

ÉTUDE DES RISQUES POTENTIELS POUR LA NOUVELLE LIGNE DE TRAINS DE BANLIEUE DE L'EST

Rapport final *19 septembre 2008*

Préparé pour :
**L'Agence métropolitaine de
transport**

Préparé par :
Raymond H. Bennett, P.E., Ph. D.
Adrian J. Pierorazio, P. Eng.
Benjamin Daudonnet, Ph. D.

Baker Risk Project N° :
01-1638-001-06



BAKER RISK
BAKER ENGINEERING AND
RISK CONSULTANTS, INC.
3330 Oakwell Court, Suite 100
San Antonio, TX 78218-3024
San Antonio, Texas 78249
Tel: (210) 824-5960
Fax: (210) 824-5964

SOMMAIRE EXÉCUTIF

L'Agence métropolitaine de transport (AMT) a mandaté la firme spécialisée Baker Engineering and Risk Consultants, Inc, (BakerRisk) afin d'évaluer les risques potentiels aux passagers du train de l'Est découlant d'une explosion accidentelle sur le site d'entreposage de munitions géré par General Dynamics (autrefois SNC TEC). L'AMT propose de construire une nouvelle ligne de trains de banlieue et le tracé proposé empièterait dans les distances minimales permises à partir du site de GD, tel qu'établi par la Division de la réglementation des explosifs de Ressources Naturelles Canada. La distance minimale requise est D5, soit $14.8 \times Q^{1/3}$, où Q est la quantité d'explosifs en kilogrammes. La distance minimum D5 est spécifiée comme étant de 180 m quelle que soit la quantité d'explosifs entreposés. Pour les quantités d'explosifs entreposés sur le site de General Dynamics (GD), les distances D5¹ varient entre 250 m et 670 m dépendant de la source potentielle d'explosion.

L'évaluation des risques réalisée par BakerRisk a permis d'identifier les conséquences potentielles d'une explosion accidentelle dans la zone d'entreposage ainsi que la fréquence attendue d'un tel événement. La fréquence d'un accident dans la zone d'entreposage est estimée à 1×10^{-4} événement par magasin par année. Les conséquences potentielles d'une explosion accidentelle, si elle se produit, incluent des dommages légers à l'enveloppe externe de la voiture de passagers mais sans presque aucun potentiel de mortalités pour les passagers ou le personnel du train. La combinaison des conséquences et de la fréquence est suffisamment faible pour que des mesures d'atténuation ne soient pas requises selon les directives de l'American Public Transportation Association (APTA).

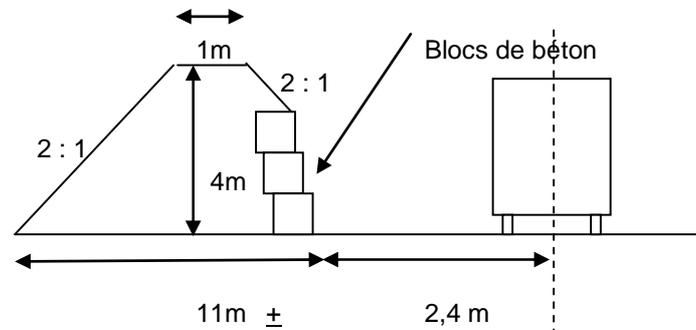
Une comparaison avec les statistiques des accidents de trains de passagers au Canada et des statistiques des accidents de la route au Québec démontre que le risque pour les passagers du train de l'Est dû à une explosion accidentelle sur le site de GD est de 3 900 à 30 000 fois moins élevé que pour un train ou une voiture voyageant sur la même distance en général.

Un calcul de risque individuel démontre que les individus les plus exposés (i.e. le personnel du train) seraient exposés à un niveau de risque individuel de 3.3×10^{-8} mortalités/année. Ce niveau est bien en-dessous du seuil de 10^{-6} mortalités/année qui est utilisé comme risque « à l'extérieur du site » par quelques sites industriels.

Les résultats de ces calculs montrent que pour le tracé proposé, le risque dû à une explosion accidentelle sur le site de GD n'est pas un facteur significatif sur le risque général encouru par les passagers et le personnel de la ligne de train proposée.

Les risques sont suffisamment bas pour ne pas requérir de mesures d'atténuation. Cependant, une berme en terre sera construite le long de la voie ferrée en utilisant les déblais produits lors des travaux de terrassement de la voie ferrée, et arrêterait les fragments projetés vers le train. Elle sera construite aussi pour cacher la vue à partir du train vers le site et les équipements de GD. Pour bloquer la vue du site, la berme doit seulement être plus élevée que le haut de la fenêtre de la voiture de passagers (4m). Les talus de la berme du côté de la voie ferrée et du côté de GD pourraient être aménagés en pentes afin d'assurer la stabilité de la berme. Un exemple de berme est présenté ci-après.

¹ La distance D5 est la distance minimale d'éloignement requise pour la plupart des routes et autoroutes.



Exemple de berme et des dégagements requis de la voie ferrée

L'AMT a l'intention de construire une telle berme et de mettre en place une série d'autres mesures afin d'augmenter encore plus la sécurité des passagers. Ces mesures proposent de minimiser le temps de passage sur le site de GD et de réduire les possibilités que le train de l'AMT ait à arrêter ou ralentir à l'intérieur de la distance de séparation $D7^2$ du site de GD. Ces mesures incluent :

- Concevoir la voie ferrée pour une circulation des trains à 45 mph dans la section du tracé située dans la zone D7.
- L'utilisation des nouvelles locomotives bi-modes pour le train de l'Est, comprenant deux moteurs diesel qui fonctionneront simultanément. Toutefois, ces locomotives peuvent fonctionner avec seulement un moteur diesel ce qui signifie qu'un arrêt de la locomotive causé par une panne simultanée des deux moteurs est hautement improbable.
- Le plan des mesures d'urgence spécifiera que les passagers ne devront pas être évacués dans la zone D7. À cette fin, une locomotive en attente sera utilisée pour venir pousser le train jusqu'à la prochaine gare.
- Les réservoirs de diesel de la locomotive seront compartimentés (en 4 parties au moins) et le dessous des réservoirs sera à au moins 15 pouces au-dessus des rails, comparativement aux 12 pouces usuellement requis. Ceci afin de réduire les risques de fuite de carburant dans le tunnel Mont-Royal. Cette mesure devrait également réduire la probabilité d'un feu dans le cas où la locomotive serait frappée par des débris résultant d'un incident sur le site de GD.
- Un chasse-pierres ou un système semblable sera installé à l'avant de la locomotive afin de réduire les probabilités que des débris fassent dérailler le train.
- Un pont d'étagement est proposé au croisement du boulevard Pierre-Le-Gardeur et de la voie ferrée afin qu'aucun conflit entre les usagers de la route et le train ne puisse causer l'arrêt du train dans la zone D7. Une nouvelle voie ferrée sera construite entre Repentigny et Charlemagne pour les trains de l'AMT ; ce qui signifie que le train de l'AMT n'aura pas à arrêter pour laisser passer

² La distance D7 est la distance d'éloignement requise pour les routes très achalandées et pour les bâtiments où des personnes peuvent se rassembler.

un train de marchandises du CN, diminuant de cette façon la possibilité que le train ait à arrêter dans la zone de distance D7 des entrepôts de GD.

- La structure des voitures de passagers est très solide (semblable à celle des modules sur terre résistants aux explosions). Les calculs et les comparaisons aux résultats de tests indiquent qu'ils ne subiraient que de légers dommages lors d'un événement.

Préambule

La firme Baker Engineering and Risk Consultants, Inc. (BakerRisk) a fait tous les efforts raisonnables pour s'acquitter de son mandat selon les plus hauts standards professionnels.

Le travail a été réalisé sur la base des informations mises à la disposition de BakerRisk par le client ou d'autres intervenants. Ni BakerRisk ou aucune autre personne agissant en son nom n'offre de garantie ou représentation, implicite ou explicite, en regard de l'exactitude, de la pertinence ou de l'utilité de l'information fournie. Toutes les observations, conclusions, et recommandations contenues dans ce rapport sont pertinentes uniquement dans le cadre de ce projet, et ne devraient pas être utilisées pour d'autres emplacements ou opérations.

