

L'ÉCLATEMENT ET L'EXPLOSION DES PNEUS DE VÉHICULES LOURDS



Mars 2009

Recherche et rédaction

René Benoît

Service de la recherche,
Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail
(IRSST)

Langis Lafrance

Conseiller en prévention, ASTE

Dominique Malo

Directeur général, ASTE

Julie Baron

Agente de communication, ASTE

Cette fiche technique est inspirée
du *Rapport d'étude exploratoire
sur les phénomènes d'éclatement
et d'explosion de pneus de camions
lourds** dont les auteurs sont :

René Benoît

Service de la recherche, IRSST

Michel Gou et Olivier Bellavigna

École Polytechnique de Montréal

Toan Vu-Khanh, Patricia Dolez, Carlos Arrieta, Cédrick Nohilé et Tung Ha-Anh

École de technologie supérieure
de Montréal

* On peut consulter ou télécharger
gratuitement le document à :
[http://www.irsst.qc.ca/files/documents/
PubIRSST/R-479.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-479.pdf).

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	3
A Le phénomène d'éclatement et d'explosion de pneus	4
A1 Éclatement de pneus d'origine mécanique	4
a. Gonflage du pneu à une pression excessive	4
b. Le dézippage « zipper failure ».....	4
c. Le déjantage.....	5
d. Pneu en mauvais état ou avec une faiblesse structurale	5
A2 L'éclatement ou l'explosion de pneus à la suite d'une surchauffe	5
Illustration du phénomène d'éclatement ou d'explosion d'un pneu en 4 étapes	6
Les conséquences	7
B Les mesures préventives	8
B1 Les mesures préventives à l'atelier de réparations	8
1. Mises en garde reliées aux activités de soudage ou de chauffage plus ou moins intenses sur la roue, les boulons ou d'autres composantes à proximité d'un pneu.....	8
2. Pneu qui a roulé à une pression inférieure à 80 % de la pression recommandée	8
3. Avant de procéder à la pose du pneu	8
4. Ne jamais utiliser un lubrifiant ou un adhésif contenant des matières inflammables au moment du montage.....	10
5. Le gonflage des pneus.....	10
La cage de retenue	10
6. Quoi faire lorsque le véhicule est frappé par la foudre ou qu'un arc électrique s'est produit à proximité ou au contact d'une ligne à haute tension?.....	11

INTRODUCTION

Saviez-vous qu'au Québec, il s'est produit en 10 ans, pas moins de 360 accidents mettant en cause un pneu de véhicule, dont une dizaine d'accidents mortels directement attribuables à l'éclatement ou à l'explosion d'un pneu d'un véhicule lourd ?

Devant l'importance du problème, l'ASTE et ses partenaires (SAAQ, MTQ, ACQ, CSST) ont demandé à l'*Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail* (IRSST) d'étudier le phénomène et de proposer des recommandations.

Cette fiche présente le phénomène d'éclatement mécanique des pneus de véhicule lourd montés sur roues et les événements qui conduisent à leur éclatement ou à leur explosion sous l'effet d'un apport de chaleur.

Basées sur les connaissances actuelles, des mesures préventives sont suggérées. Il faut souligner que les mesures préventives les mieux connues sont celles qui s'adressent particulièrement au personnel qui fait la réparation et l'entretien des pneus des camions lourds.

Dans le cas des conducteurs, l'information est plutôt limitée car il n'y a pas de critères objectifs et très peu de connaissances sur la manière d'identifier les dangers et encore moins sur le niveau de risque. Le principe de précaution s'applique en tout temps.

A

LE PHÉNOMÈNE D'ÉCLATEMENT ET D'EXPLOSION DE PNEUS

A1

ÉCLATEMENT DE PNEUS D'ORIGINE MÉCANIQUE

L'éclatement de pneus d'origine mécanique met en cause l'état des matériaux (pneu, jante) et la qualité du montage de l'ensemble. Bien que moins spectaculaire que l'explosion, l'énergie dégagée lors de l'éclatement peut entraîner des blessures importantes si des personnes se trouvent directement dans la trajectoire de projection des débris.

