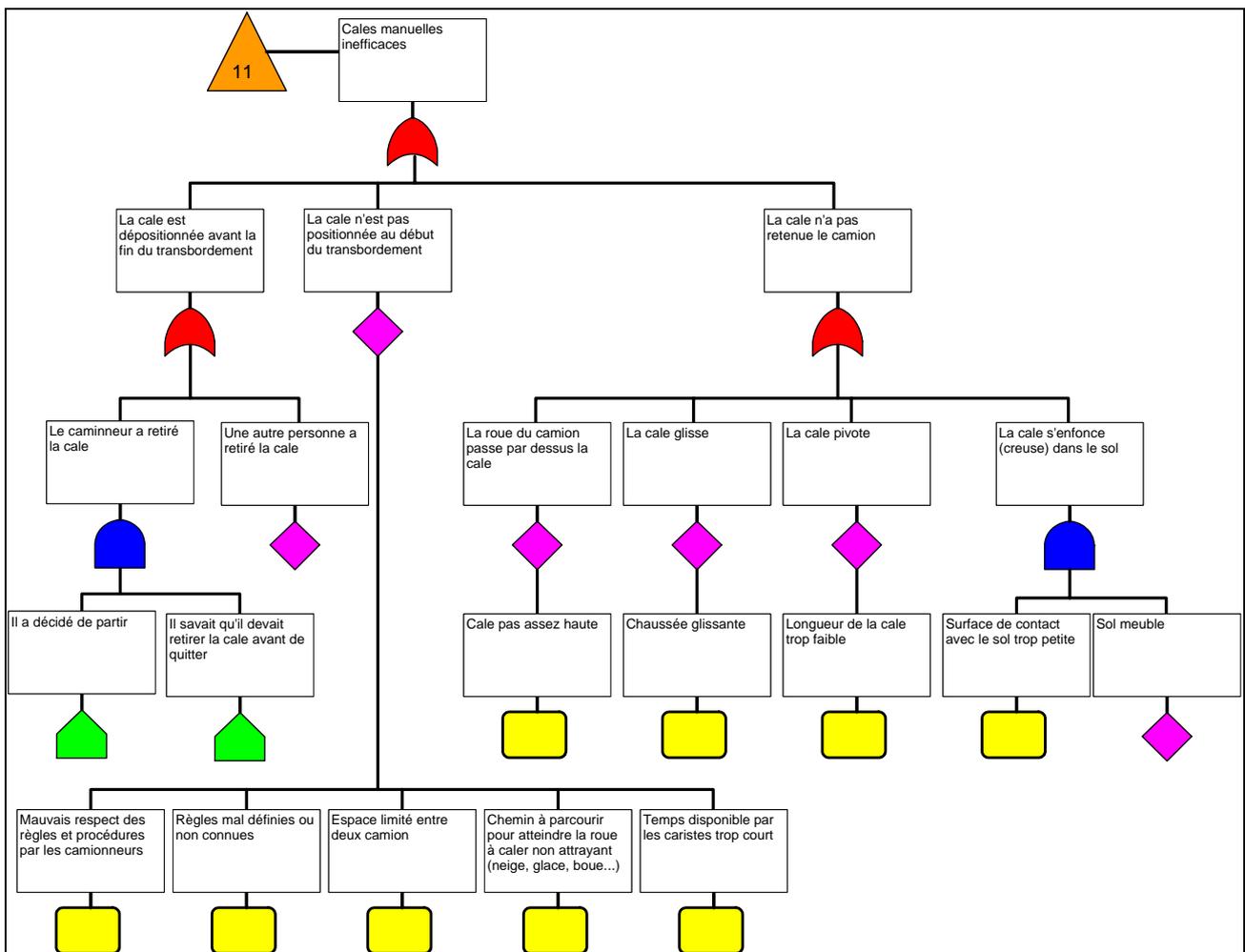


Figure 20. Mesure : cales manuelles

### 11.1 Cales manuelles et départ inopiné

La figure 21 schématise un arbre simplifié où il n'y aurait que des cales manuelles pour arrêter un départ inopiné. Pour qu'il y ait départ inopiné, le camionneur doit croire que c'est le temps pour lui de quitter. Cependant, ce même événement est généralement suffisant pour rendre les cales manuelles inefficaces puisque les camionneurs retirent les cales avant de quitter.