L'utilisation de ce rapport par un tiers ou l'emploi des informations ou des conclusions contenues dans ce rapport sont de l'entière responsabilité de l'utilisateur. Un tel usage constituera une entente par l'utilisateur de libérer, défendre et indemniser BakerRisk contre toute responsabilité reliée à ce mandat (incluant toute responsabilité pour dommages directs, indirects ou conséquences en découlant), quelle que soit la façon que cette responsabilité se présente.

BakerRisk considère le travail réalisé comme étant un de conseil par nature. La responsabilité relative à la mise en œuvre des conclusions et des recommandations contenues dans ce rapport relève entièrement du client.

Par ailleurs, la traduction en français du rapport est de l'entière responsabilité de l'AMT et n'engage nullement BakerRisk. En cas de disparité ou d'interprétation différente entre les versions anglaise et française, la version anglaise primera.

Table des matières

1.0	INTRODUCTION.....	1
2.0	SOURCES POTENTIELLES D'EXPLOSION.....	2
2.1	Description générale des magasins	2
3.0	CONSTRUCTION DES VOITURES, COMPORTEMENT STRUCTURAL ET POTENTIEL DE BLESSURES AUX OCCUPANTS	4
3.1	Construction des voitures	4
3.2	Comportement structural des voitures.....	5
3.3	Blessures potentielles pour les voyageurs.....	11
4.0	ÉVALUATION DES RISQUES.....	12
4.1	Risques liés à une explosion accidentelle aux installations de GD.....	13
4.2	Comparaison avec le guide des risques dans les transports	19
4.3	Risque individuel.....	20
4.4	Comparaison avec les autres risques de transport.....	21
4.5	Recommandations	22
5.0	SOMMAIRE ET CONCLUSIONS	23

Liste des tableaux

Tableau 1.	Sources potentielles d'explosion (SPE) et distances d'éloignement requises	3
Tableau 2.	Résultats de tests d'armes nucléaire sur du matériel ferroviaire	7
Tableau 3.	Résultats d'une explosion sur un avion	9
Tableau 4.	Probabilité d'une explosion accidentelle sur une année/SPE.....	16
Tableau 5.	Matrice de risque	19
Tableau 6.	Comparaison des statistiques sur les risques pour les trains et les automobiles.....	22

Liste des figures

Figure 1 Type de voitures de trains de banlieue.....	4
Figure 2. Wagon à revêtement de bois après une explosion (surpression de 4 lb/po ²).....	8
Figure 3. Wagon à revêtement de bois après une explosion (surpression de 6 lb/po ²).....	9
Figure 4. Avion ayant subi une explosion dirigée le flanc (surpression de 3.6 lb/po ²).....	9
Figure 5. Avion ayant subi à une explosion dirigée sur la queue (surpression de 3.6 lb/po ²) .	10
Figure 6. Vulnérabilité des occupants selon le niveau de dommages au bâtiment	12
Figure 7. Types de risques, tels que définis par le DDESB (US)	14
Figure 8. Termes utilisés dans le tableau 4	17
Figure 9. Exemple de berme de de dégagement requis pour une voiture	23

1.0 INTRODUCTION

L'AMT propose de mettre en place une nouvelle ligne de trains de banlieue et le tracé proposé empiète dans les rayons de sécurité quantité-distance tels qu'établis par la division des explosifs de Ressources naturelles Canada. La distance d'éloignement requise est désignée 'D5' et représente $14,8 \times Q^{1/3}$, où Q est la quantité d'explosifs entreposés en kilogrammes. La distance D5 minimale est déterminée à 180 m, quelle que soit la quantité d'explosifs entreposés. Pour les quantités d'explosifs entreposés sur le site de General Dynamics, les distances D5 varient entre 250 m et 670 m, selon la source potentielle d'explosion.

La firme Baker Engineering and Risk Consultants, Inc. (BakerRisk) s'est fait confier le mandat par l'Agence métropolitaine de Transport (AMT) d'évaluer les risques potentiels pour les passagers du train de banlieue en cas d'explosion accidentelle dans le périmètre des magasins de munitions opérés par General Dynamics (anciennement SNC TEC).

L'évaluation incluait le risque que le train déraille sous la pression du souffle et le risque que des débris frappent le train.

Une analyse des Sources potentielles d'explosion (SPE) est présentée au chapitre 2.0 et les incidences sur les voitures de passagers sont décrites au chapitre 3.0. Les calculs des risques sont détaillés au chapitre 4.0 et les conclusions et recommandations sont présentées au chapitre 5.0.

2.0 SOURCES POTENTIELLES D'EXPLOSION

Il y a quinze sources potentielles d'explosion (SPE) sur le site de General Dynamics :

- ◆ Magasin 406
- ◆ Magasin 406A
- ◆ Magasin 410
- ◆ Magasin 411
- ◆ Magasin 412
- ◆ Magasin 412A
- ◆ Magasin 412B
- ◆ Magasin 415
- ◆ Magasin 416
- ◆ Magasin 417
- ◆ Magasin 417A
- ◆ Magasin 417B
- ◆ Magasin 412A1
- ◆ Magasin 412B1
- ◆ Aire de manutention des explosifs (AME)

Quatorze des SPE sont situées au-dessus du sol. Le 15^e est l'aire de manutention des explosifs (AME), incluant les camions remorques stationnés à l'intérieur d'une zone délimitée par une berme. Toutes les SPE sont entourées de barricades qui sont construites selon les principes quantités-distances de Ressources Naturelles Canada.

2.1 Description générale des magasins

Les magasins présentent des murs de briques de douze (12) pouces d'épaisseur et des planchers en béton et des toits en béton ou en bois. Des barricades en bois remplies de sables protègent les zones avoisinantes contre la projection de débris. Les explosifs sont entreposés temporairement dans la zone de manutention pour de courtes périodes de temps en prévision du chargement ou du déchargement.

Les magasins 412A1 et 412B1 sont à l'étape de projet, et n'ont donc pas encore été construits. Les quantités d'explosifs dans la zone de l'aire de manutention (AME) sont représentatives des quantités qui seront présentes lorsque cette zone sera divisée en deux sections. La distance de séparation requise entre le tracé ferroviaire et chaque SPE est basée sur la distance D5 qui est égale à la racine cubique du poids d'explosifs entreposés en kg, multipliée par 14.8. La distance actuelle de séparation a été mesurée à l'échelle sur un dessin préparé par General Dynamics. Les distances montrées au tableau 1 sont les plus courtes distances du bord du magasin au centre du tracé ferroviaire proposé. La précision de la distance mesurée est de l'ordre de 10 m. Le tracé ferroviaire proposé empiètera sur la distance d'éloignement D5 pour 5 des 15 SPE.

Tableau 1. Sources potentielles d'explosion et distances d'éloignement requises

(Les chiffres surlignés en jaune ne satisfont pas aux distances d'éloignement requises)

SPE	Distance de séparation requise pour D5 (m)	Distance de séparation actuelle (m)
406	526	820
406A	570	700
410	620	860
411	663	730
412	632	600
412A	538	480
412B	443	360
415	610	950
416	600	830
417	600	730
417A	600	620
417B	253	510
412A1	538	430
412B1	443	300
AME	484	500

Note : Se reporter aux licences GD-OTS émises par RNC

3.0 CONSTRUCTION DES VOITURES, COMPORTEMENT STRUCTURAL ET POTENTIEL DE BLESSURES AUX OCCUPANTS

3.1 Construction des voitures

Les voitures du service de banlieue seront construites selon les exigences du règlement 49 CFR section 238 – Passenger Equipment Safety Standards (Normes de sécurité relatives au matériel voyageurs) et selon la norme de l'Association nord-américaine de transport public (APTA) pour la conception et la construction de voitures passagers.

Le plan et le profil de la voiture qui sera utilisée sur cette ligne sont présentés à la figure 1. Les composants clé de la voiture qui affecteraient sa réaction au souffle d'une explosion potentielle sont la fenestration ainsi que la construction du toit et des parois. Les voitures sont conçues pour résister de façon substantielle aux forces générées lors d'une collision ou d'un renversement. Le vitrage des fenêtres et des portes est conçu pour être à l'épreuve des balles et résister à l'impact d'un bloc de béton pesant 24 livres.

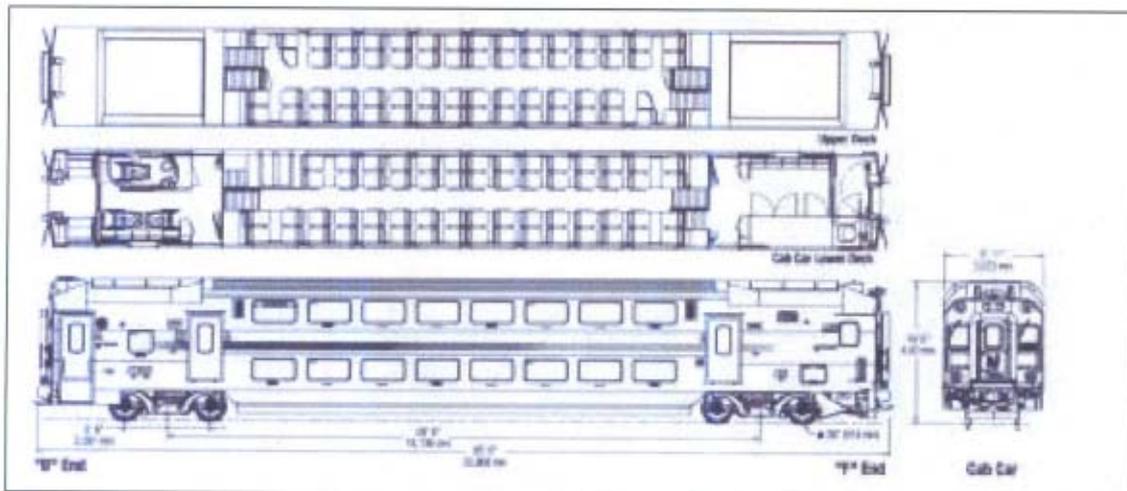


Figure 1 Voiture-type du train de banlieue

Les fenêtres sur les côtés de la voiture sont d'une dimension nominale de 1,2 x 0,6 m (4 pi x 2 pi). Le vitrage est d'une épaisseur de 12 mm (0.47 po) en polycarbonate. Les poteaux structuraux seront placés entre les fenêtres à 1,5 m (5 pi) de l'axe central. L'enveloppe extérieure est en plaques d'acier de 0.125 po d'épaisseur ($f_y = 227 \text{ Mpa}$ ou $33\,000 \text{ lb/po}^2$). Ceci est la prescription minimale. Si de l'acier ondulé et/ou galvanisé est utilisé pour les parois de la voiture, sa force structurale doit être égale à la valeur minimale indiquée dans les documents cités plus haut. Le module minimal pour les poteaux structuraux est de 0.30 po^3 par pi de distance entre les poteaux, ou de 1.5 po^3 par intervalle de 5 pieds. Les calculs réalisés à la section 3.2 supposent une section HSS de $3 \times 2 \times \frac{1}{4}$, soit un module de 1.47 po^3 .

En tenant compte du fait que les charges au toit sont significativement plus faibles que les charges sur les parois, et que la construction du toit est aussi robuste que celle des parois, seule la réaction structurale des parois a été évaluée dans cette étude.

3.2 Comportement structural des voitures

3.2.1 Fenêtres

Les propriétés des fenêtres ont été calculées en utilisant le logiciel WINLAC. Le vitrage des fenêtres possède une capacité structurale ultime au souffle d'une explosion de 100 kPa (14.6 lb/po²) et ne devrait pas se briser, même sous les plus fortes charges. Pour que le vitrage offre une pleine résistance, une épaisseur minimale de 25 mm (1 po) est requise. Toutefois il suffirait d'une épaisseur de ½ pouce pour que le vitrage résiste aux charges prévues. La pénétration, à travers la vitre de la fenêtre, par le fragment type utilisé pour les calculs, soit une balle de M107 au point le plus près de 300 m, démontre que l'objet ne traversera pas la fenêtre.

3.2.2 Comportement de l'enveloppe de la voiture

On a modélisé les parois de la voiture ont été modélisés en utilisant un modèle à un degré de liberté pour les panneaux de côté et les poteaux structuraux. Le modèle des panneaux incluait les effets des forces de tension. Les panneaux de côté des voitures seront endommagés par une explosion potentielle. L'acier des panneaux de côté pourrait subir des déformations permanentes de l'ordre de 50 mm (2 po) dans la pire des conditions de charge.

Les poteaux structuraux des côtés ont été modélisés comme des poutres continues au-dessus de la mi-hauteur de la structure de plancher. Les poteaux devraient subir des déformations permanentes mineures de l'ordre de 10 mm (0.4 po) uniquement. Ces déformations ne devraient pas induire un risque significatif pour les passagers des voitures.

Les éléments ci-dessus sont des estimations prudentes, qui ne tiennent pas compte du comportement général de la voiture. Cet aspect est décrit aux sections 3.2.3 et 3.3.4.

3.2.3 Comportement de la caisse de la voiture

On a évalué le risque qu'une voiture se renverse en utilisant un modèle simple de corps rigide. On a supposé que le centre de gravité de la voiture se trouvait au centre de la voiture, à partir d'une vue arrière. L'impulsion de renversement a été calculée comme étant l'impulsion donnée au côté de la voiture, et le point de rotation a été défini comme l'interface entre le rail et la roue du côté opposé à l'explosion. La seule force opposée considérée a été le poids de la voiture. L'étendue de la rotation de la voiture autour de l'interface rail-roue peut être calculée comme suit :

$$I \alpha^2 / 2Mr^2 = T \alpha$$

Dans lequel : $I \alpha$ = impulsion de rotation
M = masse de la voiture
r = distance du point de rotation au centre de la masse
T = moment de redressement (poids de la voiture x distance du centre de gravité de la voiture au point de rotation)
 α = angle de rotation (radians)

Dans le pire des cas de charge, la rotation maximale est estimée à 0.03 radians, et le centre de gravité fait une rotation approximative de 8,9 cm (3.5 po). Ce déplacement tient compte du fait que l'énergie nette de retournement appliquée par la force de l'explosion à l'avant, à l'arrière et sur les côtés de la voiture, est contrebalancée par le poids de la voiture. La flexibilité de la suspension de la voiture n'a pas été considérée. Les bogies sont fixés à la voiture et peuvent résister à une charge de 250 000 livres. Ceci

équivalait à une pression statique sur le côté de la voiture d'environ 4 lb/po². Donc, on s'attend à ce que les bogies restent fixés à la voiture.

3.2.4 Prise en compte de données de test

Le gouvernement des États-Unis a publié des données sur les dommages subis par du matériel ferroviaire exposé au souffle résultant de la détonation d'armes nucléaires. Les tests ont été réalisés dans les années 1950 et les armes avaient un rendement approximatif d'une kilotonne de TNT. Plusieurs avions avaient aussi été soumis à ces tests, et les résultats de ces derniers sont intéressants, à cause des dommages subis par les structures à revêtement métallique léger. Les avions étaient des B-17, orientés à la fois de la queue et du côté vers le souffle de l'explosion. Les résultats de ces tests sont résumés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2. Résultat des tests d'armes nucléaires sur le matériel ferroviaire