Nous dénombrons quatre événements qui peuvent conduire le pneu à un éclatement d'origine mécanique :

a. Gonflage du pneu à une pression excessive

Les causes possibles :

- pression du compresseur mal ajustée
- problème de manomètre ou de valve
- mauvais montage et surpression volontaire lors du montage pour coller le pneu à la jante.

b. Le dézippage « zipper failure »

Un défaut de conception, une surcharge ou un impact peuvent provoquer une faiblesse, un bris ou une rupture de la carcasse du pneu. Le résultat peut entraîner une importante fuite d'air, la projection de fragments de pneu et une chute brutale de la pression à la zone de rupture, parfois accompagnées d'une marque ressemblant à un tissu décousu ou dézippé.



Référence : Bob Ulrich, « Armed and still dangerous - Zipper Rates are up. Injuries are down. Here's why », SMTD 2001, www.mtdealer.com

Référence : Yves Giguère, Directeur de la formation, région de l'Est, Goodyear Canada inc.

Les causes possibles :

- détérioration de l'enveloppe exposant la toile ou la broche interne du pneu à une contamination par l'air ou l'humidité
- impact mécanique qui a endommagé la structure du pneu
- conduite avec pneus en sous-pression à moins de 80 % de la pression recommandée
- conduite avec pneus en surpression
- surcharge
- perte des propriétés mécaniques due à la chaleur, la pyrolyse ou la thermo-oxydation
- usure importante de la carcasse
- défaut de conception du tissage de la gaine.

c. Le déjantage

Le déjantage se produit lors de la sortie accidentelle et soudaine du pneu sur sa jante avec évacuation violente de l'air ou d'autres gaz contenus dans le pneu.

Les causes possibles :

- impact mécanique, plus ou moins violent, sur la jante ou le pneu
- usure hors norme de la jante (rebord)
- déformation de la jante ou de l'une de ses composantes à la suite d'une surchauffe
- montage initial incorrect du pneu
- incompatibilité des pièces de la jante (jante multipièce)
- dimension du pneu non-conforme aux dimensions de la jante ou autres non conformités entre la jante et le pneu.

d. Pneu en mauvais état ou avec une faiblesse structurale

Qu'il soit neuf ou usé, un pneu peut présenter un défaut structural plus ou moins perceptible et pourrait ne pas résister à la pression normale de gonflage.

A2

L'ÉCLATEMENT OU L'EXPLOSION DE PNEUS À LA SUITE D'UNE SURCHAUFFE

Une hausse de la température à l'intérieur du pneu entraîne une augmentation de la pression du pneu. Cette hausse de pression se poursuit tant que la température monte et tant que le pneu n'a pas cédé ou déjanté.

De plus, à partir d'une certaine température, différentes réactions chimiques peuvent se produire dans le pneu sous l'effet de la chaleur, entre autres la thermo-oxydation et la pyrolyse.

La pyrolyse se définit comme étant la décomposition chimique irréversible d'un matériau sous la seule action de la chaleur. Dans le cas d'un pneu, la dégradation du caoutchouc se produit. Ce phénomène survient :

- lorsque la température à l'intérieur du pneu atteint 185 °C
- en l'absence d'oxygène (le gonflement à l'azote n'élimine pas le phénomène de pyrolyse)
- en quelques secondes.

De plus, ce phénomène entraîne une dégradation des propriétés chimiques et mécaniques du pneu. Cette dégradation peut se produire progressivement et ses effets pourraient être cumulatifs s'il y a eu plusieurs surchauffes.

Les mêmes indications prévalent en cas de thermo-oxydation. Par contre, ce phénomène, qui se manifeste en présence d'oxygène, ne peut se produire si les pneus sont gonflés à l'azote.

Les gaz produits par la pyrolyse et la thermo-oxydation provoquent une augmentation de la pression dans le pneu pouvant conduire à l'éclatement de celui-ci.

