



Les "Turbos giratoires", sont-ils la meilleure solution?

Jordan Belovski, ing., P.E., M.Sc.

+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

+ Les giratoires de type alternatif

+ Les turbos giratoires

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

+ Comparaison des giratoires conventionnels et turbos

+ Résultats

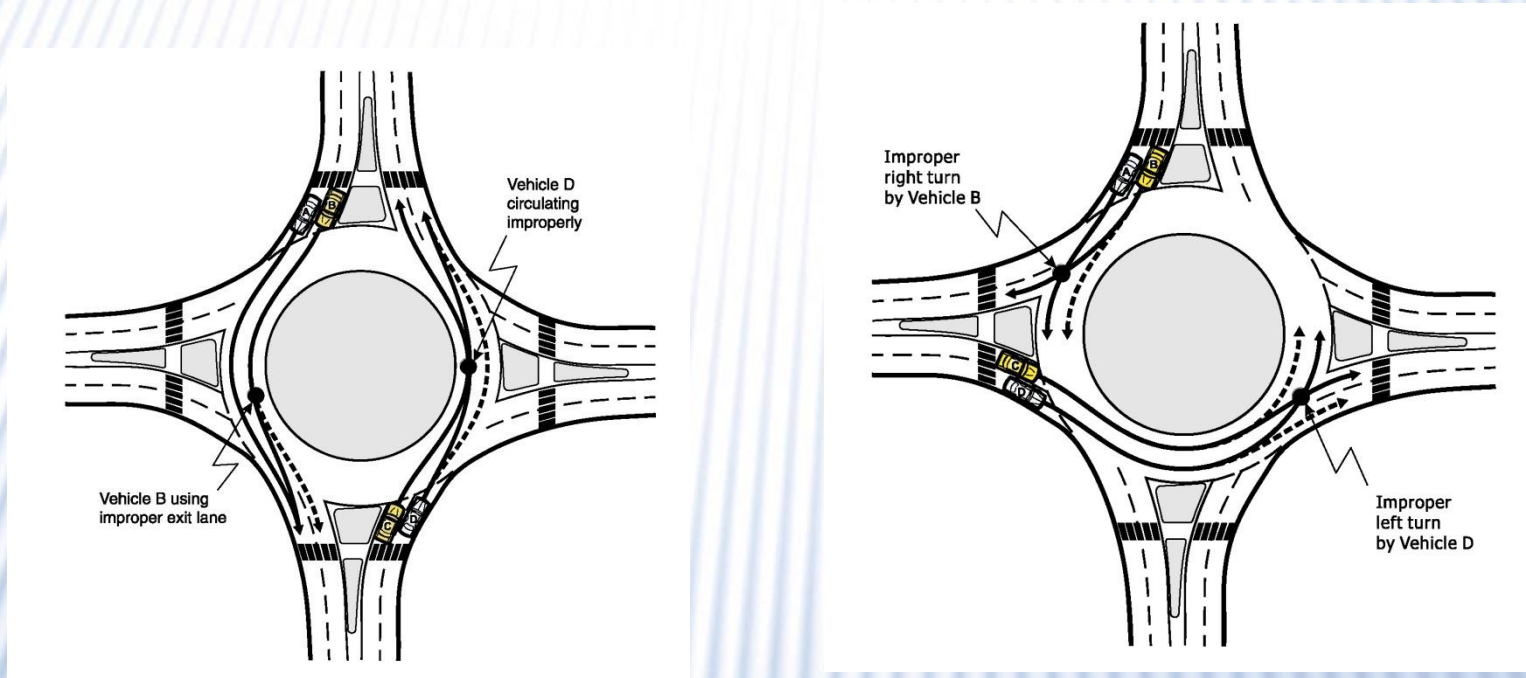
+ Conclusion

+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

Depuis quelques années déjà, un nombre croissant d'analyses dans différents pays révèlent des caractéristiques de sécurité routière inadéquates des giratoires «classiques» à deux voies et plus.

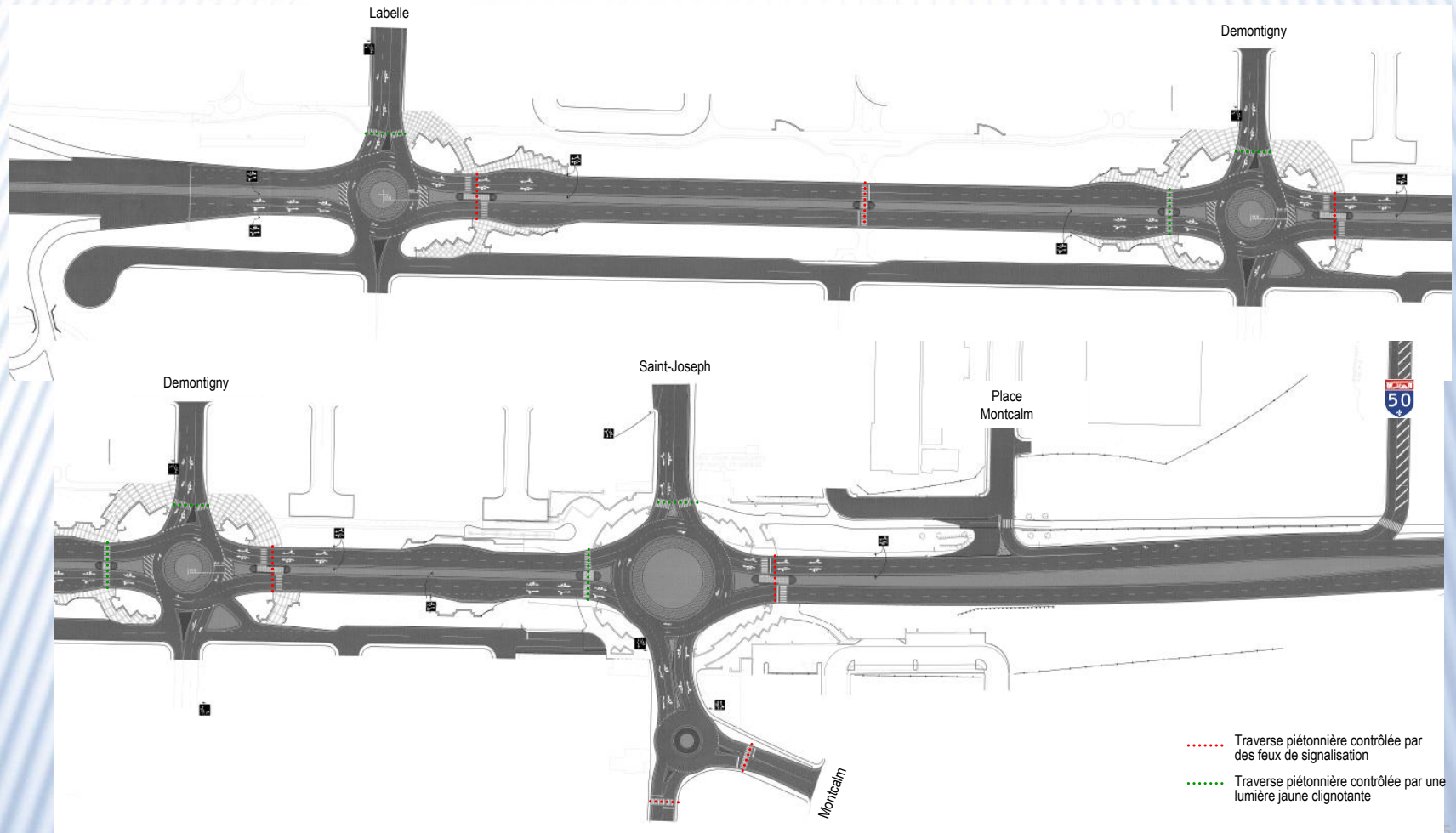
+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

Les principaux conflits des giratoires classiques à deux voies sont :



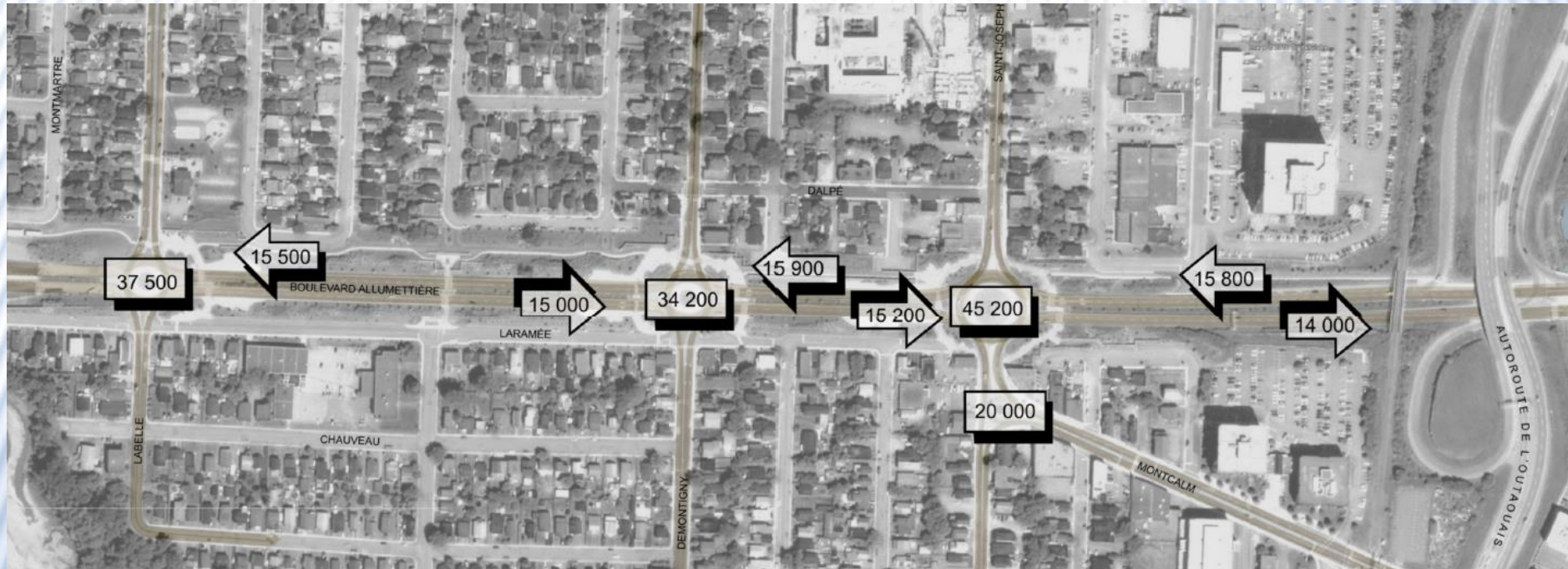
Le chemin curviligne qui permet une friction latérale (collisions latérales) et entrecroisement des chemins dans l'anneau et aux sorties

+ Problèmes et analyses des carrefours giratoires



Ville de Gatineau, QC

+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies



Ville de Gatineau, QC

+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies



+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

+ **Les giratoires de type alternatif**

+ Les turbos giratoires

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

+ Comparaison des giratoires conventionnels et turbos

+ Résultats

+ Conclusion

+ Les giratoires de type alternatif

À cause de ces problèmes de sécurité, beaucoup de pays cherchent des solutions afin d'améliorer la situation. Aujourd'hui, après déjà plusieurs années d'utilisation des carrefours giratoires, les idées d'un

«carrefour giratoire idéal»

se multiplient, sans encore aboutir à un consensus quant aux règles de conception à appliquer.

+ Les giratoires de type alternatif

Ainsi, plusieurs nouveaux types de giratoires ont été inventés et ils ont été appelés « Les types alternatifs ». Certains d'entre eux sont:

- type assemblé, hamburger, haltère – déjà aménagés à plusieurs endroits à travers le monde;**
- type turbo, os de chien, giratoire compact à demi-deux voies – ceux sont des types récents observés seulement dans certains pays;**
- type turbo-carré, fleur, cible, survol (avec voie de virage à gauche continue) – ces types sont encore en phase de développement .**

+ Les giratoires de type alternatif

Toutefois, la recherche sur ces différents types de giratoires a duré si longtemps que vers la fin, le nombre de véhicules, leur taille, leur vitesse, leur capacité d'accélération, etc., ont déjà radicalement changé.

On peut dire la même chose quant à la perception des conducteurs durant la conduite et leurs attentes vis-à-vis les infrastructures routières.

Actuellement, la recherche et le développement sont toujours en cours et il est possible de s'attendre à une certaine réussite, sans trop espérer avoir une découverte révolutionnaire qui va régler tous les problèmes.

+ Les giratoires de type alternatif

De plus, les différents pays abordent les problèmes de différentes façons et, en effet, les solutions ne sont pas aussi nombreuses, si bien que l'augmentation de la sécurité dans les giratoires à voies multiples peut être atteinte qu'en :

- diminuant le nombre de voies de circulation dans l'anneau: cela réduit la capacité du giratoire;**
- augmentant le diamètre du giratoire (ce qui augmente la longueur d'entrecroisement dans l'anneau, mais aussi la vitesse): solution trop chère;**
- diminuant le nombre de points de conflit : meilleure solution comme compromis entre l'investissement requis d'un côté et l'augmentation de la capacité et du niveau de sécurité d'un autre.**

+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

+ Les giratoires de type alternatif

+ **Les turbos giratoires**

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

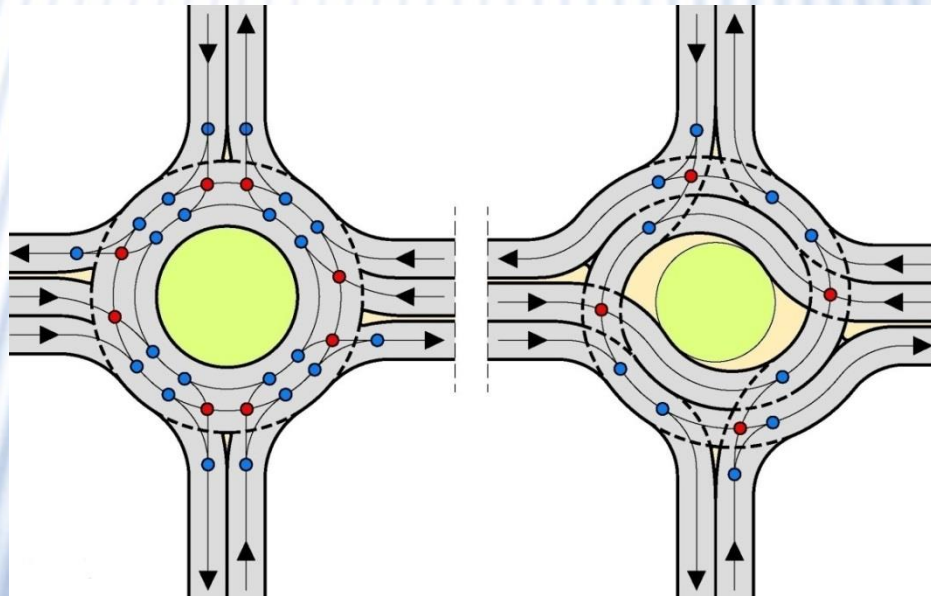
+ Comparaison des giratoires conventionnels et turbos

+ Résultats

+ Conclusion

+ Les turbos giratoires

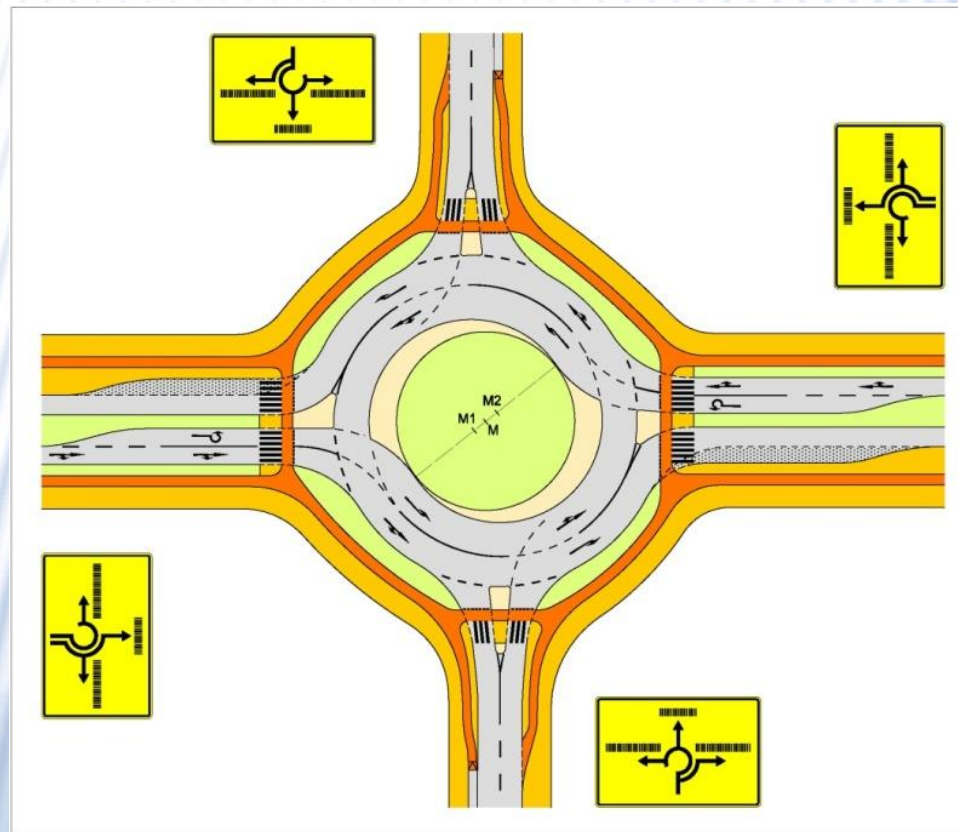
Le type de giratoires qui diminue donc les points de conflit, est un aménagement particulier conçue pour accroître la sécurité tout en améliorant ou, dans le pire des cas, préservant la capacité. Ce type de giratoire est « le turbo giratoire ».



Le nombre de points de conflit passent de 30 à 14.

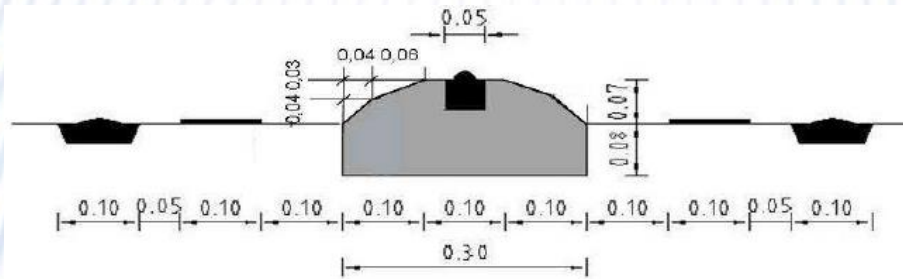
+ Les turbos giratoires

L'élément donc le plus important du turbo giratoire est le mouvement en spirale qui élimine la possibilité d'entrecroisement.



+ Les turbos giratoires

Une autre caractéristique importante est l'implantation de bordures franchissables, empêchant le changement de voies. Cela permet d'éviter certaines des collisions les plus fréquentes que l'on a vues dans les giratoires classiques.



Et alors, est-ce que réellement les turbos giratoires sont plus sécuritaires que les giratoires classiques?

+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

+ Les giratoires de type alternatif

+ Les turbos giratoires

+ **Accidents potentiels des turbos giratoires**

+ Comparaison des giratoires conventionnels et turbos

+ Résultats

+ Conclusion

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

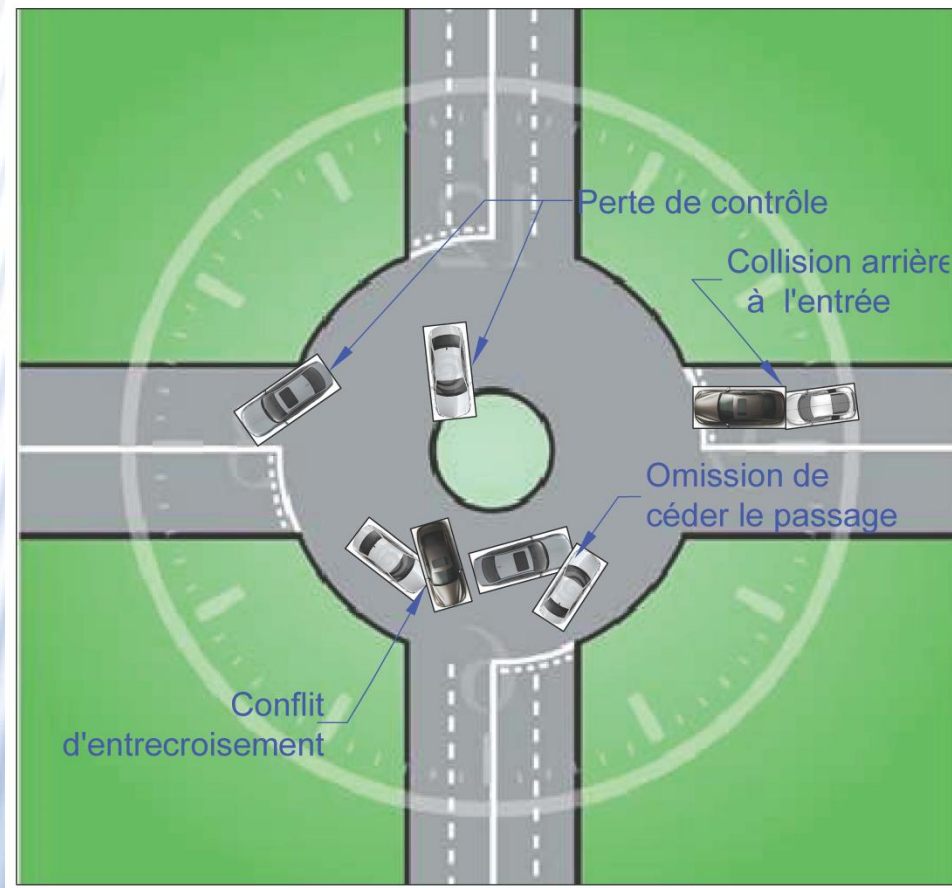
Dans le résumé de Raffaele Mauro, professeur associé en routes du département de génie mécanique de l'université de Trento, et Marco Cattani, ingénieur civil et directeur de « Trentino Mobilita » aussi à Trento en Italie, nous pouvons voir l'application d'un modèle de taux d'accidents potentiels, faite pour les turbos giratoires et visant à évaluer l'amélioration de leur sécurité.

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Le modèle est basé sur le concept de «conflit potentiel» : chaque véhicule impliqué dans la traverse d'un giratoire, s'engage sous un certain angle et effectue une série de manœuvres qui peuvent ou non l'impliquer dans un accident selon les conditions réelles du trafic. Le nombre d'accidents liés à chaque manœuvre critique est proportionnel, via un coefficient c_i , au nombre de fois où cette manœuvre est effectuée à l'entrée ou dans le giratoire.

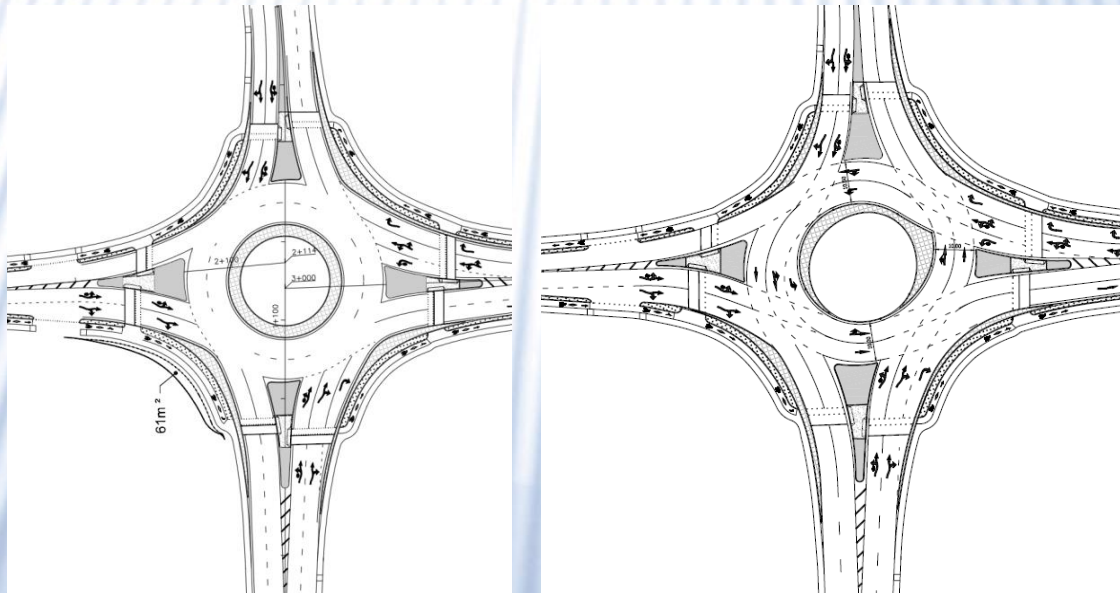
+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Pour appliquer ce concept aux carrefours giratoires, il a été nécessaire d'identifier les manœuvres risquées qui surviennent en traversant les giratoires:



+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Ce modèle, calibré pour des giratoires à deux voies, a été adopté afin de comparer les performances de sécurité des turbos giratoires avec les giratoires classiques à deux voies et à évaluer également, pour les turbos giratoires, l'effet de l'absence de collisions latérales sur le taux global d'accidents.



+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Étant donné que le concept du modèle est fait sur l'évaluation du nombre de conflits potentiels, quatre critères ont été utilisés pour chacune des quatre typologies de collisions envisagées :

1. Collision pour ne pas avoir céder le passage – le nombre de conflits potentiels assume que les créneaux qui sont nettement inférieurs au créneau critique sont toujours écartés, alors que ceux qui sont supérieurs, ne sont pas considérés comme risqués. Les situations dangereuses se produisent quand il y a des créneaux avec une longueur proche de la longueur critique.

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Par conséquent, cette bande de créneaux «dangereux» a été établie entre $t_{inf} = 3$ sec et $t_{sup} = 5$ sec, avec une valeur moyenne inférieure au créneau critique moyen, qui varie de 4,1 à 4,6 sec selon le « Highway Capacity Manual ».

2. Collision pour perte de contrôle du véhicule – la collision pour perte de contrôle du véhicule peut se produire à l'entrée, à l'intérieur de l'anneau ou à la sortie du giratoire.

Les cas qui obligent le conducteur à attendre un créneau favorable entre les véhicules en mouvement sont également exclus.

Le nombre de conflits potentiels par heure est donc :

$$N_2 = Q_e * P(0) * e^{-Q_c * t_c}$$

où Q_e est le nombre de véhicules du flux entrant

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Il découle donc de la probabilité $P(0)$ (de n'avoir aucun véhicule en attente à l'entrée) et de la probabilité d'avoir un véhicule entrant, qu'il va trouver un créneau supérieur au créneau critique $e^{-Q_c \cdot t_c}$.

3. Collision arrière – la collision pour perte de contrôle du véhicule peut se produire à l'entrée, à l'intérieur de l'anneau ou à la sortie du giratoire. Pour ce type de crash il faut avoir au moins un véhicule en attente, p.ex. à l'entrée du giratoire. La collision arrière peut se produire si le véhicule de la file d'attente ne parvient pas à s'arrêter à temps. Dans ce cas, le nombre de conflits potentiels horaire est :

$$N_3 = Q_e * (-P(0))$$

De même, pour les collisions arrières, le nombre de voies implique seulement qu'il pourrait être nécessaire de calculer deux valeurs de $P(0)$, une pour chaque voie.

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

4. Collision d'entrecroisement à l'entrée ou à la sortie – lorsque deux véhicules sont impliqués, cette typologie est principalement liée au conflit potentiel entre les véhicules sortant du giratoire depuis la voie intérieure de l'anneau et les véhicules circulant sur la voie extérieure (vers la sortie suivante). Le nombre de conflits potentiels N_4 est donc similaire à N_{1b} , sans devoir considérer de possibles files d'attente.

$$N_4 = Q_{out,int} * t_{coll} * Q_{c,ext}$$

À partir de la formulation présentée, il est clair que le nombre total de conflits potentiels horaires dépend des volumes entrants des différentes approches (Q_e), mais il n'est pas directement proportionnel à ces volumes.

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Le nombre de conflits potentiels N_i d'un giratoire est défini en fonction des données de circulation. Pour évaluer le taux d'accidents potentiels, il est nécessaire de connaître les coefficients c_i qui montrent combien de fois, en moyenne, un accident est enregistré par rapport au nombre de conflits potentiels.

Ces coefficients ont été évalués avec une calibration du modèle, réalisée en analysant les données réelles du trafic et les données réelles des accidents, colligées sur six giratoires à Trente, en Italie: trois à une voie et trois à deux voies.

Les données de trafic proviennent de compteurs automatiques qui fournissent des mesures 24 heures.

27

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

La principale différence entre les turbos giratoires et les giratoires conventionnels demeure dans l'absence de conflits en sortant, qui sont éliminés principalement par le mouvement en spirale et aussi, par les séparateurs de voies aux entrées et dans l'anneau.

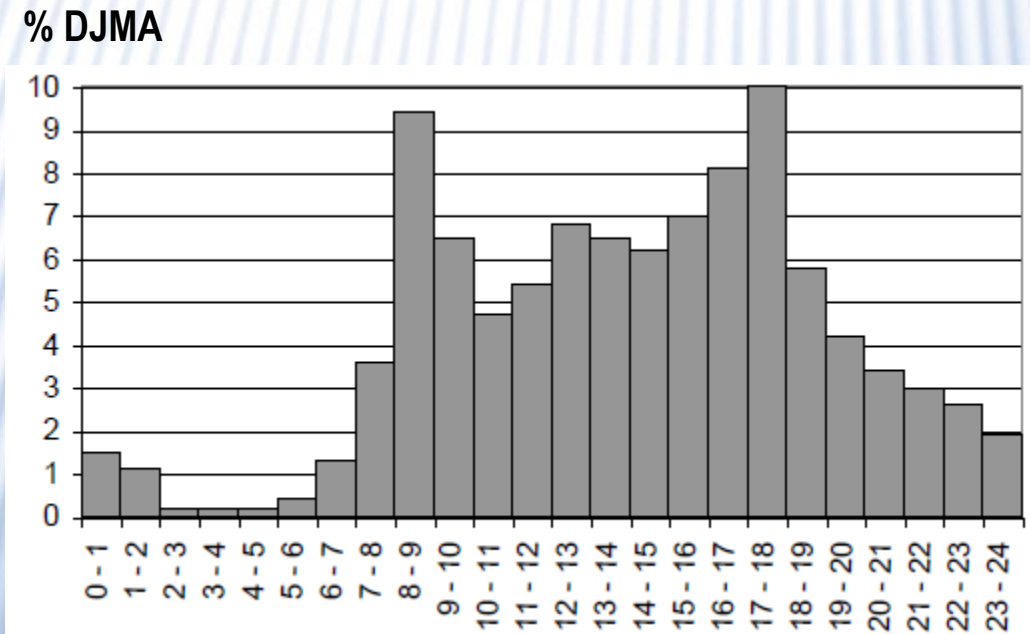
Cependant, les règles de fonctionnement des turbos giratoires sont essentiellement les mêmes que celles des carrefours «classiques»: les conducteurs entrants doivent céder le passage aux véhicules dans l'anneau. Dans les deux cas, on peut donc s'attendre à ce que les rapports entre les conflits potentiels et les accidents réels soient à peu près les mêmes, c'est-à-dire les coefficients du modèle de taux d'accidents potentiels sont similaires.

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

Le test a été réalisé en définissant des conditions de trafic standard spécifiques, consistant en des volumes quotidiens moyens exprimés par le vecteur

$DJMA = [10000, 2000, 10000, 2000]$

et une répartition des flux le long de la journée.



+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

+ Les giratoires de type alternatif

+ Les turbos giratoires

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

+ **Comparaison des giratoires conventionnels et turbos**

+ Résultats

+ Conclusion

+ Comparaison entre les giratoires conventionnels et les turbos giratoires

Les matrices retenues pour les comparaisons sont les suivantes :

Giratoire classique à 2 voies

	1	2	3	4
1	0	0	30%	70%
2	70%	0	0	30%
3	30%	70%	0	0
4	0	30%	70%	0

Turbo giratoire

	1	2	3	4
1	0	30%	100%	100%
2	100%	0	0	40%
3	100%	100%	0	30%
4	0	40%	100%	0

Les valeurs indiquent la part de véhicules entrant sur la voie de gauche (P_{gauche}), pour chaque approche. Par exemple, $P_{\text{gauche } 3,1} = 30\%$ signifie que les véhicules circulant de l'approche 3 vers l'approche 1 entrent dans le giratoire 30% sur la voie de gauche et de 70% sur la voie de droite.

+ Comparaison entre les giratoires conventionnels et les turbos giratoires

Le pourcentage d'utilisation de la voie

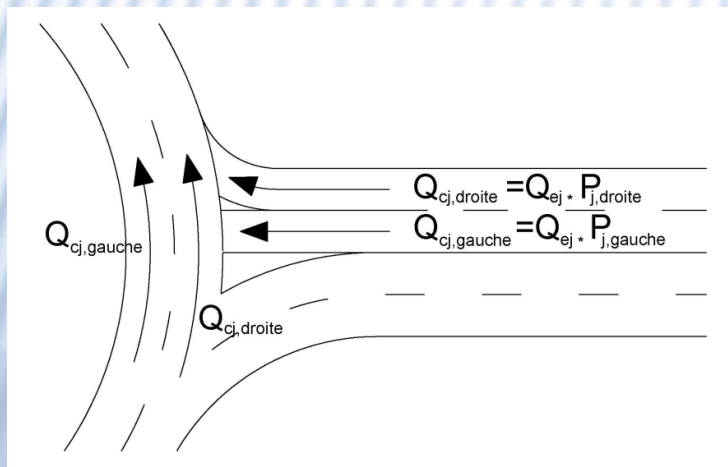
$$P_{\text{gauche}} \text{ et } P_{\text{droite}}, \text{ avec } P_{\text{gauche}} + P_{\text{droite}} = 1$$

conduit au calcul des valeurs Q_e et Q_c relatives aux deux voies

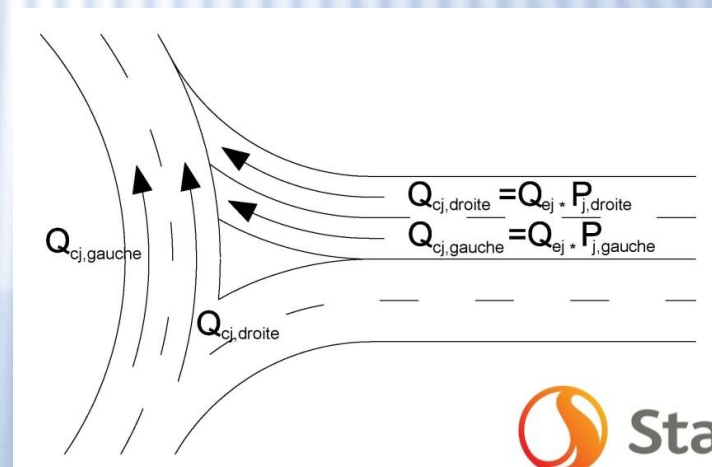
($Q_{e, \text{gauche}}$, $Q_{e, \text{droite}}$ et $Q_{c, \text{gauche}}$, $Q_{c, \text{droite}}$ respectivement).

Pour déterminer le débit circulant, les véhicules entrant dans la voie de gauche sont supposés se déplacer sur la voie de gauche (intérieure), tandis que les véhicules entrant dans la voie de droite resteront sur la voie de droite (extérieure).

Distribution des flux dans le turbo giratoire



Distribution des flux dans le giratoire classique



+ Problèmes des giratoires classiques à 2 voies

+ Les giratoires de type alternatif

+ Les turbos giratoires

+ Accidents potentiels des turbos giratoires

+ Comparaison des giratoires conventionnels et turbos

+ **Résultats**

+ Conclusion

+ Résultats

Les tableaux suivants résumant les résultats de la comparaison pour les deux concepts considérés: le tableau 1 et le tableau 2 montrent les conflits potentiels et le taux d'accidents potentiels pour les giratoires conventionnel et turbo à deux voies et avec quatre approches; il est clair qu'à côté des différences non négligeables en termes de conflits potentiels, dans les deux exemples, les résultats finaux, c'est-à-dire les taux d'accidents potentiels des turbos giratoires sont fortement réduits. L'importance de ce gain dépend du trafic et diminue en considérant les accidents avec blessures au lieu d'accidents totaux, mais la différence est certainement significative. L'exemple le plus représentatif des conditions de circulation réelle est celui où les turbos giratoires réduisent les accidents totaux d'environ 40-50% et les accidents avec blessés de 25-30%.

34

Conflits potentiels pour les giratoires conventionnels et turbos

Tableau 1

Type d'accident	Conflits potentiels annuels		
	Giratoire classique à 2 voies	Turbo giratoire	Différence (%)
Omission de céder après arrêt	60.299	176.167	192.00%
Omission de céder sans s'arrêter	812.104	656.149	-19.00%
Perte de contrôle	6789.144	5675.306	-16.00%
Collision arrière	1424.534	2405.151	69.00%
Collision d'entrecroisement à la sortie	91.719	-	-100.00%

Taux d'accident potentiels pour les giratoires conventionnels et turbos

Tableau 2

Type d'accident	Conflits potentiels annuels					
	Giratoire classique à 2 voies		Turbo giratoire		Différence (%)	
	Total des accidents	Accidents avec blessés	Total des accidents	Accidents avec blessés	Total des accidents	Accidents avec blessés
Omission de céder après arrêt	0.10	0.04	0.30	0.11	200.00%	175.00%
Omission de céder sans s'arrêter	1.38	0.53	1.12	0.43	-19.00%	-19.00%
Perte de contrôle	0.75	0.10	0.62	0.09	-17.00%	-10.00%
Collision arrière	0.33	0.13	0.55	0.21	67.00%	62.00%
Collision d'entrecroisement à la sortie	1.74	0.30	-	-	-100.00%	-100.00%
Total 4	4.30	1.10	2.59	0.84	-40.00%	-24.00%
Total 1	3.66		0.96		-27.00%	
Total 2	7.19		1.92		-48.00%	
Total 3	16.34		3.50		-51.00%	
Total 5			1.40		-91.00%	

- + Problèmes des giratoires classiques à 2 voies
- + Les giratoires de type alternatif
- + Les turbos giratoires
- + Accidents potentiels des turbos giratoires
- + Comparaison des giratoires conventionnels et turbos
- + **Résultats**
- + Conclusion

+ CONCLUSION

En principe, le modèle a été défini et calibré pour les giratoires classiques et le résultat obtenu pour l'omission de céder après arrêt est impacté par l'entrée à 90° des turbos giratoires, mais le résultat est probablement plus significatif qu'en réalité.

Par conséquent, l'utilisation du modèle pour déduire le taux d'accidents potentiels des turbos giratoires ne peut donner qu'une indication préliminaire seulement des avantages en termes de sécurité que le concept peut apporter. Notons aussi que la comparaison a considéré des configurations «idéales», sans toutefois étudier tous les effets des nombreuses variations possibles des caractéristiques géométriques des différents types de giratoire.

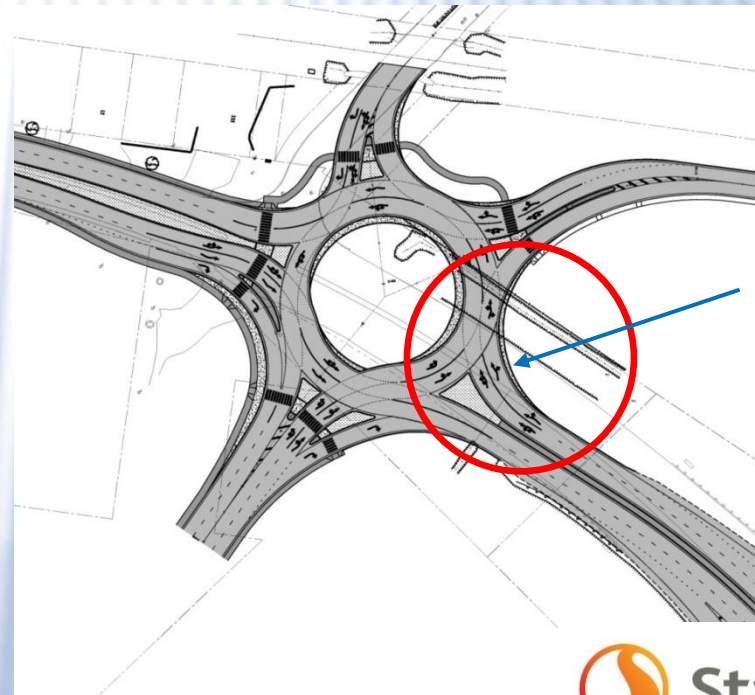
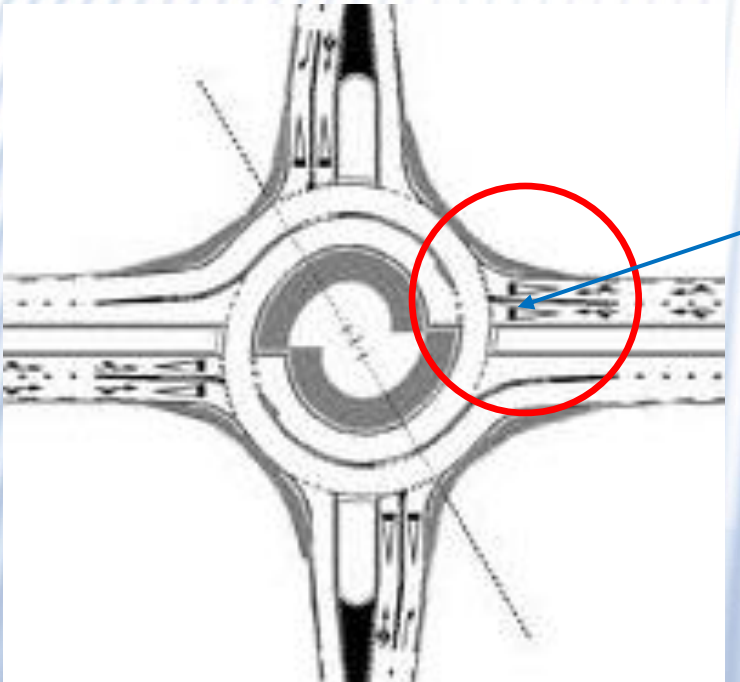
+ CONCLUSION

Mais même en tenant compte de toutes ces limitations, les résultats semblent avoir une grande importance: dans les différentes conditions de circulation analysées, par rapport aux giratoires classiques, les turbos giratoires permettent de réduire le nombre total d'accidents potentiels entre 40% et 50% et de réduire le nombre d'accidents potentiels avec blessures entre 20% et 30%.

La fiabilité de ces conclusions est strictement liée à la capacité du modèle qui est calibré à partir de l'analyse des giratoires conventionnels afin d'évaluer les conditions de circulation des turbos giratoires.

+ CONCLUSION

Ainsi, si on remplace l'entrée à 90° des turbos giratoires par une entrée similaire aux giratoires classiques tout en gardant les mouvements en spirale, nous devons nous attendre à une réduction du nombre total d'accidents encore plus significative.



+ CONCLUSION

Toutefois, il ne faut pas oublier que les résultats de cette étude sont basés sur la présence de bordures franchissables. Au Québec, avec la neige qu'il faut enlever durant la période hivernale, il semble que cet aspect propre aux turbos giratoires est difficilement applicable (mais pas impensable!).

+ CONCLUSION

En conclusion, nous pouvons statuer qu'une quinzaine d'années après leur découverte, il n'y a pas encore de lignes directrices uniformes pour la conception des turbos giratoires, car la situation dans chaque pays est différente des autres.

En effet, la plupart des pays ont leurs propres lignes directrices qui se limitent aux giratoires classiques pour l'instant et qui sont, dans la mesure du possible, adaptées à leurs besoins.

+ CONCLUSION

Il ressort donc que, dans le cas du concept "giratoire", il n'y a pas "juste une vérité" !!!

Par conséquent, chaque pays a besoin de «marcher sur son propre chemin», même si c'est peut-être le chemin le plus lent et le plus difficile, mais c'est quand même le moyen le plus sûr!

Copier l'expérience étrangère verbatim pourrait s'avérer dangereux et pourrait conduire à des effets qui sont complètement opposés à nos attentes (Prof. Tomaz Tollazzi, Ph.D., Université de Maribor, Faculté de Génie Civil, Slovénie).

+ CONCLUSION

Alors, essayez de prendre les meilleurs éléments de tout ce que vous savez sur les giratoires et trouvez vous-même

« le concept idéal ».

Il est quelque part là, entre vos mains!!!

+ CONCLUSION

Et il ressemble probablement à ...



Merci de votre attention de la part des
CHEVALIERS DE LA TABLE GIRATOIRE!