Matériel ferroviaire testé	Chargement (pression de l'incident en lb/po²)	Rayon estimé (pi/m)	Résultats
Wagon en bois vide – Approximativement 40 pieds de long et poids de 40 000 livres. Plus léger par pied que les voitures passagers.	2 lb/po ² – incident 4.2 lb/po ² – réflexion Estimation de l'impulsion pour 1 kt d'explosion nucléaire : 330 lb/po ² -ms.	2 670 pieds 814 m	Dommages mineurs. La voie n'a pas subi de dommages
Wagon en bois chargé - Approximativement 40 pieds de long et poids de 100 000 livres. Plus lourd par pied que les voitures passagers.	4 lb/po ² – incident 8.8 lb/po ² – réflexion Estimation de l'impulsion pour 1 kt d'explosion nucléaire : 500 lb/po ² -ms.	1 650 pieds 503 m	Dommages structurels sur le wagon. Le wagon est resté sur la voie. La voie n'a pas subi de dommages. Voir figure 2
Wagon en bois vide. Environ 40 pieds de long et poids de 40 000 livres. Plus léger par pied que les voitures passagers.	6 lb/po ² – incident 13.9 lb/po ² – réflexion Estimation de l'impulsion pour 1 kt d'explosion nucléaire: 650 lb/po ² -ms	1 390 pieds 424 m	Caisse du wagon soufflée hors de la voie. La caisse du wagon a tiré les bogies hors de la voie. La voie n'a pas subi de dommages.
Wagon en bois chargé - Environ 40 pieds de long et poids de 100 000 livres. Plus lourd par pied que les voitures passagers.	6 lb/po ² – incident 13.9 lb/po ² – réflexion	1 390 pieds 424 m	Caisse du wagon sévèrement endommagée incluant le toit soufflé. Le wagon pouvait encore rouler après le test. La voie n'a pas subi de dommages. Voir figure 3
Wagon en bois chargé - Environ 40 pieds de long et poids de 100 000 livres. Plus lourd par pied que les voitures passagers.	7.5 lb/po ² – incident 18 lb/po ² – réflexion Estimation de l'impulsion pour 1 kt d'explosion nucléaire: 740 lb/po ² -ms	1 140 pieds 350 m	Wagon renversé. État de la voie non établi.
Wagon en bois chargé - Environ 40 pieds de long et poids de 100 000 livres. Plus lourd par pied que les voitures passagers.	9 lb/po ² – incident 22.4 lb/po ² – réflexion Estimation de l'impulsion pour 1 kt d'explosion nucléaire : 790 lb/po ² -ms	1 030 pieds 314 m	Wagon retourné et démolit État de la voie non établi.
Locomotive diesel – poids 46 tonnes. La construction de la caisse devrait être semblable aux voitures passagers.	6 lb/po ² – incident 13.9 lb/po ² – réflexion	1 090 pieds 424 m	Le moteur a continué à fonctionner pendant le test (au ralenti). Fenêtres brisées et dommages aux panneaux de métal. La voie n'a pas subi de dommages

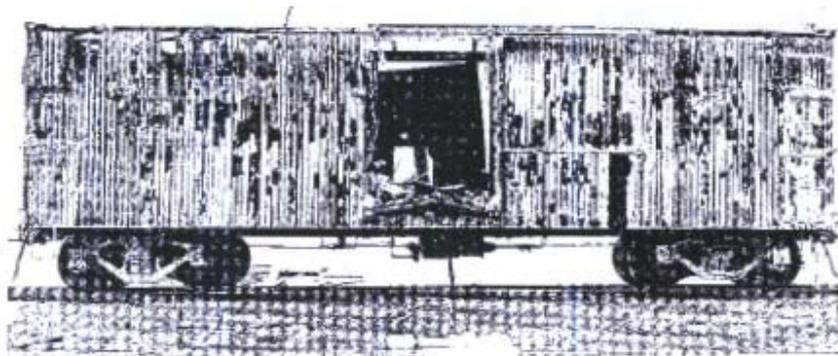


Figure 2. Wagon en bois chargé après une explosion nucléaire (surpression de 4 lb/po²)

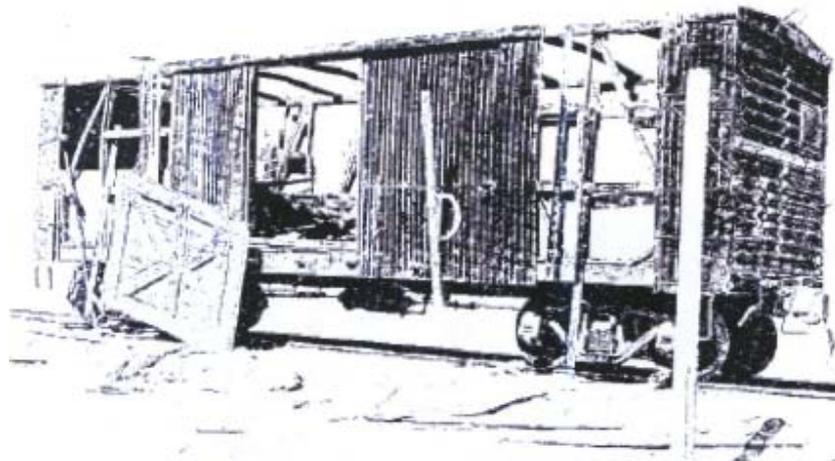


Figure 3. Wagon en bois chargé après une explosion nucléaire (surpression de 6 lb/po²)

Tableau 3. Résultats d'une explosion nucléaire sur des avions

Avions testés	Charge (pression de l'incident rapporté en psi)	Rayon estimé (pi/m)	Résultats
B-17 Avec le flanc exposé	3.6 lb/po ² – incident 11.9 lb/po ² – réflexion Estimation de l'impulsion pour 1 kt d'explosion nucléaire : 480 lb/po ² -ms	1 170 pieds 357 m	Fuselage gauchis derrière les ailes. Panneaux d'aluminium de l'enveloppe restés intacts. Voir figure 4.
B-17 Avec la queue exposée	2.4 lb/po ² – incident Estimation de l'impulsion pour 1 kt d'explosion nucléaire: 370 lb/po ² -ms	2 340 pieds 713 m	Fuselage OK. Quelques gauchissements de l'enveloppe. Voir figure 5.

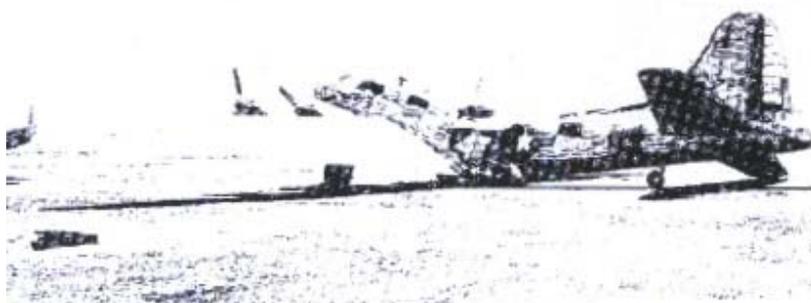


Figure 4. Avion ayant subi une explosion dirigée sur le flanc (surpression de 3.6 lb/po²)

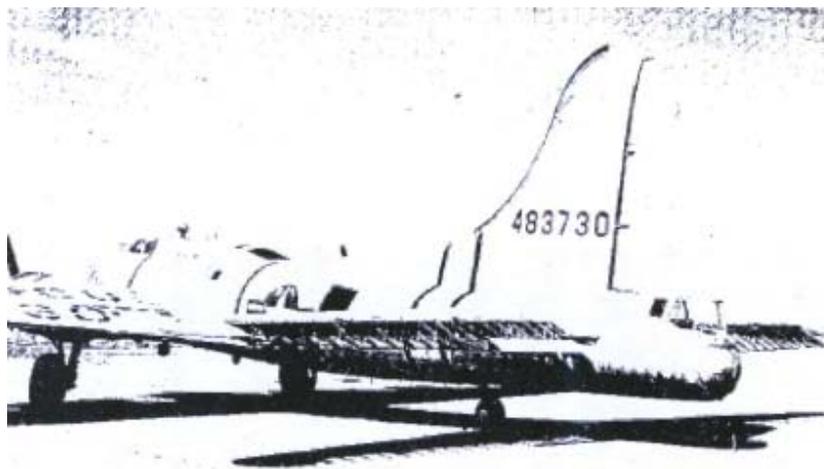


Figure 5. Avion ayant subi une explosion dirigée sur la queue (surpression de 3.6 lb/po²)

Les tests d'armes nucléaires sur les locomotives et les avions (spécialement le B-17 à la figure 5 qui a été exposé à de plus grandes pressions que celles prévues pour les wagons) indiquent que les faibles dommages auxquels on pourrait s'attendre toucheraient l'enveloppe et la caisse des voitures. Les tests sur les wagons en bois indiquent que les voitures ne devraient pas se renverser.

3.3 Blessures potentielles pour les voyageurs

Les déformations des voitures ne devraient pas se traduire par des blessures sérieuses pour les occupants. Cependant, les accélérations et déformations peuvent provoquer le détachement de certains équipements internes qui pourraient heurter les occupants. L'indice de vulnérabilité pour les individus, dans ces circonstances, est de l'ordre de 0,01 % ou moins. L'indice de vulnérabilité pour les occupants de différents bâtiments en fonction du type de bâtiment est montré à la figure 6. Les dommages aux voitures passagers ont été jugés superficiels et pourraient être approximativement considérés égaux au niveau 1 des dommages aux bâtiments. On en déduit que la vulnérabilité des passagers serait très faible, même pour des niveaux substantiellement plus grands de dommages.

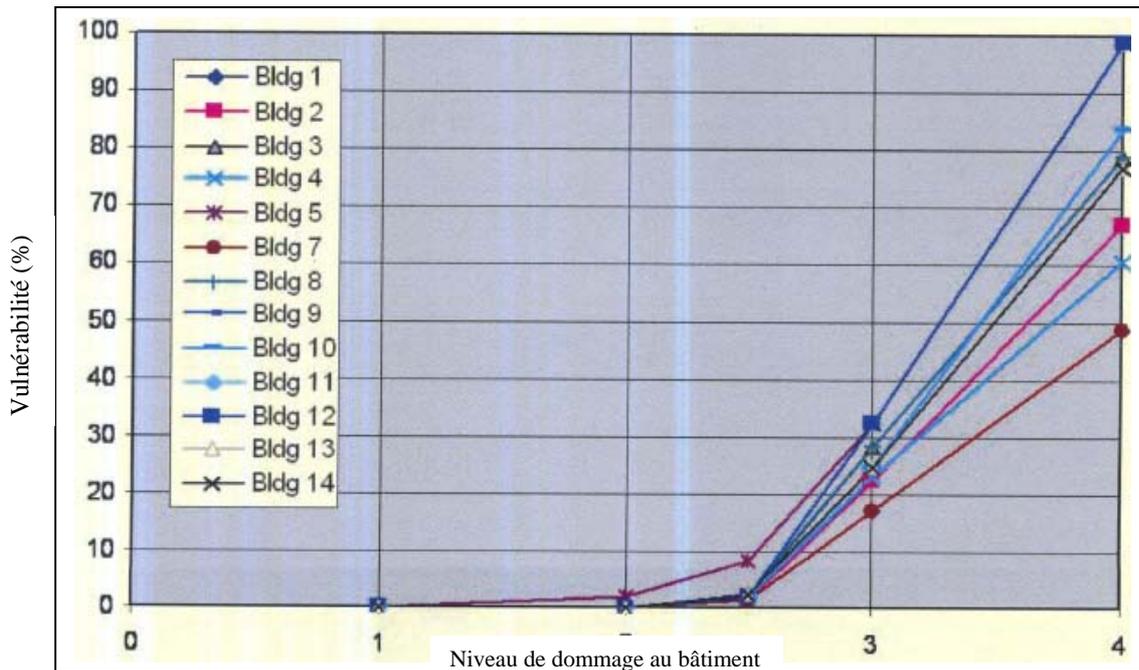


Figure 6. Vulnérabilité des occupants selon le niveau de dommages au bâtiment

4.0 ÉVALUATION DES RISQUES

Les sections précédentes ont tenu compte uniquement des conséquences d'une explosion accidentelle sur le site de GD, indépendamment de la probabilité d'une telle explosion. Cette section va prolonger l'analyse en considérant les risques pour les passagers résultant d'un tel événement. Le risque est défini comme le produit de trois facteurs :

- La fréquence de l'événement (f) : plus souvent l'événement se produit, plus grands sont les risques que quelqu'un puisse en être affecté ;
- L'exposition (exp) : plus quelqu'un passe du temps dans un lieu où il pourrait être affecté par un tel événement, plus le risque est élevé pour lui,
- La vulnérabilité ($vuln$) : c'est une mesure de la probabilité d'un résultat négatif pour une personne donnée exposée à un danger.

Le risque calculé ici représente la probabilité d'un accident mortel sur le trajet du train proposé comme un résultat d'une explosion accidentelle aux installations de GD. Donc, la fréquence est la fréquence d'une explosion accidentelle, l'exposition est la probabilité qu'une personne se trouve dans un lieu exposé dans le train (i.e., train sans classement de risque et une personne étant dans le train à qui il pourrait arriver un risque), et la vulnérabilité est la probabilité qu'un passager soit mortellement blessé s'il est exposé à ce risque. La mesure du risque résultant est exprimée par les facteurs *accidents mortels par année* et *années par accident mortel*. On doit souligner qu'il y a des mesures probabilistes et qu'elles ne doivent pas être interprétées pour signifier que pas plus d'un accident mortel peut se produire, ni qu'une période particulière de temps doive s'écouler entre les accidents mortels.

Pour estimer l'acceptabilité de la mesure de risque, des comparaisons ont été effectuées en tenant compte du risque calculé, des normes du secteur et des statistiques des accidents de transport.

4.1 Risques liés à une explosion accidentelle aux installations de GD

Dans ce cas, il y a trois types principaux de risques :

- Risques liés au souffle de l'explosion (i.e., déraillement, retournement, dommage structurel ou nonstructurel)
- Risques liés à la projection de débris (i.e., morceau de la structure de l'entrepôt frappant le train)
- Risques liés à la projection de fragments (i.e., fragments de munitions résultant d'une explosion accidentelle)

Les deux premiers types sont décrits dans les sections ci-dessous. Le dernier type, *Risques liés à la projection de fragments*, est négligeable depuis qu'il a été montré dans la section 3.2.1 que ces fragments ne pourraient pas pénétrer les voitures, compte tenu des distances en cause.

4.1.1 Risques liés au souffle de l'explosion

Les risques liés à une explosion accidentelle peuvent être exprimés de quatre façons, comme le montre la figure 7. Ce rapport modifie le calcul pour le « maximum d'accidents mortels par année/SPE » dans lequel il est ajouté les risques de toutes les SPE qui ont un impact potentiel sur la voie ferrée. Le risque est donc exprimé comme le « Maximum d'accidents mortels par année ».

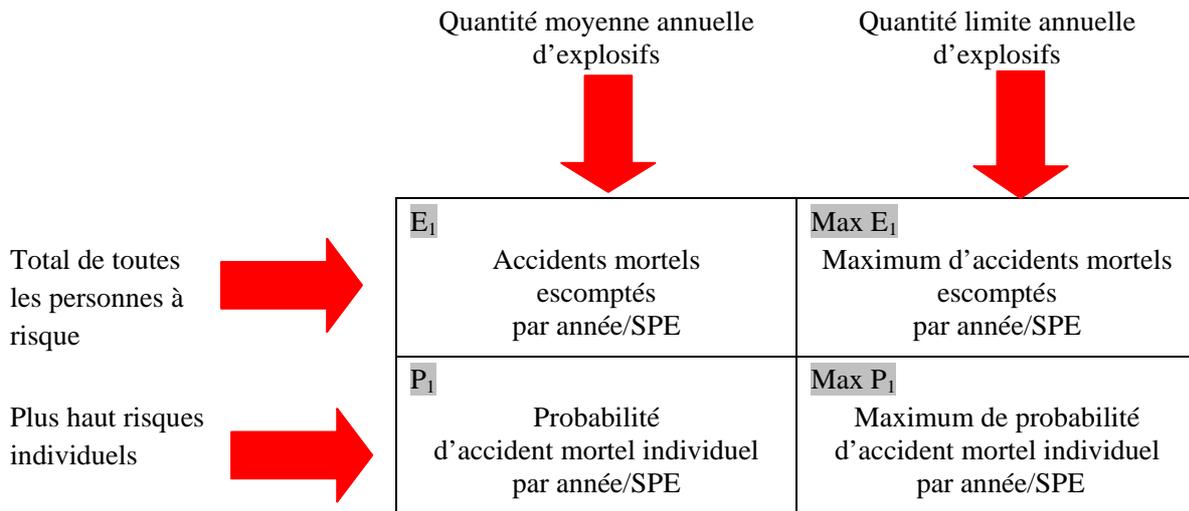


Figure 7. Types de risques, tels que définis par le DDESB (É.-U.)