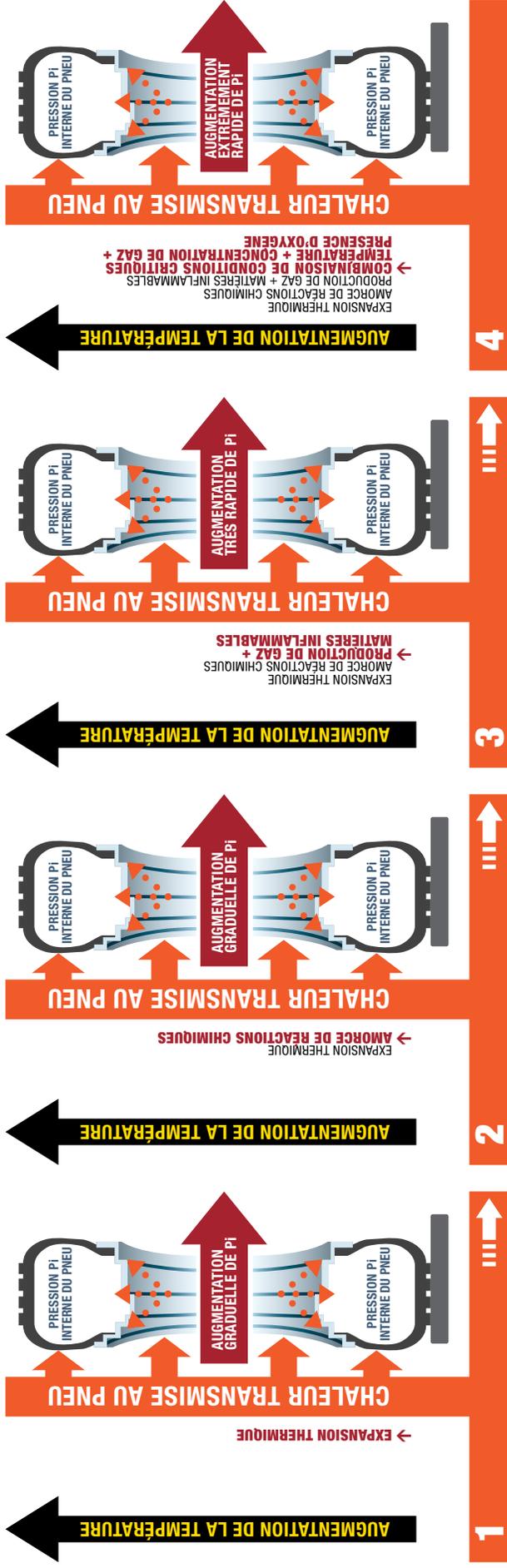
Par contre, si les trois conditions critiques suivantes sont réunies simultanément :

- concentration suffisante en gaz inflammable
- température et pression égales ou supérieures à la température et à la pression d'auto-allumage des gaz
- concentration en oxygène supérieure à 5,5 %.

Il s'ensuit une explosion violente produisant une élévation instantanée de la pression.

Au moment de l'explosion, la pression peut atteindre 1000 psi ou plus avec la création d'ondes de choc.

ILLUSTRATION DU PHÉNOMÈNE D'ÉCLATEMENT OU D'EXPLOSION D'UN PNEU EN 4 ÉTAPES



Échauffement de l'air dans le pneu qui se dilate et provoque une augmentation de la pression. Il y a alors risque d'éclatement du pneu.

Lorsque chauffé autour de 185 °C (Celle température peut correspondre à des températures de l'air dans le pneu aussi basses que 100 °C.) le caoutchouc commence à se dégrader, produisant des gaz et des matières inflammables, ce qui augmente encore la pression dans le pneu. Il y a alors risque d'éclatement du pneu.

Si l'apport de chaleur se poursuit, l'accumulation de gaz et de matières inflammables due à la dégradation du caoutchouc continue.

Lorsque la concentration critique des gaz et des matières inflammables est atteinte en présence d'oxygène, à la température et à la pression d'auto-allumage. Il y a alors explosion du pneu.