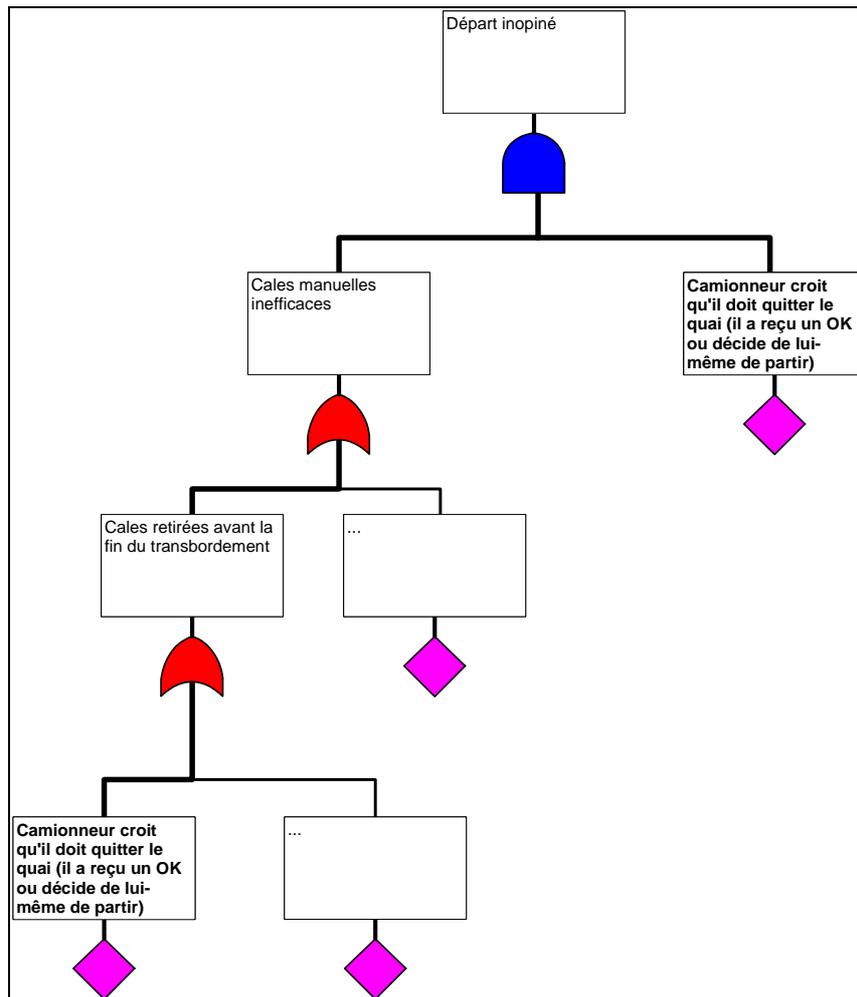


Figure 21. Inefficacité des cales contre le départ inopiné

## 12 Cales à détection de positionnement et plaque de retenue

Les cales manuelles à plaque de retenue sont des cales spéciales qui sont utilisées conjointement avec une plaque dentelée fixée au sol. La plaque dentelée sert à augmenter la force de retenue de la cale. Les dents offrent un obstacle physique contre le déplacement de la cale, la friction n'est alors plus ce qui retient la cale en place. De plus, un système de détection permet de déterminer si la cale est bien positionnée et renvoie l'information au cariste et au camionneur.

L'arbre de la cale manuelle à plaque dentelée de la figure 22 est semblable à celui des cales manuelles à deux exceptions, soit l'efficacité et la détection de positionnement. L'efficacité supérieure de ce type de cale ne se reflète pas dans la construction de l'arbre, mais plutôt par une probabilité plus faible de l'événement «La cale n'a pas retenue». Lorsque la cale est bien placée sur sa plaque, elle ne glissera pas comme les autres cales. De plus, toujours à cause de la plaque de retenue, le labour de la cale devient impossible car il n'y a plus de sol meuble dans lequel la cale peut s'enfoncer. Quant à la détection de positionnement, elle ajoute une sécurité supplémentaire (signalisation) pour éviter un dépositionnement intempestif de la cale ou un oubli de la positionner initialement.

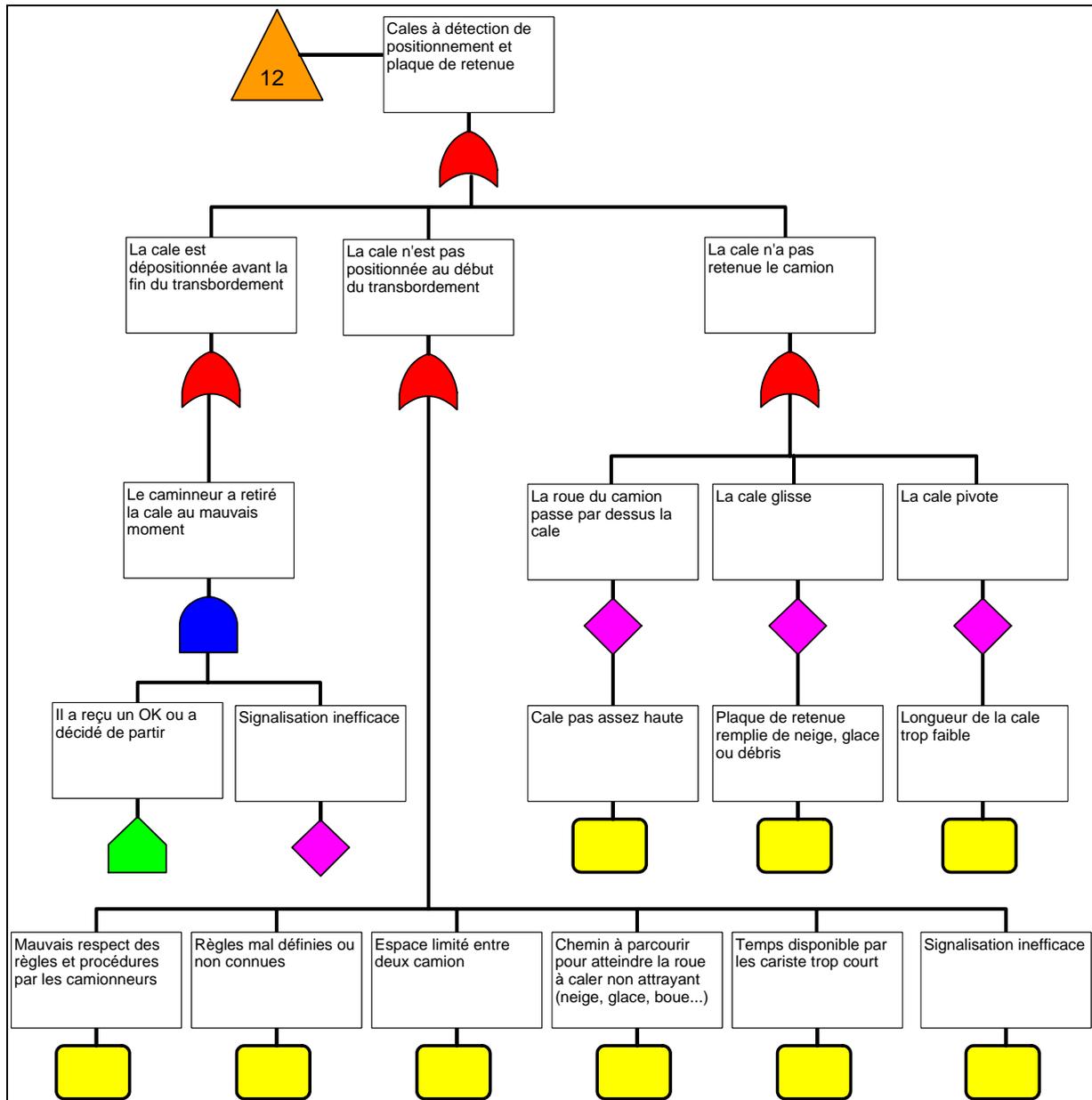


Figure 22. Mesure: cales à détection de positionnement et plaque de retenue

### 13 Tracteur attelé

La présence du tracteur attelé à la semi-remorque peut réduire la probabilité de deux événements dangereux, soit le glissement et le basculement. L'arbre de la procédure à la figure 23 se retrouve sous les deux événements. Il y a cependant une différence entre les deux : sous le basculement, la force de retenue n'est pas nécessaire et peut donc être abandonnée. Pour contrer le basculement la solution est parfaite, le tracteur élimine toute possibilité de renversement. Quant au glissement, les essais sur les cales ont démontré que la

présence du tracteur jouait un rôle majeur et que les semi-remorques ne glissent pas du tout lorsque le tracteur était présent, même si les freins n'étaient pas appliqués<sup>1</sup>. Il est cependant préférable d'engager les freins du tracteur puisque selon certaines personnes interrogées il y aurait déjà eu glissement alors que le tracteur était attelé et que ses freins n'étaient pas engagés.