Le risque d'un accident mortel pour un individu est calculé comme suit :

$$P_{i/f} = P_{ev} * P_{ex} * P_f$$

Dans lequel :

$P_{i/f}$ = probabilité d'un accident mortel individuel

P_{ev} = probabilité de l'événement

P_{ex} = probabilité que l'individu soit exposé à l'événement

P_f = probabilité d'un accident mortel individuel provoqué par l'exposition à l'événement.

Le maximum attendu « accidents mortels par an » est la somme des risques individuels pour toutes les personnes exposées. Ceci est une simplification dans la mesure où les calculs de risques et d'exposition sont basés sur un individu placé au point le plus proche sur la voie ferrée vis-à-vis de chaque SPE.

La dérivation de chacune des probabilités sur le côté droit de l'équation est examinée dans les paragraphes ci-dessous.

La probabilité d'une explosion accidentelle se produisant à une source potentielle d'explosion (SPE) a été évaluée par le DDESB et est détaillée dans le tableau 4 ci-dessous. La probabilité d'une explosion accidentelle dépend du genre d'explosif manipulé (se reporter aux chiffres romains) et du genre d'opération. Les groupes et les facteurs d'échelle sont définis à la figure 8. Les munitions sont de type I, II et III (groupes compatibles D et E). La probabilité qu'un événement se produise dans des entrepôts en surface varie de 1E-4 à 3E-5 selon que l'entrepôt est considéré comme temporaire ou permanent. La

probabilité d'une explosion dans l'aire de manutention est $3E-4$ si l'aire est considérée comme un lieu d'entreposage provisoire.

Tableau 4. Probabilité d'une explosion accidentelle par année/SPE

SPE utilisée essentiellement pour	Échelle de facteurs	1E-6	3E-6	1E-5	3E-5	1E-4	3E-4	1E-3	3E-3	1E-2	3E-2	1E-1	3E-1
Brûlis / Démilitarisation / Démolition / Mise au rebut	A1, A2, A8 B1, B2							III	II		I		
Montage / démontage / LAP / Entretien / Rénovation /	A1, A4, A5, A8, B1, B2					III	II		I				
Laboratoire / Test / Essais	A1, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4					III	II		I				
Fabrication	A4, A5								AII				
Inspection / Peinture / Empaquetage	A1, A2, B1, B2				III	II		I					
Chargement / Déchargement	A1, A2, B1, B2, B3, B4				III	II		I					
Entreposage provisoire (hrs – quelques jours)					III	II	I						
Entreposage temporaire (1 jour – 1 mois)				III	II	I							
Entreposage permanent (1 mois – an)	A1, A2		III		I, II								

Éléments

I
II
III

Groupe de compatibilité

L, A, B, G, H, J, F
C
D, E

Facteurs d'échelle :

- A. Augmentation P_e par un facteur de 10 (deux colonnes à droite) pour :
1. Opérations à l'extérieur du territoire continental des É.-U. (OCONUS) en soutien aux actions en temps de guerre
 2. Opérations impliquant les articles dangereux inutilisables en attente de destruction
 3. Tests initiaux des nouveaux systèmes
 4. Opérations se déroulant dans des environnements dangereux avec gaz, fibres, etc.
 5. Opérations télécommandées requises
 6. Activités en service temporaire (TDY) pendant les exercices/imprévus/alertes
 7. Opérations de combat intégré (ICT)
 8. Opérations impliquant des explosifs à découvert
- B. Augmentation P_e par un facteur de 3 (une colonne à droite) pour :
1. Entreposage extérieur/opérations normalement réalisées à l'intérieur....
 2. Activités internes durant les exercices/imprévus/alerte

3. Aires de stationnement aux abords des pistes
4. Opérations TDY en temps de paix

Figure 8. Termes utilisés dans le tableau 4

Le HSE a revu les données historiques et déterminé que le risque d'une explosion accidentelle au site d'entreposage correspondait à $1E-4$ par année/SPE. Ces données incluent tous les équipements d'entreposage, y compris ceux disponibles sur une base régulière. Les autres pays ont adopté une valeur similaire. La fréquence combinée de toutes les sources est basée sur l'hypothèse que la moitié des entrepôts sont utilisés pour de l'entreposage durant moins d'un mois, et l'autre moitié des entrepôts sont utilisés pour de l'entreposage qui excède un mois. On a établi pour l'AME une fréquence de 3×10^{-4} . La probabilité combinée est par conséquent :

$$1.2 \times 10^{-3} (3 \times 10^{-4} + 7 \times 1 \times 10^{-4} + 7 \times 3 \times 10^{-5})$$

La probabilité qu'un quelconque passager (pas un individu en particulier) soit exposé au risque est le pourcentage de temps où un train sera présent sur la portion de voie située près de la zone d'entreposage des explosifs. Compte tenu de l'horaire de train planifié, de la longueur du tronçon de voie qui pourrait être exposé à une explosion, et de la moyenne de la vitesse du train sur ce tronçon (40 mi/h), le train sera exposé à la menace d'une explosion accidentelle aux entrepôts de GD pendant 34 minutes par jour, 5 jours par semaine. Ce qui représente approximativement 2,8 heures pour 168 h-semaine, soit une probabilité d'exposition globale de 0,017.

La probabilité de décès pour un individu exposé à un risque d'explosion dans une voiture est analysée dans la section 3.3. Aucun mécanisme de dommage n'a été identifié qui puisse finir par un accident mortel, une estimation de 0,0001 était utilisée (estimation prudente basée sur le niveau de dommage de 1 pour un immeuble pré-industrialisé en métal). Ceci est analysé plus en détail dans la section 3.3.

Les données prévisionnelles de circulation ont été fournies par l'AMT. Ces données montrent qu'on s'attend à ce que le train ait une moyenne de 256 passagers sur ce tronçon du tracé.

Le risque annuel estimé d'un accident mortel dû à une explosion est le suivant :

$$5 \times 10^{-7} (1.2 \times 10^{-3} \times 0,017 \times 0,0001 \times 256) \text{ ou un décès par } 2\,000\,000 \text{ ans}$$

4.1.2 Risques liés à la projection de débris

La probabilité qu'un morceau de débris plus gros que 0,45 kg atteigne les fenêtres d'une voiture se situe entre 0,3 et 0,4. Cette valeur est calculée en additionnant le nombre des chocs de tous les débris dont la taille dépasse 0,45 kg. Le vitrage est prévu et testé pour procurer une protection contre les petits débris (calibre de balles 0,22) ou grands objets (unités de maçonnerie standard de 24 livres) avec une énergie cinétique de 100 pieds/lb, dirigés vers la fenêtre. Comme les débris qui, à ce stade extrême, tomberaient selon des trajectoires variant de 45 degrés à la verticale, il est raisonnable d'utiliser une équivalence de 0,45 kg pour la taille des débris. La probabilité que des débris frappent une fenêtre est 8×20^{-6} ($1.2 \times 10^{-3} \times 0,017 \times 0,4$), soit un morceau sur 125 000 années. À ces hauts niveaux d'incidence, les débris pourraient affecter uniquement un siège s'ils transperçaient le wagon. En se basant sur les données de circulation, on s'attend à une moyenne d'occupation de 256 passagers dans le train, et ceux-ci seraient répartis parmi les 1 420 places assises que comporte le train. La probabilité qu'une personne assise dans un siège soit touchée est donc de 18 % (256/1 420). Et si on pousse plus loin l'analyse et qu'on estime à 50 % les risques qu'une personne décède en recevant un morceau de débris (estimation prudente basée sur le principe que tout coup sur le haut du corps peut être fatal), la probabilité d'un décès provoqué par la pénétration d'un morceau est de 9 %. La probabilité d'ensemble d'un tel décès imputable à des morceaux est, par conséquent, de 7.4×10^{-7} ($1.2 \times 10^{-3} \times 0.017 \times 0.4 \times 0.18 \times 0.5$), soit un décès sur 1 400 000 années.

4.2 Comparaison avec le guide des risques dans les transports

L'American Public Transportation Association (APTA) a élaboré un guide d'évaluation des risques d'incendie applicables à l'équipement existant. Même si le document ne traite pas des risques d'explosion combinés, dans le cas d'une nouvelle desserte ferroviaire, le document suscite une discussion sur les risques des explosifs dans leur propre contexte.

L'approche de l'APTA définit le risque en termes de fréquence et de conséquences. Les risques sont placés en quatre catégories :

1. Inacceptable : implique des menaces immédiates à la sécurité personnelle. Corriger ou contrôler immédiatement.
2. Acceptable à court terme : peut représenter des menaces pour la sécurité personnelle. Formuler des plans d'action correctifs et une implication sur une base prioritaire.
3. Acceptable, moyennant examen par la direction : risque jugé acceptable ou inévitable après avoir été examiné par des personnes ayant l'autorité appropriée. Documentation formelle d'acceptation et signatures nécessaires avec la documentation d'analyse de risque. Néanmoins, il faut corriger le scénario de risque si possible.
4. Acceptable : la situation ne constitue pas un risque.

4.2.1 Niveaux APTA de conséquences

Les définitions des niveaux de conséquence établis par l'APTA sont :

1. Catastrophique – Un incendie provoquerait des pertes de vies ou de sérieuses blessures.
2. Sérieux – Un incendie pourrait causer des pertes de temps par blessures, ou entraîner une hospitalisation.
3. Significatif – Il faudrait évacuer les véhicules mais on n'enregistrerait pas de blessures.
4. Négligeable – Pas de blessures ni d'évacuation requise.

4.2.2 Définitions APTA de fréquence

Les définitions de fréquence établies par l'APTA sont :

1. Fréquent – Plus de deux occurrences par année ou une occurrence par 6×10^6 milles parcourus par le véhicule
2. Probable – Plus d'une occurrence par 3 ans ou $3,6 \times 10^7$ milles parcourus par le véhicule, mais moins que deux occurrences par année ou par 6×10^6 milles parcourus par le véhicule
3. Occasionnel – Plus d'une occurrence par 15 ans ou 2×10^8 milles parcourus par le véhicule, mais moins qu'une occurrence par 3 ans ou 3×10^7 milles parcourus par le véhicule
4. Peu de chance – Plus d'une occurrence par 75 ans ou 10^9 milles parcourus par le véhicule
5. Improbable – Moins d'une occurrence par 75 ans ou 10^9 milles parcourus par le véhicule

La matrice d'index de risque utilisée pour établir la catégorie de risque spécifique, en fonction de la sévérité et de la fréquence, est montrée au tableau 5.

Tableau 5. Matrice de risque

APTA Fréquence	Importance des conséquences			
	Catastrophique 1	Sérieux 2	Significatif 3	Négligeable 4
Fréquent (1)	1	1	1	3

Probable (2)	1	1	2	3
Occasionnel (3)	1	2	2	4
Peu de chance (4)	2	2	3	4
Improbable (5)	3	3	3	4

Étant donné que l'on ne s'attend pas à ce que les dommages aux voitures n'occasionnent de blessures sérieuses, les conséquences d'une explosion potentielle pourraient être considérées « significatives » d'après les définitions de l'APTA décrites ci-dessus, et potentiellement sérieuses si un individu était gravement blessé. La fréquence estimée d'une explosion survenant quand le train est dans le périmètre $2,0 \times 10^{-5}$ ($1,2 \times 10^{-3} \times 0,017$) est d'une magnitude 3 fois moins importante que le niveau supérieur d'improbabilité. Le classement de risque général est donc établi à 3 (acceptable, moyennant examen par la direction), mais étant donné la très faible probabilité d'occurrence, il peut même être établi à 4 (acceptable).

4.3 Risque individuel

À ce point, l'analyse s'est surtout portée sur le taux d'accidents mortels pour le train. Une autre mesure qui est utilisée dans l'évaluation des risques est le risque individuel. Le risque individuel est le risque auquel un seul individu pourrait être exposé s'il était présent à « temps plein » dans le lieu potentiel. Dans ce cas particulier, il y a 3 manières de définir ce qui est considéré comme du « temps plein », soit 24 h/jour, 40h/semaine, ou le temps pendant lequel le train est présent sur les lieux. Pour les environnements résidentiels, on établit ce risque à 24 h/jour, car une certaine partie des résidents sont effectivement à la maison 24 h sur 24, du moins à certaines périodes. Pour les environnements de travail, la valeur de 40 h/semaine est souvent utilisée pour représenter le risque d'un travailleur typique. Dans le cas du train, un banlieusard typique fera deux parcours par jour, un vers le centre-ville, l'autre vers son domicile, et sera seulement exposé au risque de l'entrepôt de GD pendant son parcours. Dans ce cas, le total du temps d'exposition par banlieusard pourrait être approximativement de 21 minutes/semaine. La pire situation concerne les employés de l'AMT, qui pourraient être sur chaque train traversant cette zone, chaque jour de la semaine. Ceci correspond à une exposition de 2,8 heures/semaine. C'est ce dernier temps d'exposition qui sera pris comme base de calcul de risque individuel dans cette étude.

Le risque total pour l'individu le plus exposé pourrait être un de ces trois types de risque :

- ◆ Risques liés au souffle d'une explosion : 2.0×10^{-9} ($1.2 \times 10^{-3} \times 0.017 \times 0.0001 \times 1$)
- ◆ Risques liés à la projection de débris : 2.9×10^{-8} ($1.2 \times 10^{-3} \times 0.017 \times 0.4 \times 13142 \times 0.5$)
- ◆ Risques liés aux munitions non explosées : 2.4×10^{-9} ($1.2 \times 10^{-3} \times 0.017 \times 0.017 \times 1/142$)

La somme des risques pour l'individu pour ces trois risques est $3,3 \times 10^{-8}$ accidents mortels/an.

4.4 Comparaison avec les autres risques de transport

Pour mettre les risques présentés ici en perspective, le taux d'accident mortel peut être comparé aux données de risques de transport dans toute l'industrie. En général, on peut les exprimer comme un nombre d'accidents mortels par passager/km afin de pouvoir obtenir une comparaison significative par rapport aux moyens de transport alternatifs. Pour le tronçon de voie envisagé qui pourrait être exposé à une menace d'explosion accidentelle à l'entrepôt de GD, l'information suivante pourrait être utilisée pour calculer le nombre attendu de passager/km touchés.

- ◆ Tronçon de voie exposé : $\pm 2,0$ km
- ◆ Nombre de trains par semaine : 80 (16 trains par jour, 5 jours par semaine)
- ◆ Nombre moyen de passagers par train : 256

Par conséquent, ce tronçon de voie représente $2,1 \times 10^6$ passager/km par année de transport.

4.4.1 Statistiques sur les accidents de trains canadiens de voyageurs

Les statistiques suivantes relatives aux trains peuvent être utilisées :

- ◆ En accord avec le BST⁵ * (Bureau de la sécurité des transports du Canada), il y a eu 2 accidents mortels et 7 blessures sérieuses (parmi les voyageurs et les employés) en 2005 (données les plus récentes) pour le transport ferroviaire au Canada,
- ◆ Transports Canada⁶ rapporte que le nombre de voyageurs/milles au Canada était de $1,478 \times 10^9$ voyageurs/km en 2005 (données les plus récentes).

De ces données, le nombre d'accidents mortels par voyageurs/km par année est de $1,4 \times 10^{-9}$ (nombre de blessures : $4,7 \times 10^{-9}$). Pour le même taux d'utilisation voyageurs/km que le tronçon de voie considéré dans ce rapport, le taux prévu d'accidents mortels pourrait être de $2,9 \times 10^{-3}$ /an ($2,1 \times 10^6 \times 1,4 \times 10^{-9}$) ou 1/344 an.

4.4.2 Statistique sur les accidents de la route

Si le train ne desservait pas ce secteur, l'alternative pour les banlieusards serait de voyager en automobile. Si on suppose que les conducteurs font la navette sur une distance similaire, il est pertinent de comparer les risques liés au tronçon de voie en cause aux risques liés à un tronçon de route comparable. Les statistiques sur les collisions de véhicules routiers pour 2005⁷ révèlent que le taux d'accidents mortels au Québec était de 17 accidents mortels par million de véhicules/milles. Le nombre de blessures sérieuses

⁵ Bureau de la sécurité des transports du Canada, bst-tsb.gc.ca/en/stats/rail/2005/statsummaryrail05_sec2.asp

⁶ Voir le site de Transports Canada, www.tc.gc.ca, Transport Canada (ACACB) et de Statistique Canada, Rapport annuel des transports par rail

⁷ Voir le Site Web de Transports Canada, www.tc.gc.ca/roadsafety/tp/tp3322/2005/page5.htm

pour la même période (± 8 % des blessures totales) était d'environ 112 par million de véhicules/milles. Pour le même nombre de véhicules/milles que le tronçon de voie exposé de l'itinéraire proposé du train, le taux d'accident mortel pourrait être de $2,2 \times 10^{-2}$ /an (1/45 ans) et le risque annuel de blessure sérieuse pourrait être de $1,4 \times 10^{-1}$ /an ($\pm 1/7$ ans).

4.4.3 Sommaire des statistiques de transport

Une comparaison entre les statistiques de transport est résumée au tableau 6.

- ◆ Dans le cas du train, le taux d'accident mortel dû à des explosions accidentelles sur le site de GD serait de un par 1 400 000 ans.
- ◆ Dans le cas des trains voyageurs en général, le taux d'accident mortel pour le même nombre de voyageurs/km pourrait être de un sur 345 années et de une blessure sérieuse sur 100 ans.
- ◆ Dans le cas des véhicules sur route, le taux d'accident mortel pourrait être du un par 45 ans et de une blessure sérieuse sur 7 ans.

Tableau 6. Comparaison des statistiques sur les risques pour les trains et les automobiles

Événement	Train (explosion)	Train (autres risques)	Automobiles (Québec)
Accidents mortels par an	1 400 000	345	45
Blessures sévères par an	Non comptabilisé	100	7

Cette comparaison montre qu'un passager du train est 3 900 fois plus susceptible d'être tué suite à des opérations et accidents de train typiques sur la même étendue de voie que suite à une explosion accidentelle à l'entrepôt de GD. Ce qui signifie que l'itinéraire de train proposé augmente le risque pour les occupants de moins de 0,03 % par rapport à tout autre itinéraire, en supposant que la distance du trajet demeure inchangée si un autre itinéraire était utilisé. Cela indique aussi que, pour la même distance de trajet, le transport sur route présente un risque qui est 30 000 fois plus élevé qu'une circulation au voisinage de l'entrepôt de GD.

4.5 **Recommandations**

La construction de la voiture décrite dans la section 3.0 peut être considérée adéquate pour atténuer le risque pour les passagers d'une explosion dans l'aire de stockage. Le risque d'un accident mortel dû au souffle d'une explosion est d'environ 5×10^{-7} et le risque d'un accident mortel imputable à la projection de débris est d'une manière prudente estimé à $7,4 \times 10^{-7}$. Ces risques sont de 3 900 à 30 000 fois moins importants que le risque pour les passagers des trains ou des automobiles pour la même distance parcourue.

Le risque pour l'individu le plus exposé (i.e., train de voyageur) est de $3,3 \times 10^{-8}$ accidents mortels/an. Ceci est bien en deçà du critère de 10^{-6} accidents mortels/an qui est appliqué à certaines analyses de risques dans des installations industrielles.

De ces comparaisons, on peut conclure que l'itinéraire de train proposé n'augmente pas appréciablement le risque pour les passagers d'être soumis aux autres dangers (i.e., risques normaux des transports et des industries). Il est recommandé que l'AMT concentre ses efforts sur

la réduction des risques liés aux opérations normales du train plutôt que sur la réduction des risques liés à un accident sur le site de GD.

5.0 SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

Les risques associés à l'emplacement retenu pour la ligne de train sont petits et beaucoup plus faibles que les risques évalués selon les critères de l'APTA, ou que les risques auxquels sont exposés les occupants des trains de voyageurs en général, et que les risques encourus par les usagers de la route.

Les structures des voitures sont robustes (elles équivalent aux structures résistant aux explosions sur le terrain), et les calculs et comparaisons des données de test indiquent qu'elles pourraient seulement souffrir de dommages esthétiques dans l'éventualité d'un incident. Les risques les plus élevés pour les passagers en ce qui a trait à l'entrepôt de GD correspondent à la projection d'un morceau de gros débris dans la fenêtre d'une voiture.

Les risques sont suffisamment faibles pour qu'il ne soit pas nécessaire de prévoir des mesures d'atténuation. Cependant, une berme en terre sera construite le long de la voie ferrée en utilisant les déblais produits lors des travaux de terrassement, et intercepterait les fragments projetés vers le train. Elle sera construite aussi pour cacher la vue à partir du train vers le site et les équipements de GD. Pour bloquer la vue du site, la berme doit seulement être plus élevée que le haut de la fenêtre de la voiture de passagers (4 m). Les talus de la berme du côté de la voie ferrée et du côté de GD pourraient être aménagés en pente afin d'assurer la stabilité de la berme. Un exemple de berme est présenté ci-après.

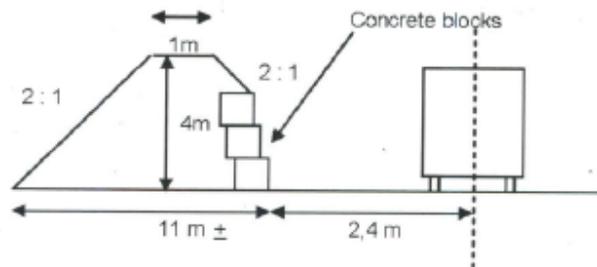


Figure 9. Exemple de berme et de dégagement requis pour une voiture

L'AMT a l'intention de construire une telle berme et de mettre en place une série d'autres mesures afin d'augmenter encore plus la sécurité des passagers. Ces mesures visent à minimiser le temps de passage le long du site de GD et à réduire les possibilités que le train de l'AMT ait à arrêter ou à ralentir à l'intérieur de la distance de séparation D7⁸ du site de GD.

Aperçu des mesures envisagées :

- La voie ferrée sera conçue pour permettre la circulation des trains à 45 mph dans la section du tracé située dans la zone D7.
- On utilisera les nouvelles locomotives bi-modes pour le train de l'Est, équipées de deux moteurs diesel fonctionnant simultanément. Ces locomotives peuvent fonctionner avec seulement un moteur diesel, ce qui signifie qu'un arrêt de la locomotive causé par une panne simultanée des deux moteurs est hautement improbable.

⁸ La distance D7 est la distance d'éloignement requise pour les routes très achalandées et pour les bâtiments où des personnes peuvent se rassembler.

- Le plan des mesures d'urgence précisera que les passagers ne devront pas être évacués dans la zone D7. À cette fin, une locomotive en attente sera utilisée pour venir pousser le train jusqu'à la prochaine gare.
- Les réservoirs de carburant diesel de la locomotive seront compartimentés (en 4 parties au moins) et le dessous des réservoirs sera à au moins 15 pouces au-dessus des rails, comparativement aux 12 pouces des locomotives ordinaires. Ceci afin de réduire les risques de fuite de carburant dans le tunnel Mont-Royal. Cette mesure devrait également réduire la probabilité d'un feu dans le cas où la locomotive serait frappée par des débris résultant d'un incident sur le site de GD.
- Un chasse-pierres ou un système semblable sera installé à l'avant de la locomotive afin de réduire les probabilités que des débris fassent dérailler le train.
- Un pont d'étagement est proposé au croisement du boulevard Pierre-Le-Gardeur et de la voie ferrée afin qu'aucun conflit entre les usagers de la route et le train ne puisse causer l'arrêt du train dans la zone D7. Une nouvelle voie ferrée sera construite entre Repentigny et Charlemagne pour les trains de l'AMT; ainsi, le train de l'AMT n'aura pas à arrêter pour laisser passer un train de marchandises du CN, ce qui diminuera la possibilité que le train ait à arrêter dans la zone de distance D7 des entrepôts de GD.