SOURCES DE CHALEUR

- Freins bloqués, roulement défectueux, freinage excessif
- Température de la chaussée, foudre, arc électrique, soudure, incendie, etc.
- Sous gonflage du pneu
- Surcharge du pneu, vitesse excessive, etc.

Si la chaleur est suffisamment intense pour atteindre l'étape 3, que le pneu ne refroidit pas et que la chaleur continue d'augmenter, alors le délai pour atteindre l'étape 4, là où le risque d'explosion est important, peut varier de quelques minutes à plus d'une heure.

Les conséquences

En cas d'éclatement ou d'explosion, le souffle violent ou la projection de fragments peuvent causer des blessures graves et même mortelles, à toute personne se trouvant à proximité. La photo n°1 montre un pneu éclaté ayant causé le décès du travailleur. La photo n° 2 montre un pneu ayant éclaté à la suite du déclenchement d'un arc électrique produit lors du stationnement d'un fardier à proximité d'une ligne à haute tension.



Photo n° 1 : Pneu ayant éclaté à la suite de la surchauffe des freins (blocage)



Photo n° 2 : Pneu ayant éclaté alors qu'un fardier était frappé par un arc électrique à proximité d'une ligne à haute tension.

Il y a peu ou pas d'indices objectifs fiables, facilement mesurables ou même apparents qui permettent de déceler le début ou l'importance de la dégradation du caoutchouc sous l'effet de la chaleur provenant de différentes sources, par exemple :

1. surchauffe des freins (blocage complet ou partiel, ou utilisation excessive)
2. arc électrique (foudre, contact ou proximité avec des lignes haute tension)
3. incendie du véhicule
4. soudage de la jante avec pneu monté
5. soudage ou chauffage au chalumeau sur une pièce à proximité de la jante avec pneu monté
6. utilisation des pneus en sous-pression
7. utilisation en surcharge
8. utilisation à des vitesses excessives
9. température de la chaussée très élevée
10. déséquilibre des pressions sur des pneus montés sur des roues doubles
11. frottement d'un objet (ex.: pièce de carrosserie, garde-boue) sur le pneu
12. contact des pneus d'un assemblage de roues doubles
13. toutes les combinaisons de ces différents facteurs qui transmettent ou génèrent de la chaleur dans le pneu.

B

LES MESURES PRÉVENTIVES

Les mesures préventives sont essentiellement basées sur les connaissances actuelles disponibles, mais étant donné l'importance des conséquences pour les personnes lorsqu'il y a éclatement ou explosion du pneu, le principe de précaution s'applique en tout temps.

B1

LES MESURES PRÉVENTIVES À L'ATELIER DE RÉPARATIONS

1. Mises en garde reliées aux activités de soudage ou de chauffage plus ou moins intenses sur la roue, les boulons ou d'autres composantes à proximité d'un pneu

- **Interdiction formelle** de souder sur la jante ou une des composantes de la roue.
- **Interdiction de souder** à proximité ou sur une composante susceptible de transmettre la chaleur à la jante ou au pneu lorsque celui-ci est monté. Il est obligatoire de démonter la roue dans de telles circonstances.
- **Dans les cas exceptionnels** où il n'y a pas d'autre solution que de chauffer à proximité de la jante afin par exemple de dégeler des pièces ou de chauffer pour débloquer des boulons, il est impératif de dégonfler complètement le pneu et de le décoller de la jante avant d'utiliser la source de chaleur. En effet, **il est primordial de savoir que le danger n'est pas forcément écarté parce que le pneu est dégonflé (la chaleur emprisonnée à l'intérieur du pneu peut entraîner la dégradation du caoutchouc).**

Le pneu, la jante et les composantes doivent être refroidis pour atteindre la température ambiante avant toute éventuelle réinstallation d'un pneu. De plus, il est impératif de ne jamais remonter, ni gonfler un pneu sans que celui-ci et sa roue soient d'abord examinés attentivement pour détecter toute trace de dégradation. Il s'agit ici d'une **mesure de prudence minimale**, le principe de précaution nous dictant de toujours opter pour une solution autre que celle du chauffage dans tous les cas.