Pour que cette mesure soit efficace, le tracteur doit être présent et les freins doivent être appliqués. Le respect des procédures par les camionneurs a donc une influence sur la mesure. La mesure ne peut être utilisée dans tous les établissements, elle doit être compatible avec les méthodes déjà en place pour être applicable. Par exemple, si les camionneurs arrivent avec une semi-remorque et doivent repartir avec une autre, il est impossible de garder le tracteur attelé à cette semi-remorque. De plus, si le temps requis pour transborder est très long, il se peut que de garder un tracteur «prisonnier» ne soit pas une solution favorable. Enfin, si les positionnements sont faits par un gareur, la procédure peut difficilement être appliquée.

Lorsque qu'un camion fourgon surélevé se présente au quai, la procédure peut être considérée comme appliquée puisqu'il n'y a plus de risque de basculement et que les freins du camion sont automatiquement appliqués si le camion est à l'arrêt.

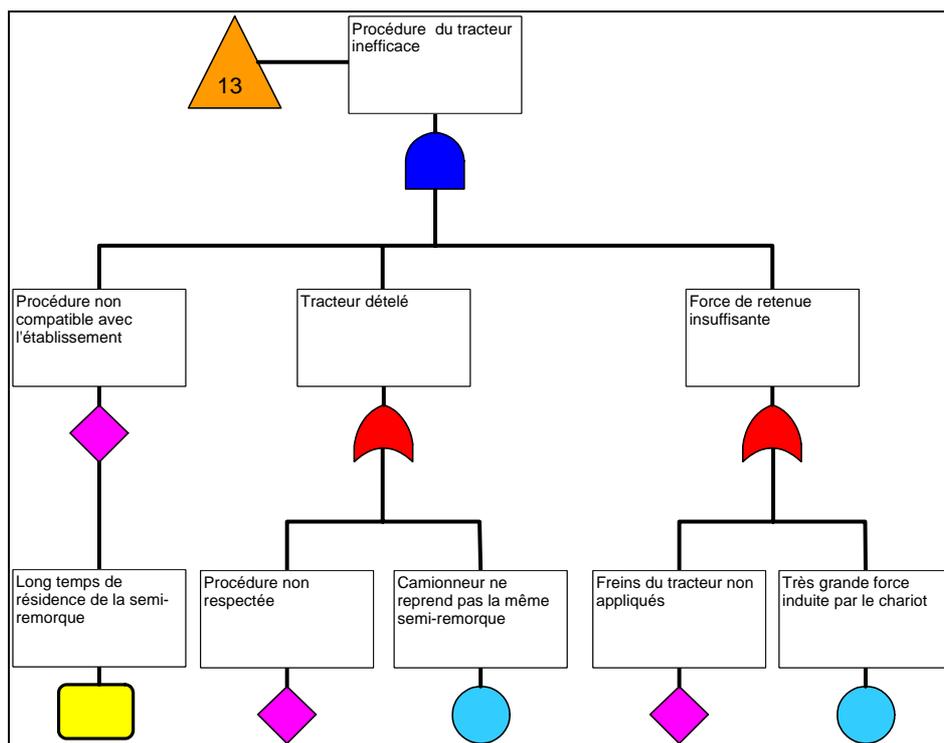


Figure 23. Mesure: procédure de présence du tracteur

<sup>1</sup> Il est important de rappeler ici que les essais sur les cales ne simulaient pas la totalité des situations possibles en entreprise.

#### 14 Chandelles sous la semi-remorque

L'utilisation d'une chandelle de support (figure 26) peut éliminer le risque de basculement. Celle-ci remplace le point de contact qu'offrirait le tracteur s'il était présent. Le problème principal associé avec les chandelles de support vient du fait qu'il est possible qu'elles soient oubliées ou négligées. La qualité, la connaissance et le respect des procédures peuvent expliquer ce phénomène. Une difficulté à aller placer la chandelle (sol enneigé ou glacé, longue distance à parcourir, etc.) peut également inciter les responsables à négliger de la placer.

La chandelle peut échouer dans son rôle si elle bascule, si elle glisse ou si elle casse. Le dernier cas n'a pas été évalué, les forces en présence étant jugées trop faible comparé à la résistance des modèles courants. Quant au basculement et au glissement de la chandelle, si la base de la béquille est trop étroite, il est possible qu'elle glisse ou bascule suite à un petit avancement ou glissement de la semi-remorque. Ce dernier cas n'a cependant pas été recensé.

Il est possible qu'une seule chandelle ne puisse retenir contre un basculement latéral. Comme le démontre la figure 24, une semi-remorque ayant perdu les fonctions d'une béquille aurait tout de même quatre points d'appuis (les deux roues, la béquille restante et la chandelle). Mais puisque ces quatre points ne sont pas aux extrémités de la semi-remorque (la chandelle est au milieu) il existe toujours la possibilité que le centre de gravité combiné de la semi-remorque et du chariot se retrouve hors de ce quadrilatère forçant alors un basculement latéral. Deux solutions sont alors envisageables, soit placer deux chandelles ou utiliser une double chandelle (figure 25).

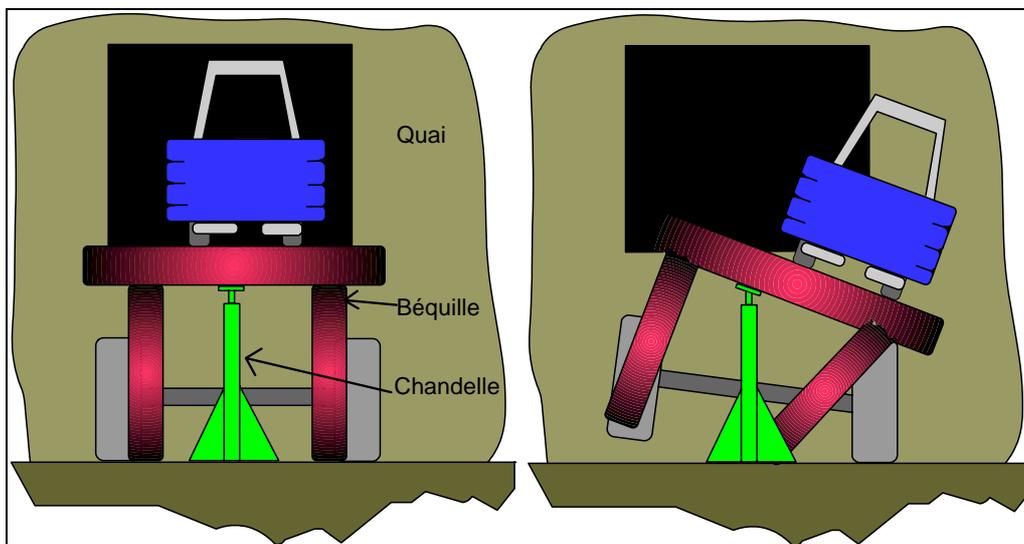


Figure 24. Basculement latéral même avec une chandelle

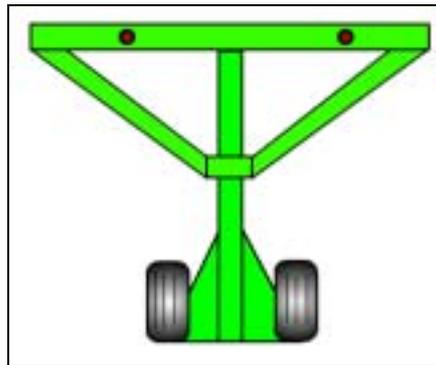


Figure 25. Double chandelle

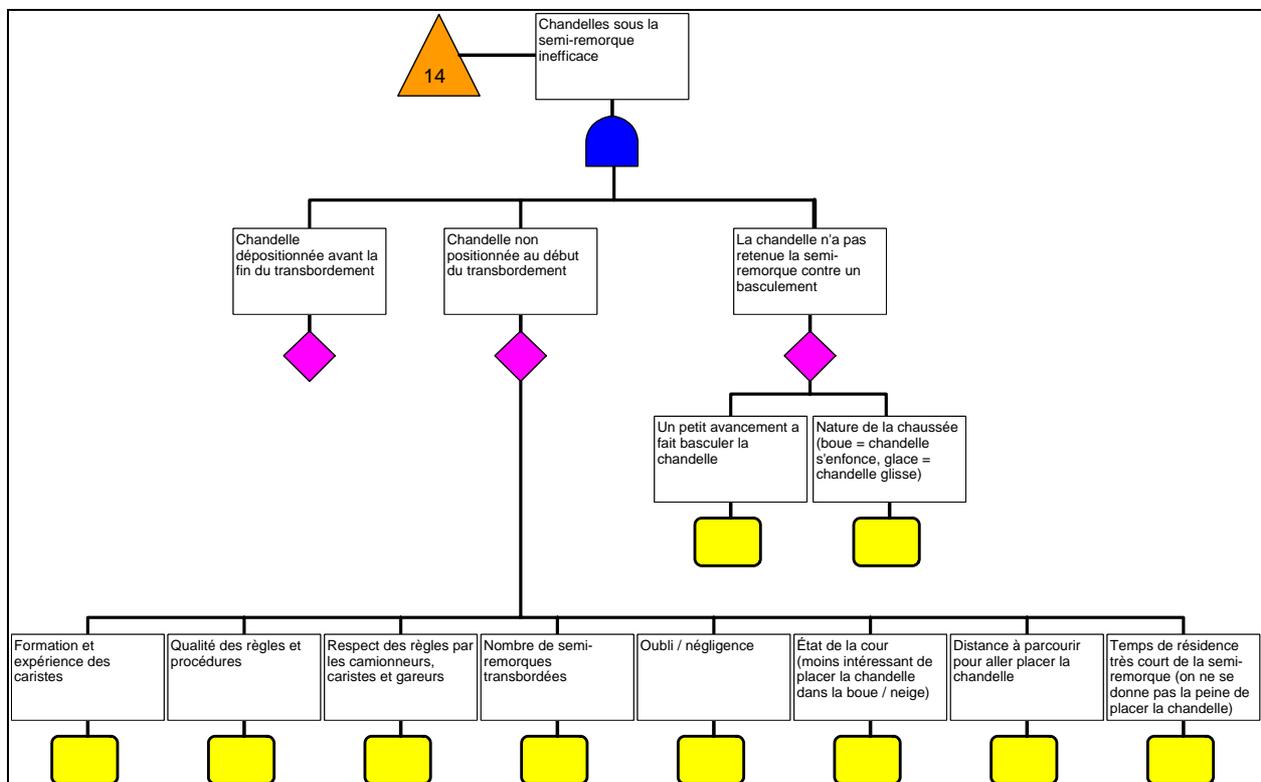


Figure 26. Mesure: chandelle

### 15 Signalisation visuelle

Le système de feux de signalisation (lumières) est la principale forme de signalisation visuelle. Ils sont de deux types : manuels et automatiques. Le premier est moins fréquents et consiste à changer manuellement l'état du système de signalisation en fonction de la situation. Généralement, cette opération est accomplie par le cariste, bien que le répartiteur puisse le faire directement de son bureau. Ce type de système est cependant lié aux procédures impliquant la modification du signal par l'utilisateur et au respect de ces procédures. Les systèmes automatiques sont reliés à un système de retenue, au pont niveleur et/ou à un autre

système de détection. Les feux s'allument en fonction de la détection et de la programmation de l'automate qui les contrôle. Dans les deux cas (système automatique et manuel), le système peut réduire les probabilités de départ inopiné. Cependant, seul le système automatique (lorsqu'il est bien configuré) pourrait arrêter le cariste en cas de glissement ou de départ inopiné où le camionneur n'a pas tenu compte de la signalisation.

L'efficacité de ce type de système de retenue n'est pas parfaite, plusieurs établissements ayant rapporté avoir observé des camionneurs qui ont quitté ou tenté de quitter le quai malgré un système de signalisation qui leur indiquait le contraire. L'arbre de la figure 27 montre que la fiabilité de ces systèmes est essentiellement basée sur des facteurs humains. Le respect des règles est le facteur principal, si les lumières ne sont pas respectées, la méthode perd toute son utilité. Un autre élément possible est le signal confus provenant du système de signalisation. Lorsqu'il y a plusieurs couleurs de feux (rouge, jaune, vert) et plusieurs états pour chacun (allumé, éteint, clignotant), il peut y avoir un large éventail de combinaisons différentes pour exprimer l'état du transbordement et du dispositif<sup>2</sup>. Il est possible que les camionneurs et même les caristes ne sachent comment réagir à certains signaux du dispositif. Une bonne formation du cariste et une certaine familiarité du camionneur peuvent cependant atténuer cet effet.

---

<sup>2</sup> Ce genre de problème se retrouve généralement sur les systèmes de signalisations reliés avec un dispositif de retenue quelconque.

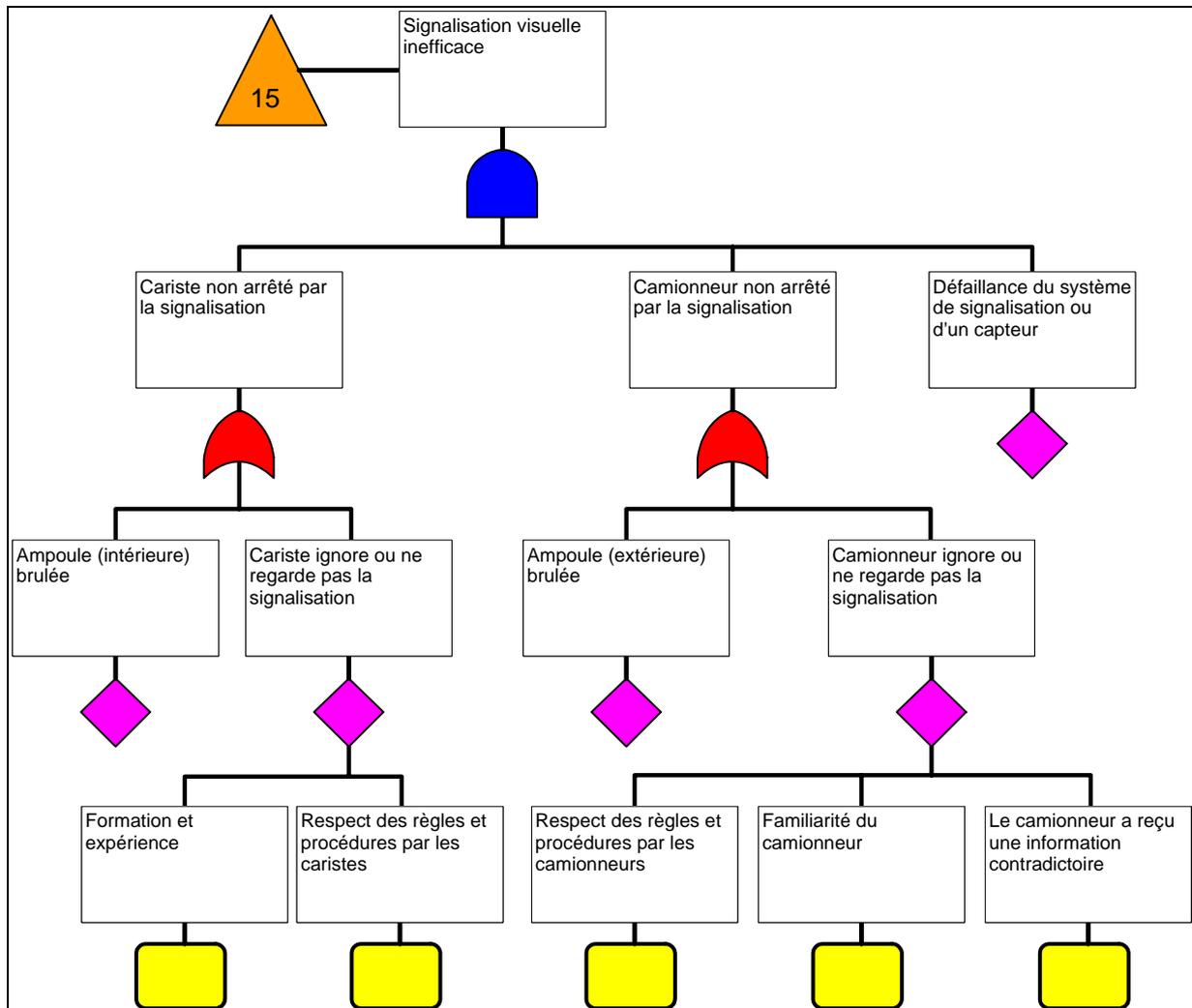


Figure 27. Mesure: signalisation visuelle

### 16 Alarme sonore

Dans l'arbre global l'alarme sonore se retrouve sous l'événement dangereux de départ inopiné et de glissement. Pour ce qui est du départ inopiné, le camionneur peut être averti d'un danger avant qu'il ne soit trop éloigné, il est cependant peu probable que le camionneur arrête son camion avant que la bavette du pont niveleur tombe. L'événement se produisant dans un temps très court, le camionneur ne peut rectifier ses actions que si l'alarme est reliée à une détection de surcharge (sur un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement par exemple). Le camionneur peut alors arrêter son véhicule avant que la force de traction ne dépasse le seuil de résistance de la barre anti-encastrement.

L'avantage principal de l'alarme d'alerter le cariste pour que lui-ci évite l'accident, surtout lorsqu'il se trouve à l'intérieur de la semi-remorque. Les caristes ne regardent pas toujours derrière eux lorsqu'ils reculent pour sortir de la semi-remorque. De ce fait, ils ne peuvent toujours savoir si la semi-remorque est bien arrimée au quai. L'alarme peut les informer du

danger avant qu'ils ne reculent dans l'espace entre le quai et la semi-remorque. Bien que dans ce cas un incident ne soit pas évité (chariot prisonnier de la semi-remorque), l'accident n'a pas lieu.

Comme le montre l'arbre de la figure 28, l'alarme sonore peut perdre son efficacité pour quelques raisons. Ignorer l'alarme est ce qui revient le plus souvent. L'alarme peut être ignorée parce que la personne concernée ne sait pas ce qu'elle veut dire ou ne sait pas comment réagir dans de telles circonstances (formation et expérience). Le nombre de portes peut également jouer sur son efficacité : un cariste pourrait croire que l'alarme d'un autre quai s'est déclenché et continuer son transbordement. Bien sûr, si l'alarme est aussi inefficace si elle est de trop faible intensité par rapport au bruit ambiant. De plus, si la détection est trop sensible, elle peut emmener l'alarme à sonner trop souvent ce qui incite les caristes à l'ignorer.

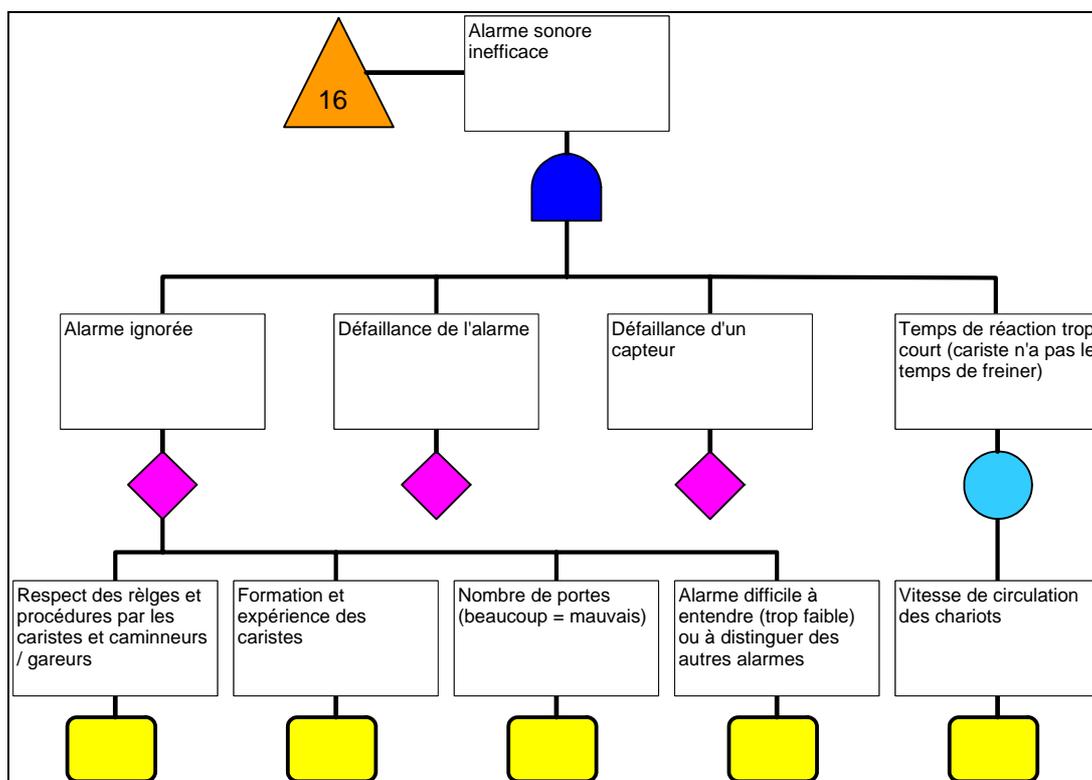


Figure 28. Mesure: alarme sonore

17 Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque

La procédure de relation entre le poids du chariot et la longueur de la semi-remorque (figure 29) consiste à diminuer l'effet des paramètres qui influencent le risque de basculement lorsque ce risque est présent. L'objectif est de diminuer la probabilité d'un basculement lorsque la semi-remorque utilisée est courte et que les charges sont lourdes. Ceci est accompli en utilisant un chariot plus léger et/ou en réduisant le poids des charges transbordées. Bien sûr, la procédure n'est pas applicable s'il est impossible pour l'établissement d'utiliser des chariots plus légers et/ou de transborder de plus petites charges. Certains autres facteurs peuvent également augmenter la probabilité d'un échec de la procédure. En tête de liste viennent la formation et

l'expérience des caristes : ces derniers doivent identifier les circonstances où ils doivent utiliser la procédure et ceci requiert une certaine expérience et plus de la formation. Quant à l'achalandage au quai, il peut avoir une influence sur les risques d'erreur dans l'application de la procédure.

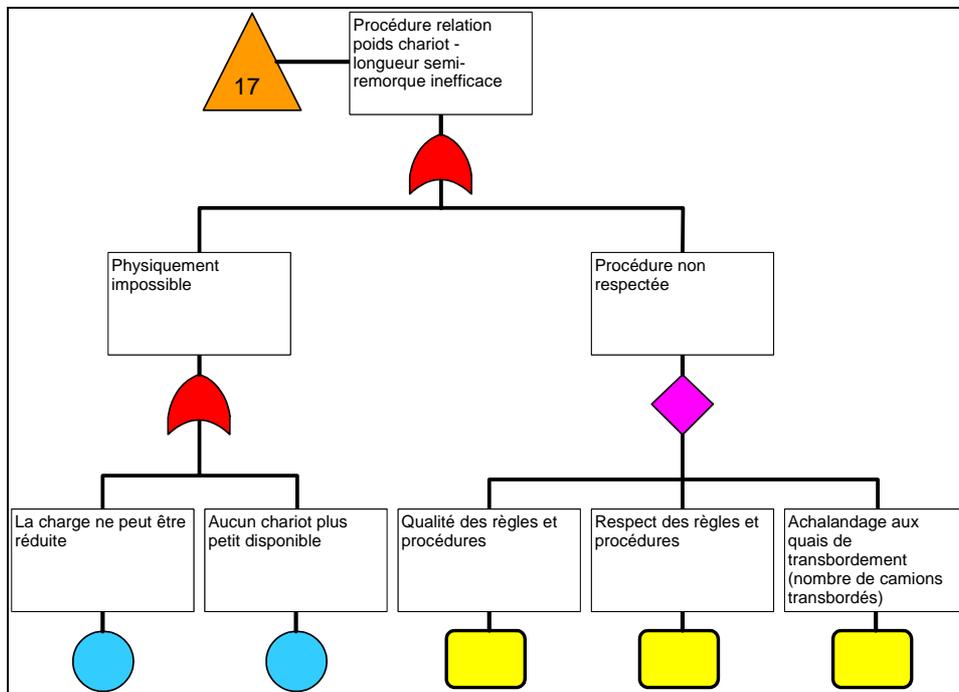


Figure 29. Mesure: Procédure relation poids chariot - longueur semi-remorque

18 Procédure de communication avec camionneur ou gareur

La procédure consiste à formaliser les échanges entre les caristes et les camionneurs ou gareurs (elle peut également faire participer d'autres intervenants) pour communiquer le signal de départ du camion. Elle peut varier grandement d'un établissement à l'autre en fonction des caractéristiques de cet établissement. C'est pourquoi il est difficile de produire un arbre ciblant exactement cette mesure. Il est cependant possible de faire ressortir une série d'éléments susceptible d'en détériorer l'efficacité comme le montre l'arbre de la figure 30.

Un facteur d'importance est le nombre de personnes présentes sur le quai, plus il est grand, plus les possibilités d'erreurs sont élevées. Chaque personne pouvant transmettre une fausse information, ou une bonne au mauvais moment ou à la mauvaise personne. Un autre facteur d'une grande importance est le respect des règles et procédures par les différents intervenants. En effet, les procédures sont inutiles si elles ne sont pas appliquées. De plus, certains dispositifs de sécurité peuvent devenir complètement inutiles si certaines règles ne sont pas observées, notamment dans le cas de dispositifs pouvant être retirés avant la fin du transbordement. Un autre élément noté au cours de la recherche est le fait que les intervenants externes n'ont pas le même niveau de respect des consignes que les employés à l'interne. Par exemple, un camionneur externe ne peut pas toujours être contrôlé facilement par l'établissement, surtout si celui-ci ne s'exprime pas dans la langue utilisée par les employés de

l'établissement et/ou si celui-ci n'est pas familier avec l'entreprise ou tout simplement s'il refuse de se conformer aux règles.

La personne chargée de faire le positionnement des semi-remorques a également une importance majeure en ce qui a trait au respect des procédures. Un gareur travaillant uniquement pour l'établissement connaît mieux les règles et procédures et l'importance de leur respect. Il est donc plus probable qu'un gareur respecte la procédure imposée par l'établissement. À l'opposé, les camionneurs externes sont plus difficiles à contrôler, leur communiquer les informations nécessaires n'est pas toujours simple et les mesures disciplinaires sont difficiles à appliquer pour les récalcitrants. Les probabilités de dérogations à la procédure sécuritaire sont donc plus élevées.

Une autre erreur possible se matérialise lorsque le camionneur prend une mauvaise semi-remorque. S'il n'y a pas de signalisation ou de dispositif de retenue mécanique, cette distraction conduit directement à un départ inopiné.

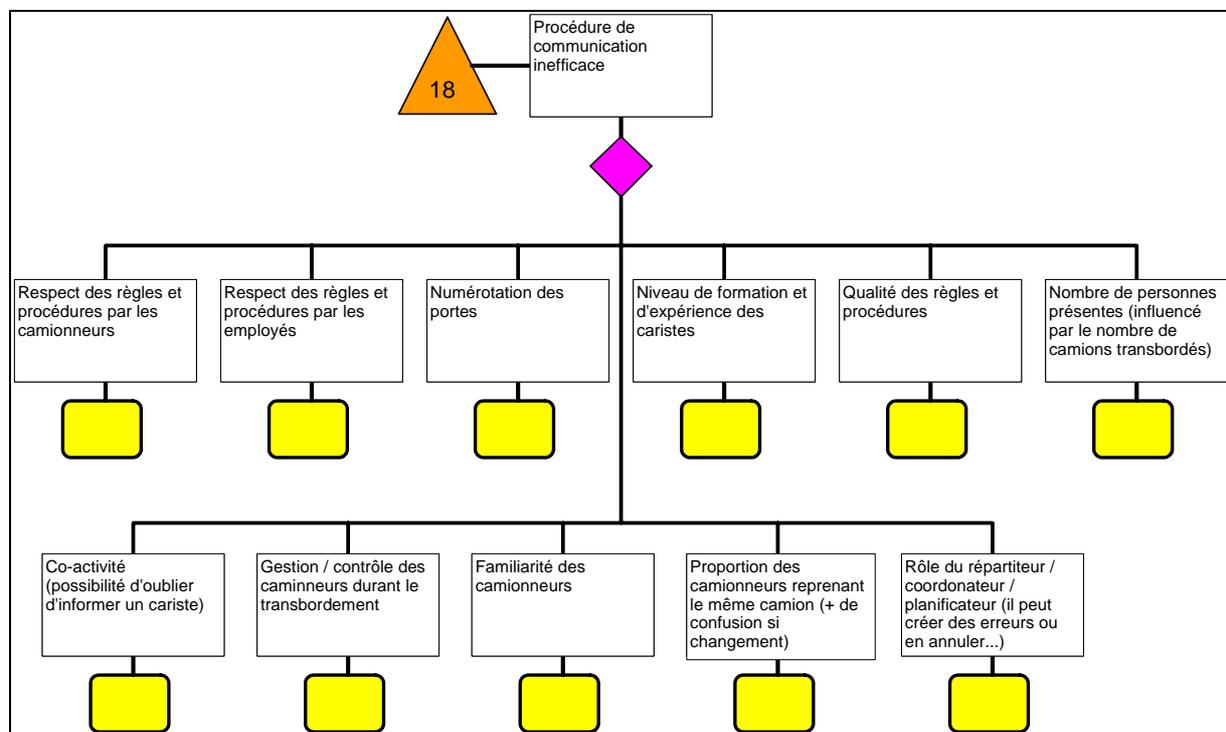


Figure 30. Mesure : Procédure de communication

### 19 Retenue des clefs

La prise des clefs est un autre moyen de contrôle contre le départ inopiné, la procédure implique de demander et de conserver les clefs du tracteur ou du camion fourgon surélevé tant que le transbordement n'est pas complété. De cette façon le camionneur ne peut quitter les lieux avant d'avoir reçu ses clefs de la personne autorisée. La méthode ne peut être utilisée que lorsque le tracteur reste attelé à la semi-remorque ou lorsqu'un camion fourgon surélevé est transbordé. Le facteur le plus important dans son efficacité (voir l'arbre de la Figure 31) est le respect des procédures par les camionneurs, ceux-ci pouvant refuser de remettre leurs clefs

pour différentes raisons. Son influence se fait ressentir principalement sur la probabilité de départ inopiné.

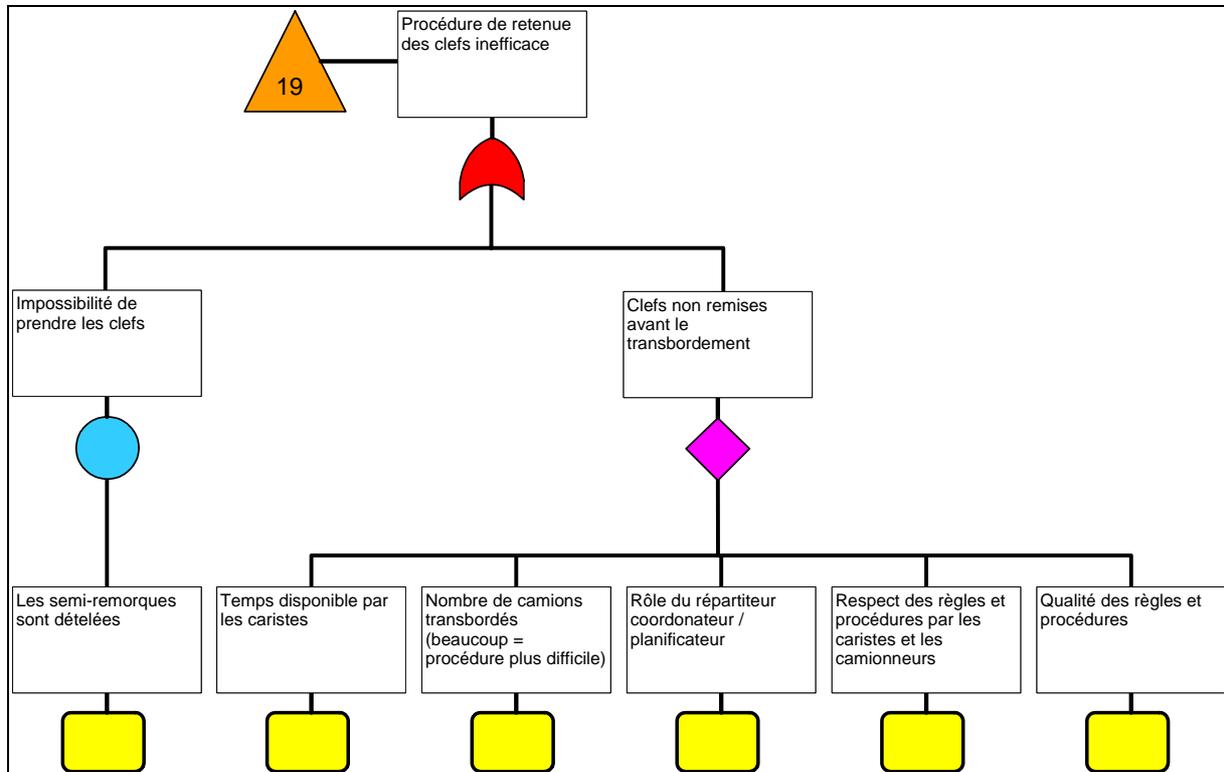


Figure 31. Mesure: retenue des clefs

## 20 Cadenassage des boyaux d'air du système de freins

Le cadenassage des boyaux d'air n'a pas été retenu par l'équipe de recherche en raison du manque d'information sur la procédure. Un seul établissement utilisant cette procédure a été relevé et celui-ci avait une situation particulière qui n'était pas représentative des autres établissements. La méthode n'a donc pas pu être évaluée au même niveau de profondeur que les autres. L'arbre de la Figure 32 présente les quelques informations recueillies. En raison du manque d'information, cet arbre ne peut pas être considéré comme final et complet.

Le cadenassage est utilisé pour diminuer les probabilités de départ inopiné. Le principe implique de cadenasser les boyaux d'air du système de freins, la semi-remorque ne peut être attelée tant que le cadenas est en place. Lorsque la semi-remorque est dételée du tracteur, ces boyaux sont accessibles et puisque les freins sont normalement engagés lorsqu'il n'y a pas de pression d'air, tant que les boyaux sont cadenassés les freins sont appliqués. Cette méthode est utile uniquement pour réduire les probabilités de départ inopiné.

Le respect et la connaissance des procédures par les employés de l'établissement sont donc des facteurs importants pour l'efficacité de la méthode. Un facteur pouvant pousser à la négligence de la procédure est le temps de résidence des semi-remorques et le temps

disponible par les caristes. En effet, placer le cadenas requiert un certain temps pendant lequel la semi-remorque demeure à l'arrêt sans que le transbordement s'effectue. Si le cariste est celui qui doit placer le cadenas, celui-ci doit disposer de suffisamment de temps pour le faire.

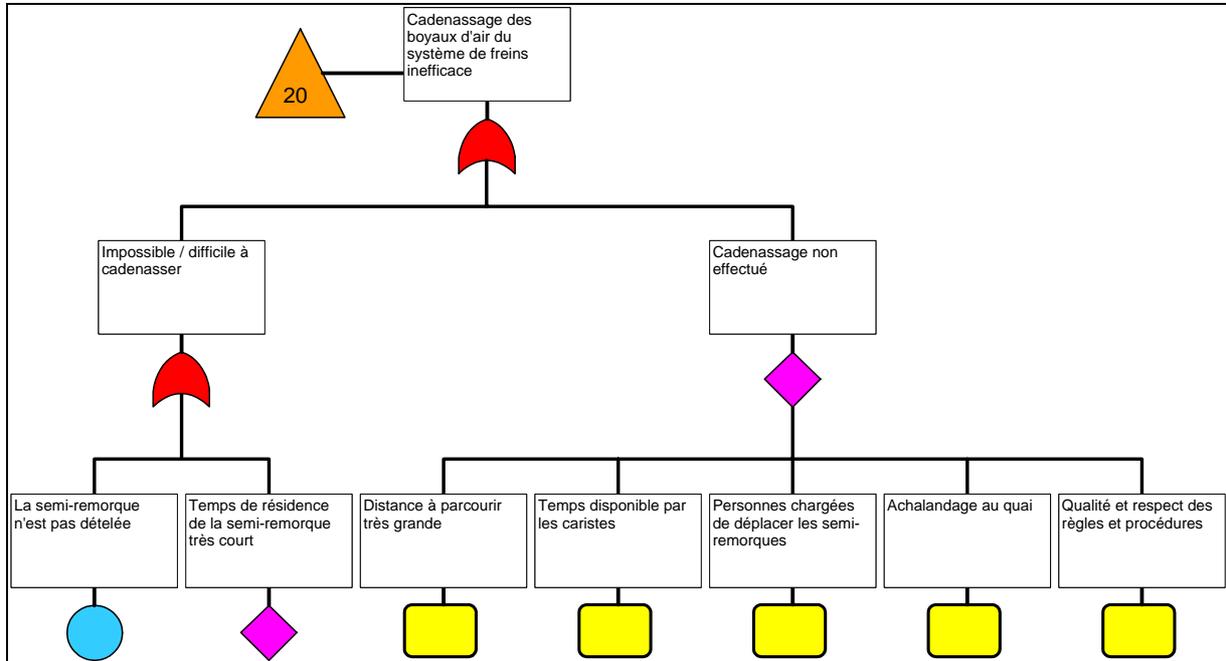


Figure 32. Mesure: cadenassage des boyaux d'air du système de freins