Par contre;

- Étapes à suivre lorsqu'un chauffage ne peut être évité :
 - dégonfler et décoller le pneu ou les pneus de la jante
 - effectuer la réparation
 - laisser refroidir jusqu'à température ambiante
 - inspecter la jante et le pneu pour toute trace de dégradation.

2. Pneu qui a roulé à une pression inférieure à 80 % de la pression recommandée

Attention, pour plusieurs véhicules lourds, camions et remorques, la pression maximale recommandée des pneus les plus courants est généralement de 100 psi. Il est donc important que le personnel affecté à la réparation et à l'entretien des véhicules lourds surveille particulièrement tous les pneus gonflés à 80 psi ou moins.

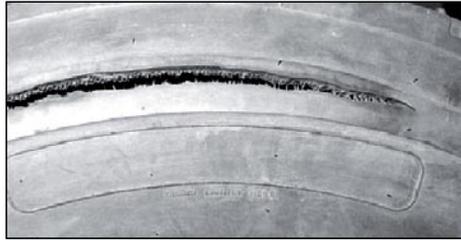
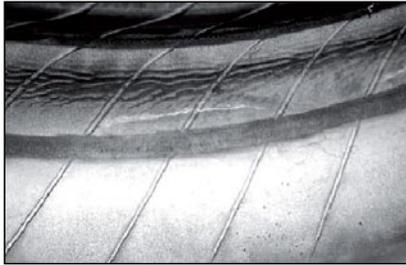
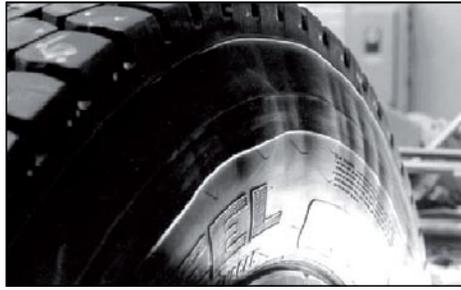
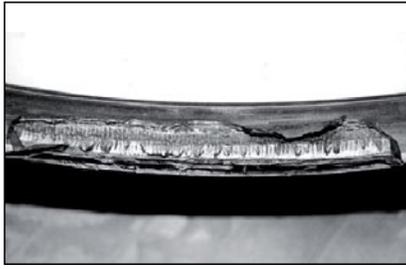
Ne pas regonfler le pneu; il est possible que le pneu ait surchauffé ou qu'il se soit dégradé. On doit le démonter pour bien l'examiner.

3. Avant de procéder à la pose du pneu

Toujours vérifier les indices de fatigue du pneu pour éviter le phénomène d'éclatement associé au *dézippage*.

- Voici des exemples d'éléments observables à vérifier :
 - présence de marbrures (lignes noires circonférentielles à l'intérieur des flancs)
 - présence de signes de séparation ou de déformation de la couche de gomme intérieure (*liner*), à l'intérieur du pneu
 - présence de poussières de carbone provenant de la destruction de la couche de gomme intérieure (*liner*)
 - présence de distorsion, fissure, petite brèche, craquelure, corde d'acier exposée, décoloration, renflement ou ondulation irrégulière, endroit mou ou plus flexible sur les flancs du pneu.

En cas de doute, le pneu doit être mis au rebut.

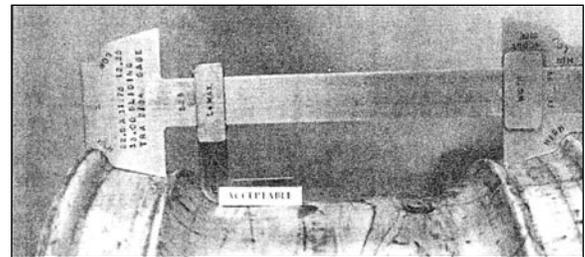
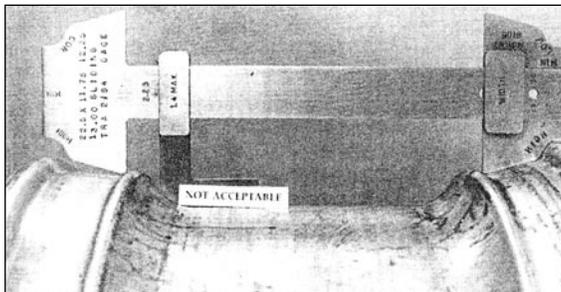


Source : Kevin Rohlwing, « Identifying a Zipper Rupture », ITRA (International Tire & Rubber Association Foundation, Inc.) Commercial Tire Service Update, Volume 5, Issue 11, November 2000.

■ Toujours inspecter la jante :

- l'état général (trace d'impact, fissure, trace de surchauffe)
- la géométrie (roue voilée, déformée)
- l'indication d'usure.

Si la jante semble déformée ou usée au niveau de l'épaulement, s'assurer qu'elle respecte le gabarit et les tolérances spécifiées par le fabricant ou la faire inspecter par des experts.



Référence : The Maintenance Council (TMC), 2001. Recommended Maintenance Practices Manual, 2000-2001.
Council of ATA. RP 205A-1, RP 209C-1, RP 222A-22 & 39, RP 228-1, RP 232-1.

■ Ne jamais monter un pneu sur une jante :

- fissurée
- en mauvais état (usure, corrosion, orifices de fixation déformés, jante voilée)
- ayant subi une surchauffe importante (incendie ou quasi-incendie).

4. Pour faciliter la pose du pneu, utiliser uniquement des produits recommandés et approuvés par le fabricant

Ne jamais utiliser un lubrifiant ou un adhésif contenant des matières inflammables au moment du montage.

- Selon le «The Maintenance Council (TMC), Recommended Maintenance Practices Manual, article RP 205A », les lubrifiants de la tringle recommandés lors de la pose d'un pneu de camion (dans solution d'eau) sont :
 - savons à base d'huile végétale
 - savons de type animal.
- À éviter complètement :
 - huiles ou graisses à base de produits pétroliers (peut affecter les propriétés du caoutchouc et créer un mélange volatil explosif)
 - lubrifiants à base de solvants (peuvent créer un mélange volatil explosif)
 - huiles à base de silicone (peuvent provoquer le glissement éventuel de la tringle).

5. Le gonflage des pneus

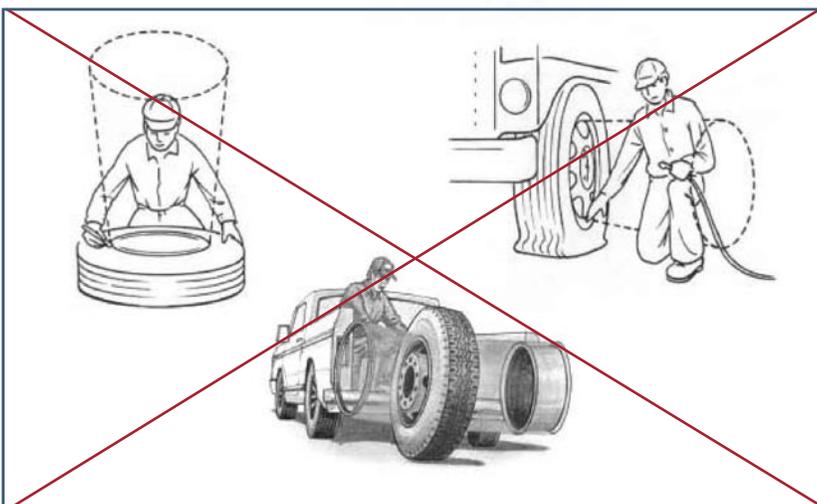
Afin d'éviter tout risque d'accident et de blessure lors du gonflage des pneus, les précautions suivantes doivent être prises :

- Placer la roue dans une cage de retenue
- Utiliser toujours un mandrin de gonflage à mâchoire avec une rallonge de boyau d'air munie d'une valve de contrôle et d'un manomètre
- Maintenir une distance sécuritaire (environ 2 m) entre le travailleur et le pneu à gonfler. Le travailleur devrait toujours se placer à l'extérieur de la zone de projection. Il est préférable de faire face à la semelle du pneu (voir ci-dessous).

La majorité des cages de retenue disponibles sur le marché sont conçues pour empêcher la projection des éléments d'une jante multi pièce. En cas de rupture éclair ou de déjantage, ces cages ne protègent cependant pas le travailleur contre les projections d'éclats ou particules.

L'Association Sectorielle Services Automobiles (ASP Auto Prévention) a participé à la conception d'une cage de retenue qui permet non seulement de contrôler les risques de séparation d'une jante multi pièce, mais aussi les risques liés à la rupture éclair et à tous les autres types d'accidents pouvant survenir lors du gonflage des pneus, quel que soit le type de jante. Comme l'illustre la photo ci-dessous, il s'agit d'une cage qui entoure complètement le pneu et protège les travailleurs, peu importe le type de rupture.

Vous pouvez vous procurer le plan de conception de la cage de retenue à l'adresse suivante :
https://www.autoprevention.org/images/files/decembre2005/AP_2005-12_Pneus-CageGonflageAP.pdf



Zone dangereuse de projection lors du gonflage d'un pneu.

Référence : <http://www2.worksafebc.com/media/fss/tire/slideshow.htm>





Éclatement d'un pneu camion dans une cage de protection.

Sur la photo à gauche, on voit la trajectoire que peuvent prendre les débris à la suite d'un éclatement du pneu.

Sur les photos en bas, nous voyons que l'énergie dégagée lors de l'éclatement déforme la cage de sécurité, en plus de la déplacer et de la retourner. Il est important que le travailleur se tienne hors de la trajectoire des débris et suffisamment loin de la cage pour ne pas être blessé par celle-ci.

Référence : http://www.kentool.com/demos/cage_demo.mpg



Trois séquences de l'éclatement d'un pneu camion avec projection de la jante dans une cage de protection.

6. Quoi faire lorsque le véhicule est frappé par la foudre ou qu'un arc électrique s'est produit à proximité ou au contact d'une ligne à haute tension ?

Les connaissances actuelles ne permettent pas d'apporter des informations claires et précises sur les indices et les signes avant-coureurs qui favoriseraient la détection et l'estimation de l'importance des risques et des dangers.

Toutefois en appliquant le principe de précaution, certaines règles ou directives peuvent être appliquées pour diminuer le risque.

- Être conscient que :
 - il y a un risque d'électrocution pour le conducteur, surtout lorsqu'il descend du véhicule. Ce risque est aussi important pour ceux qui pourraient venir en aide au conducteur (voir note ci-dessous)
 - les pneus sont à risque élevé d'éclatement ou même d'explosion
 - ce risque persiste même si la source d'énergie électrique est complètement éliminée
 - l'explosion peut survenir plusieurs heures après l'incident.
- **Si la foudre ou un arc électrique frappe un véhicule, les pneus de celui-ci peuvent exploser. Le risque d'explosion est encore plus élevé si la foudre ou l'arc électrique cause des dommages matériels évidents au véhicule. Dans la documentation consultée, un délai de quarantaine d'au moins 24 heures est recommandé**
- Si aucune trace n'est visible, le risque demeure néanmoins aussi important et les mêmes recommandations sont préconisées.

NOTE. Le conducteur doit absolument éviter d'établir un contact entre le sol et le véhicule. Par exemple, en cas d'incendie, il n'aurait d'autre choix que de sauter du véhicule pieds joints, en évitant de toucher la carcasse du véhicule. Une fois au sol, il devrait s'en éloigner le plus loin possible par petits sauts pieds joints comme le recommande les spécialistes* et prévenir les secours.

* Référence : Cours LEL2400 – Électricité : Sécurité et environnement de l'École Polytechnique de Montréal



6455, rue Jean-Talon Est, bureau 301
Montréal (Québec)
H1S 3E8

Tél. : 514 955-0454 ou 1 800 361-8906
Télec. : 514 955-0449

info@aste.qc.ca
www.aste.qc.ca



505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2

Tél. : 514 288-1551

publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca