

# **LA RECONSTITUTION D'ACCIDENTS**

par

Karsten Baass

et

Pierre-Luc Grenon

Mars 2008

## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Chapitre 1 - Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>Chapitre 2 - Détermination de la vitesse initiale à partir des traces de freinage .....</b>	<b>6</b>
Les traces de freinage .....	6
Calcul de la vitesse initiale à partir des traces de freinage .....	8
Cas général .....	8
Freins partiellement en ordre .....	13
Dérapage avec deux roues sur l'accotement.....	13
Dérapage finissant en dehors de la route.....	16
Résistance de l'air comme ralentisseur .....	18
Aquaplanage (hydroplanage).....	22
<b>Chapitre 3 - Détermination de la vitesse initiale : Cas spéciaux.....</b>	<b>25</b>
Chute dans le vide.....	26
Renversement (« flip »).....	35
Saut.....	39
<b>Chapitre 4 - Analyse des collisions.....</b>	<b>40</b>
La conservation de la quantité de mouvement.....	44
Collision arrière.....	45
a. Le véhicule frappé est arrêté .....	45
b. Le véhicule frappé est en mouvement .....	47
Collision frontale .....	47
Collision à angle droit (carrefours).....	47
a. Les véhicules restent ensemble .....	48
b. Les véhicules se séparent .....	51
La conservation de l'énergie .....	53
a) La collision de l'automobile .....	56
b) La collision humaine - occupants sans ceinture .....	57
c) La collision humaine - occupants avec ceinture.....	58

<b>Chapitre 5 - La mesure des données sur le site.....</b>	<b>60</b>
Pente.....	60
Coefficient de friction.....	60
Méthodes de localisation .....	61
Mesures des courbes et intersections.....	64
Vitesse .....	66
Avantages des EDR.....	70
Inconvénients des EDR .....	70
<b>Chapitre 6 - Autres cas .....</b>	<b>71</b>
<b>Chapitre 7 - Références .....</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>80</b>
<b>Annexe A - Régimes d'indemnisation des provinces canadiennes ..</b>	<b>81</b>
<b>Annexe B - Les Freins ABS .....</b>	<b>87</b>
<b>Annexe C - Calcul de la variance d'une fonction .....</b>	<b>89</b>
<b>Annexe D - Event-Data Recorders.....</b>	<b>93</b>

## **CHAPITRE 1 - INTRODUCTION**

---

Au Québec, un régime d'assurance particulier est en vigueur. Ce régime, nommé « no fault », a été instauré par Mme. Lise Payette, ministre des consommateurs, coopératives et institutions financières. Ce type d'assurance se définit comme suit :

« Régime d'assurance automobile en vertu duquel l'assureur de la victime d'un accident de la route prend en charge le versement de l'indemnité prévue au contrat relativement aux blessures corporelles ou aux dommages matériels subis par l'assuré, qu'il y ait ou non responsabilité de la part de celui-ci. »

Au Québec, c'est la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ) qui indemnise les personnes impliquées dans un accident pour les blessures subies dans l'accident. Les dommages matériels sur le véhicule doivent être réclamés à l'assurance privée du propriétaire du véhicule.

De plus, selon le « no fault », quelle que soit la responsabilité d'un individu dans un accident impliquant une automobile, il ne peut être poursuivi pour ses dommages corporels ou poursuivre l'autre partie si l'accident a lieu au Québec.

Le Québec est la première province canadienne à avoir instauré ce régime d'indemnisation complet sans égard à la faute. Le Manitoba a adopté ce même régime en 1993 et la Saskatchewan a fait de même en 1995. Les autres provinces utilisent d'autres types de régime. Par exemple, en Alberta, il s'agit d'un système qui consiste en un régime d'indemnisation de base avec la possibilité pour la victime de poursuivre devant les tribunaux. Ce type de régime fait en sorte que les primes d'assurance sont élevées puisque l'assureur doit payer des deux côtés. En Ontario, la sévérité des blessures est le critère d'indemnisation. Les régimes d'indemnisation de chaque province canadienne sont présentés en détail en annexe.

Ainsi, puisque le Québec fonctionne avec un régime d'indemnisation complet sans égard à la faute, la reconstitution d'accident y est très rare. Seules les causes criminelles (délit de fuite, alcool, etc.) ont recours à la reconstitution

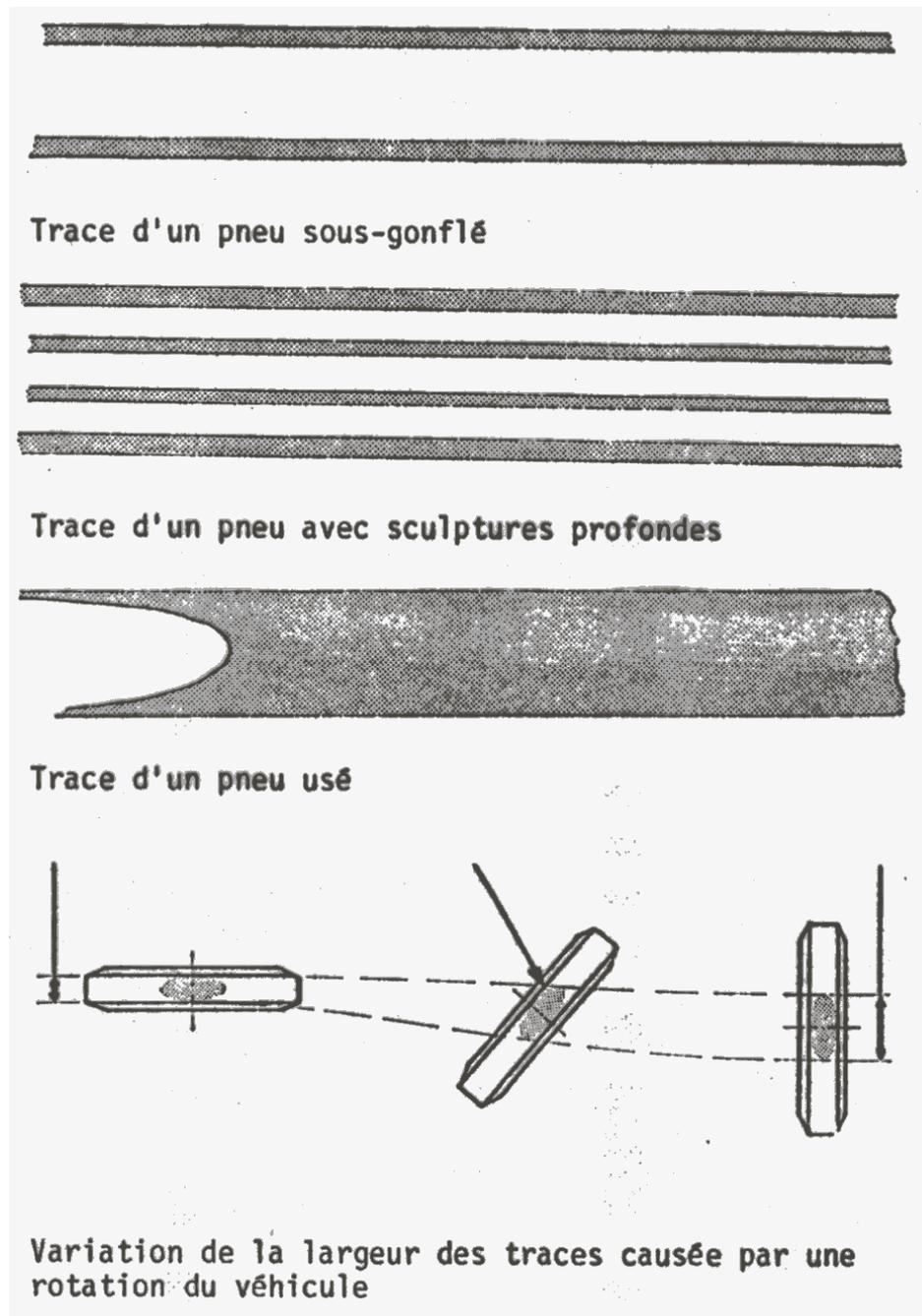
d'accident. Les bases de la reconstitution d'accidents seront présentées dans ce chapitre.

## CHAPITRE 2 – DÉTERMINATION DE LA VITESSE INITIALE À PARTIR DES TRACES DE FREINAGE

---

### Les traces de freinage

- Elles sont présentes dans 90% des accidents et elles peuvent représenter diverses situations comme le montre la figure suivante



- Les traces de freinage sont des traces de pneu résultant du blocage d'une ou de plusieurs roues sur une route ou une autre surface. Elles sont utiles pour déterminer :
  - L'endroit où un véhicule a appliqué les freins
  - La vitesse minimale où les traces ont commencées
  - La localisation d'un véhicule sur la route jusqu'au point d'impact
  - Le point d'impact
  - La trajectoire des véhicules avant et après la collision
  - La réaction du véhicule, i.e. rotation, changement de direction...
  - Le nombre de roues en état de freiner
- Certaines marques peuvent être intermittentes comme dans le cas de freins ABS.
- Il y a des traces d'accélération, de freinage et de dérapage latéral
  - Afin de s'assurer que les traces sur la route sont bien des traces de freinage, il faut regarder les pneus du véhicule accidenté. Les traces de freinage usent une seule portion du pneu puisque les roues sont bloquées et que le véhicule glisse. Ainsi, sur un véhicule avec les roues bloquées, on remarque une empreinte sur le pneu.
  - À l'inverse, pour faire une trace d'accélération, le pneu tourne très vite sur la chaussée et toute la périphérie du pneu vient en contact avec la chaussée.
  - Les traces de dérapage latéral se produisent lorsqu'un véhicule exécute très rapidement un virage ou qu'il exécute un virage avec un petit rayon à grande vitesse. Ces marques sont laissées par le pneu avant à l'extérieur de la courbe puisque c'est celui qui est le plus chargé lors du virage. Il sera donc le premier à laisser une marque. Cette marque peut être laissée à différentes vitesses dépendamment du véhicule. La vitesse à laquelle les marques seront laissées dépend des facteurs suivants :
    - Vitesse du véhicule dans la courbe

- Pression des pneus
  - Poids total du véhicule
  - Distribution du poids
  - La « mollesse » de la suspension
- Lorsqu'un véhicule bloque les roues, il ne peut pas tourner. Le véhicule poursuit sa route en glissant sur la chaussée dans la direction dans laquelle le véhicule se dirigeait. Cependant, si le véhicule était équipé de freins ABS, il peut, tout en bloquant les roues, contrôler la direction dans laquelle il se dirige. Une explication des freins ABS et de leur impact sur la reconstruction d'accident est présentée en annexe.
  - Si les traces sont courbées, cela indique que le véhicule était en rotation autour de son centre de gravité alors que ce dernier poursuivait sa course en ligne droite. Le centre de gravité est en effet le centre de rotation de l'automobile. L'effet de courbure des traces de freinage est causé par une force extérieure qui peut être le vent, le dévers ou une autre force externe. La longueur des traces de freinage à considérer est la ligne droite entre le début des traces et la fin de celles-ci.

### **Calcul de la vitesse initiale à partir des traces de freinage**

- **Cas général**
  - À partir des lois de la physique, on peut déterminer à quelle distance du point d'impact le conducteur a perçu le danger :

$$a = \frac{(v_f - v_i)}{t}$$

$$t = \frac{(v_f - v_i)}{a}$$

$$at = (v_f - v_i)$$

$$v_f = at + v_i$$

$$d = vt$$

$$v_{moy} = \frac{(v_f + v_i)}{2}$$

$$d = \frac{(v_f + v_i)t}{2}$$

$$d = \frac{v_f t}{2} + \frac{v_i t}{2} \rightarrow d = \frac{(at + v_i)t}{2} + \frac{v_i t}{2} \rightarrow d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$t = \frac{(v_f - v_i)}{a}$$

$$d = v_i \frac{(v_f - v_i)}{a} + \frac{1}{2} a \left( \frac{(v_f - v_i)}{a} \right)^2$$

$$d = \frac{v_i v_f}{a} - \frac{v_i^2}{a} + \frac{v_f^2}{2a} - \frac{v_i v_f}{a} + \frac{v_i^2}{2a} \rightarrow d = \frac{v_f^2}{2a} - \frac{v_i^2}{2a}$$

$$d = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2a} = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2g(f \pm p)}$$

décélération :  $a < 0$

$$d = -\frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2g(f \pm p)} = \frac{(v_i^2 - v_f^2)}{2g(f \pm p)}$$

On ajoute le terme correspondant au PIEV à la distance trouvée précédemment et on obtient :

$$d = v_i t + \frac{v_i^2 - v_f^2}{2g(f \pm p)}$$

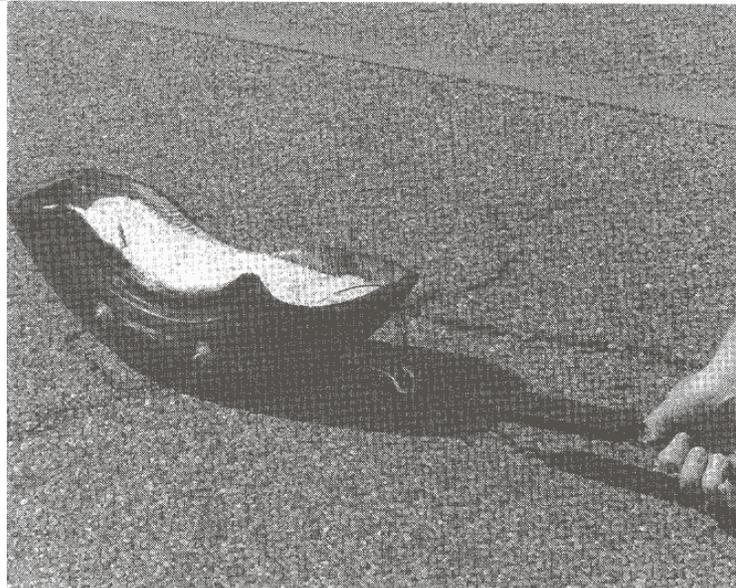
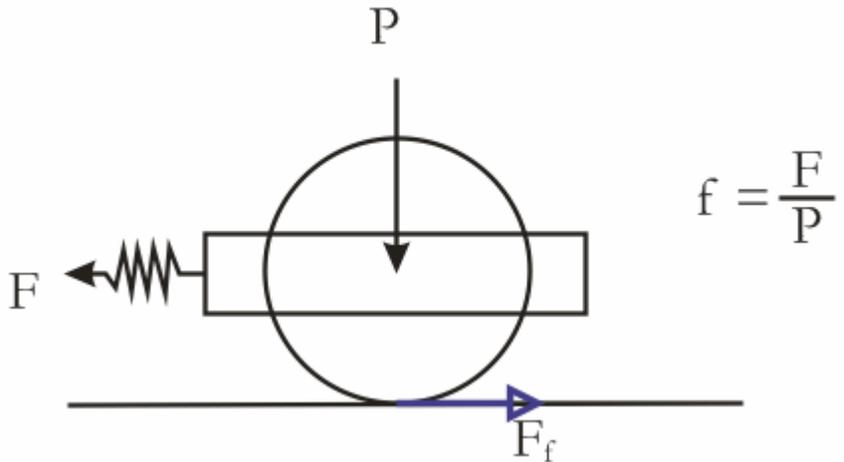
- Si on suppose que les roues se bloquent dès le début du freinage, on a :

$$d_{TRACES} = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2g(f \pm p)}$$

$$v_i = \sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f \pm p) + v_f^2}$$

- Il y a quatre inconnues à déterminer dans cette équation :

- a. La longueur des traces de freinage est obtenue en mesurant les quatre traces et en faisant la moyenne.
- b. Le coefficient de frottement est déterminé en faisant un test avec le pneu du véhicule accidenté sur la même chaussée et avec les mêmes conditions atmosphérique. Pour se faire, on fixe le pneu à un châssis sur lequel le pneu ne peut pas tourner. On le fait ensuite glisser sur la chaussée en tirant dessus avec un dynamomètre. On mesure ensuite la force qu'on doit exercer pour que le pneu reste en mouvement et non la force pour faire démarrer le mouvement.



- c. Déclivités à mesurer avec un inclinomètre
- d. S'il y a eu impact, il faut déterminer la vitesse  $v_f$  d'impact par une analyse des déformations du véhicule. L'analyse des déformations est traitée dans le chapitre sur l'analyse des collisions.

- On peut supposer que l'estimation est conservatrice car :
  - On néglige un freinage préalable au blocage des roues qui n'a pas produit des traces
  - On ne tient pas compte de la résistance au roulement, de la résistance de l'air...
- De plus, le résultat est plus ou moins fiable vu le grand nombre de variables

Coefficients de frottement pour différentes surfaces  
Selon Baker: Traffic Accident Investigation Manual

Description de la surface	sèche				mouillée			
	V<50 km/h		V>50 km/h		V<50 km/h		V>50 km/h	
	de	à	de	à	de	à	de	à
<b>Béton Portland</b>								
Nouveau	.8	1.2	.7	1.0	.5	.8	.40	.75
utilisé	.6	.8	.6	.75	.45	.7	.45	.65
poli	.55	.75	.5	.65	.45	.65	.45	.60
<b>Béton bitumineux</b>								
Nouveau	.8	1.2	.65	1.0	.50	.8	.45	.75
utilisé	.6	.8	.55	.7	.45	.7	.40	.65
poli	.55	.75	.45	.65	.45	.65	.40	.60
ressuage	.5	.6	.35	.6	.30	.60	.25	.55
<b>Gravier</b>								
compact, huilé	.55	.85	.5	.8	.40	.80	.40	.60
mou	.40	.7	.4	.7	.45	.75	.45	.75
<b>Pierres</b>								
concassées	.55	.75	.55	.75	.55	.75	.55	.75
<b>Glace</b>								
lisse	.10	.25	.07	.20	.05	.10	.05	.10
<b>Neige</b>								
compactée	.30	.55	.35	.55	.30	.60	.30	.60
fraîche	.10	.25	.10	.20	.30	.60	.30	.60
<b>Herbes ou gazon</b>								

Coefficients utilisés pour fins de conception

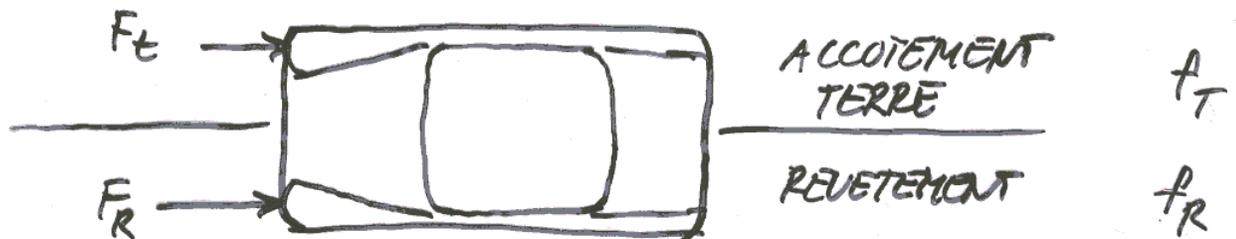
Vitesse (km/h)	Frottement chaussée mouillée
40	0.38
50	0.36
60	0.34
70	0.32
80	0.31
90	0.30
100	0.30
110	0.29
120	0.28
130	0.27

• **Freins partiellement en ordre**

- Si les quatre roues ne freinent pas de façon équivalente, la distance d'arrêt va augmenter. En effet, le poids du véhicule est réparti sur les quatre roues. Si un frein est défectueux, une fraction du poids du véhicule n'est pas en mesure d'être arrêté et doit être redistribuée sur les autres roues, ce qui augmente la force de freinage requise et ainsi la distance de freinage. Cette fraction du poids est nommé  $\eta$ , ou performance des freins. Ainsi, si un frein ne fonctionne pas,  $\eta$  vaudra 0.75 puisque la performance des freins sera de 3/4.

$$v_i = \sqrt{d_{TRACES} \times 2g(\eta f \pm p) + v_f^2}$$

• **Dérapiage avec deux roues sur l'accotement**



- La force de frottement totale est la somme de la force de frottement agissant sur le revêtement de la chaussée et de la force de frottement agissant sur l'accotement.

$$F = F_T + F_R$$

- En supposant que le poids du véhicule est réparti uniformément sur les quatre roues du véhicule, on obtient :

$$f = \frac{F}{W}$$

$$F_T = \frac{W}{2} f_T$$

$$F_R = \frac{W}{2} f_R$$

$$F = \frac{W}{2} f_T + \frac{W}{2} f_R = \frac{W}{2} (f_T + f_R)$$

$$F = ma = \frac{W}{g} a$$

$$\frac{W}{g} a = \frac{W}{2} (f_T + f_R)$$

$$a = \frac{g \times (f_T + f_R)}{2}$$

$$d = \frac{v_i v_f}{a} - \frac{v_i^2}{a} + \frac{v_f^2}{2a} - \frac{v_i v_f}{a} + \frac{v_i^2}{2a} \rightarrow d = \frac{v_f^2}{2a} - \frac{v_i^2}{2a}$$

$$d = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2a} = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2 \frac{g(f_T + f_R)}{2}} = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{g(f_T + f_R)}$$

décélération :  $a < 0$

$$d = -\frac{(v_f^2 - v_i^2)}{g(f_T + f_R)} = \frac{(v_i^2 - v_f^2)}{g(f_T + f_R)} \rightarrow v_i = \sqrt{dg(f_T + f_R) + v_f^2}$$

**Exemple**

**Une automobile bloque les roues avec deux roues sur le pavage et deux roues sur l'accotement. L'accotement est en gravier compacté alors que le pavage sur la route est neuf. Les traces de freinage ont une longueur de 20 mètres. Quelle était la vitesse du véhicule avant de bloquer les roues?**

**Conditions sèches :**

$$v_i = \sqrt{dg(f_T + f_R) + v_f^2}$$

$$f_T = 0.5$$

$$f_R = 0.65$$

$$v_i = \sqrt{20 \times 9.81 \times (0.5 + 0.65) + 0} = 15 \text{ m/s} = 54 \text{ km/h}$$

**Conditions humides :**

$$v_i = \sqrt{dg(f_T + f_R) + v_f^2}$$

$$f_T = 0.4$$

$$f_R = 0.45$$

$$v_i = \sqrt{20 \times 9.81 \times (0.4 + 0.45) + 0} = 12.9 \text{ m/s} = 46.5 \text{ km/h}$$

**Évidemment, puisque la chaussée est plus glissante en conditions mouillées, il est normal que la vitesse avant de bloquer les roues soit plus petite pour une même distance de freinage.**

- Généralement, lorsqu'un véhicule bloque les roues en étant sur deux surfaces différentes longitudinalement, il a tendance à tourner sur lui-même. Cela est dû au fait que les forces de frictions appliquées aux roues de gauche diffèrent de celles appliquées aux roues de droite. Si le coefficient de

friction sur la gauche est plus grand que celui sur la droite, la force de friction sera plus grande à gauche et le véhicule va se mettre à tourner dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Le centre de gravité du véhicule continuera en ligne droite dans la direction initiale du mouvement et le véhicule va tourner autour de celui-ci.

- **Dérapiage finissant en dehors de la route**

- L'énergie cinétique de l'automobile est convertie en chaleur par la force de friction. Ainsi, puisque plus le véhicule va vite, plus la distance de freinage augmente, on peut affirmer que l'énergie cinétique du véhicule est égale à la force de freinage multipliée par la distance d'arrêt.

$$F \times d = \frac{1}{2} \frac{W}{g} v^2$$

- L'énergie cinétique de l'automobile sur la première surface additionnée à l'énergie cinétique de l'auto sur la seconde surface doit être égale à l'énergie cinétique que l'automobile avait avant de commencer à freiner. On a donc :

$$\frac{1}{2} \frac{W}{g} v^2 = \frac{1}{2} \frac{W}{g} v_1^2 + \frac{1}{2} \frac{W}{g} v_2^2$$

$$\frac{1}{2} \frac{W}{g} v^2 = F \times d_1 + F \times d_2 = f_1 \times W \times d_1 + f_2 \times W \times d_2 = W(f_1 \times d_1 + f_2 \times d_2)$$

$$\frac{v^2}{2g} = (f_1 \times d_1 + f_2 \times d_2) \rightarrow v = \sqrt{2g(f_1 \times d_1 + f_2 \times d_2)}$$

On a supposé dans cette démarche que la vitesse finale du véhicule était nulle. Si ce n'est pas le cas, on ajoute le terme de la vitesse finale :

$$v_i = \sqrt{2g(f_1 d_1 + f_2 d_2) + v_f^2}$$

- De façon plus générale, l'équation ci-haut peut être décrite comme suit :

$$v_i = \sqrt{2g \left( \sum_{i=1}^n f_i d_{TRi} \right) + v_f^2}$$

- Cette équation est aussi valable si le véhicule se renverse sur le côté et continue de glisser. Le seul changement sera au niveau du coefficient de frottement. Des valeurs « par défaut » pour les coefficients de frottement lorsque le véhicule se renverse :

Acier sur chaussée :  $f = 0.4$

Acier sur terre ou gravier :  $f = 0.3$

### Exemple

Une automobile roule vers l'est une autoroute. Il semblerait que vu sa vitesse élevée et les conditions humides, le conducteur ait perdu la maîtrise de son véhicule. Selon les traces de freinage, on a recueilli les données suivantes :

- Trace de freinage de 60 mètres sur le béton bitumineux poli ( $f = 0.4$ )
- Trace de freinage de 15 mètres sur l'accotement en gravier compacté ( $f = 0.4$ )
- Trace de freinage de 20 mètres sur le gazon ( $f = 0.35$ )
- Le véhicule semble s'être renversé ensuite et avoir parcouru 85 mètres sur le toit sur le gazon ( $f = 0.3$ ) avant de s'arrêter

$$v_i = \sqrt{2g \left( \sum_{i=1}^4 f_i d_{TRi} \right) + v_f^2}$$

$$v_i = \sqrt{2g(0.4 \times 60 + 0.4 \times 15 + 0.35 \times 20 + 0.3 \times 85) + 0}$$

$$v_i = \sqrt{2g \times 62.5} = 35m/s = 126km/h$$

- Il existe d'autres cas où on doit déterminer la vitesse initiale à partir des traces de freinage comme le cas des véhicules avec une remorque ou des poids lourds. Le cas des véhicules avec remorque se divise en deux, dépendamment de si la remorque est munie de freins ou non. Il faut déterminer la portion du poids de la remorque qui est redistribuée sur les freins du véhicule. Ces deux sous-sections, ne seront pas traitées dans le cadre de ce cours, mais il existe dans la littérature des explications détaillées à ce sujet.

### Résistance de l'air comme ralentisseur

- Lorsqu'un véhicule se déplace, il déplace de l'air. Une force extérieure est donc appliquée sur le véhicule faisant en sorte que plus il va vite, plus la masse d'air à déplacer est grande et ainsi, plus la force contre le véhicule est grande. La résistance de l'air dépend de quatre facteurs :
  1. La vitesse du véhicule
  2. Le poids du véhicule
  3. L'aire frontale du véhicule
  4. La forme du véhicule

$$R_a = \rho / 2 \cdot C_D \cdot C_A \cdot A \cdot g \cdot (v + v_0)^2$$

$R_a$  = résistance de l'air (N);

$\rho$  = masse spécifique de l'air

$C_D$  = paramètre représentant l'influence de la forme du véhicule;

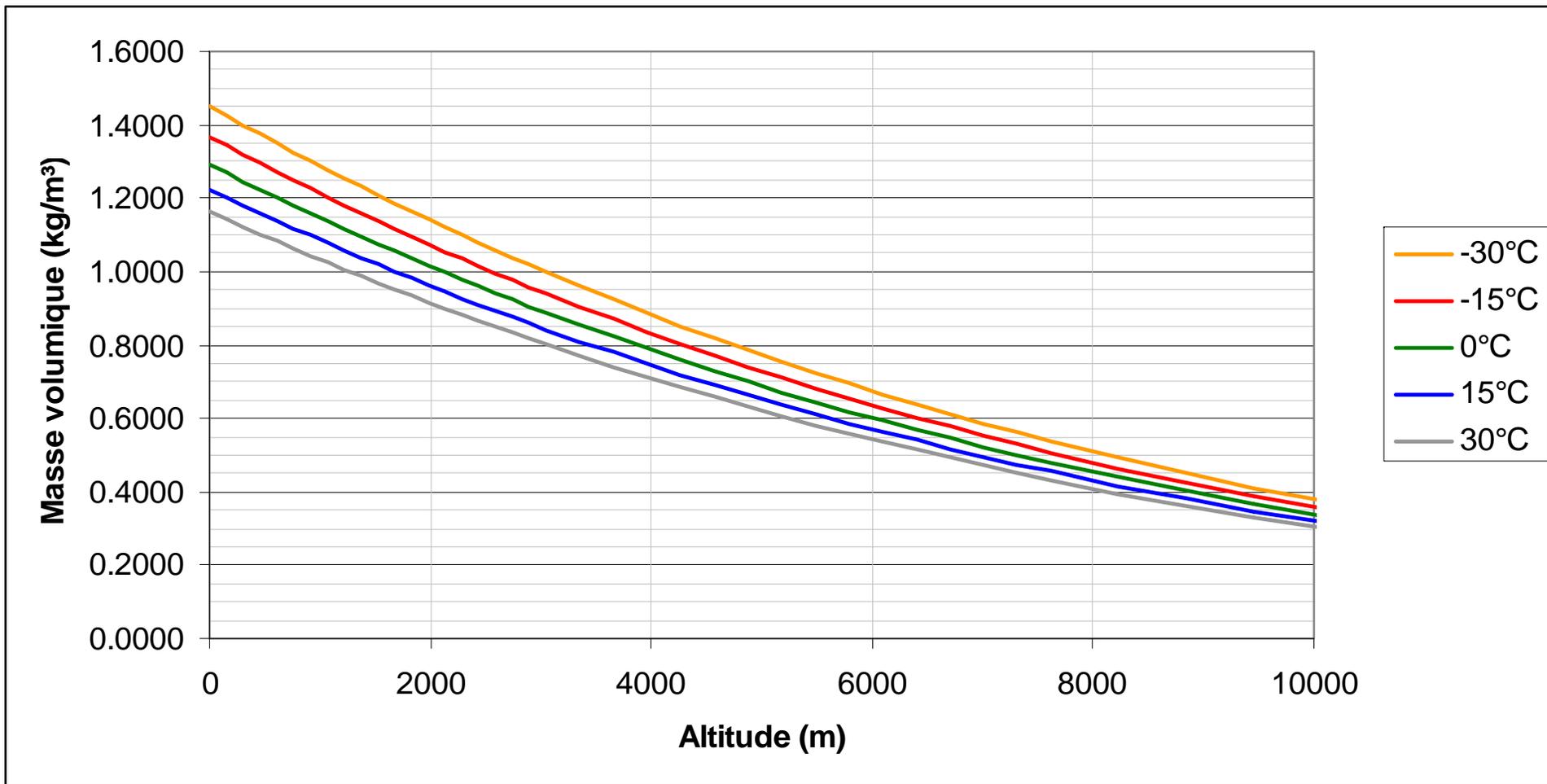
$C_A$  = paramètre représentant l'altitude de l'endroit en étude;

$A$  = surface frontale du véhicule (m<sup>2</sup>);

$v$  = vitesse du véhicule en m/s;

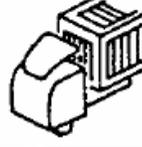
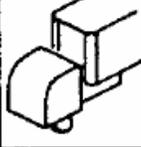
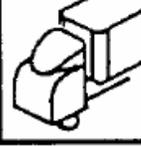
$v_0$  = vitesse du vent en m/s.

**Masse volumique de l'air en fonction de l'altitude**



**Tableau de la densité de l'air en fonction de l'altitude et de la température**

Altitude		Pression Pa	Rapport de densité (C <sub>A</sub> )	Température (°C)										
pi	m			-30	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	30
0	0	101.325	1	1.4257	1.3944	1.3674	1.3414	1.3164	1.2923	1.2691	1.2466	1.2250	1.2041	1.1644
500	152	99.511	0.9855	1.2626	1.3694	1.3429	1.3174	1.2928	1.2692	1.2463	1.2243	1.2031	1.1826	1.1436
1000	304	97.718	0.9711	1.2398	1.3447	1.3187	1.2936	1.2695	1.2463	1.2239	1.2023	1.1814	1.1613	1.1229
1500	457	95.955	0.9568	1.2174	1.3205	1.2949	1.2703	1.2466	1.2238	1.2018	1.1806	1.1601	1.1403	1.1027
2000	609	94.212	0.9428	1.1953	1.2965	1.2714	1.2472	1.2240	1.2016	1.1800	1.1591	1.1390	1.1196	1.0827
2500	762	92.500	0.9289	1.1736	1.2729	1.2483	1.2246	1.2017	1.1797	1.1585	1.1381	1.1183	1.0992	1.0630
3000	914	90.807	0.9151	1.1521	1.2496	1.2254	1.2022	1.1797	1.1581	1.1373	1.1172	1.0979	1.0791	1.0435
3500	1066	89.146	0.9015	1.1310	1.2268	1.2030	1.1802	1.1582	1.1370	1.1165	1.0968	1.0778	1.0594	1.0244
4000	1219	87.514	0.8881	1.1103	1.2043	1.1810	1.1586	1.1370	1.1161	1.0961	1.0767	1.0580	1.0400	1.0057
4500	1371	85.893	0.8748	1.0898	1.1820	1.1591	1.1371	1.1159	1.0955	1.0758	1.0568	1.0384	1.0207	0.9871
5000	1524	84.302	0.8617	1.0696	1.1601	1.1377	1.1160	1.0952	1.0752	1.0559	1.0372	1.0192	1.0018	0.9688
5500	1676	82.742	0.8487	1.0498	1.1387	1.1166	1.0954	1.0750	1.0553	1.0363	1.0180	1.0003	0.9833	0.9508
6000	1828	81.202	0.8359	1.0303	1.1175	1.0958	1.0750	1.0549	1.0356	1.0170	0.9991	0.9817	0.9650	0.9331
6500	1981	79.682	0.8232	1.0110	1.0965	1.0753	1.0549	1.0352	1.0163	0.9980	0.9804	0.9633	0.9469	0.9157
7000	2133	78.182	0.8106	0.9919	1.0759	1.0551	1.0350	1.0157	0.9971	0.9792	0.9619	0.9452	0.9291	0.8984
7500	2286	76.713	0.7983	0.9733	1.0557	1.0352	1.0156	0.9966	0.9784	0.9608	0.9438	0.9275	0.9116	0.8816
8000	2438	75.264	0.786	0.9549	1.0357	1.0157	0.9964	0.9778	0.9599	0.9427	0.9260	0.9099	0.8944	0.8649
8500	2590	73.836	0.7739	0.9368	1.0161	0.9964	0.9775	0.9592	0.9417	0.9248	0.9084	0.8927	0.8774	0.8485
9000	2743	72.427	0.762	0.9189	0.9967	0.9774	0.9588	0.9409	0.9237	0.9071	0.8911	0.8756	0.8607	0.8323
9500	2895	71.049	0.7501	0.9014	0.9777	0.9588	0.9406	0.9230	0.9061	0.8899	0.8741	0.8590	0.8443	0.8165
10000	3048	69.681	0.7385	0.8841	0.9589	0.9403	0.9225	0.9053	0.8887	0.8727	0.8573	0.8424	0.8281	0.8008
11000	3352	67.016	0.7155	0.8503	0.9222	0.9044	0.8872	0.8707	0.8547	0.8394	0.8245	0.8102	0.7964	0.7701
12000	3657	64.443	0.6932	0.8176	0.8868	0.8696	0.8531	0.8372	0.8219	0.8071	0.7929	0.7791	0.7658	0.7406
13000	3962	61.940	0.6713	0.7859	0.8524	0.8359	0.8200	0.8047	0.7900	0.7758	0.7621	0.7488	0.7361	0.7118
14000	4267	59.528	0.65	0.7553	0.8192	0.8033	0.7881	0.7734	0.7592	0.7456	0.7324	0.7197	0.7074	0.6841
15000	4572	57.178	0.6292	0.7254	0.7868	0.7716	0.7569	0.7428	0.7292	0.7161	0.7035	0.6913	0.6795	0.6571
16000	4876	54.918	0.609	0.6968	0.7558	0.7411	0.7270	0.7135	0.7004	0.6878	0.6757	0.6640	0.6526	0.6311
17000	5181	52.719	0.5892	0.6689	0.7255	0.7114	0.6979	0.6849	0.6724	0.6603	0.6486	0.6374	0.6265	0.6058
18000	5486	50.602	0.5699	0.6420	0.6964	0.6829	0.6699	0.6574	0.6454	0.6338	0.6226	0.6118	0.6013	0.5815
19000	5791	48.545	0.5511	0.6159	0.6680	0.6551	0.6427	0.6307	0.6191	0.6080	0.5973	0.5869	0.5769	0.5579
20000	6096	46.559	0.5328	0.5907	0.6407	0.6283	0.6164	0.6049	0.5938	0.5831	0.5728	0.5629	0.5533	0.5350
21000	6400	44.644	0.515	0.5664	0.6144	0.6025	0.5910	0.5800	0.5694	0.5591	0.5493	0.5397	0.5305	0.5130
22000	6705	42.790	0.4976	0.5429	0.5888	0.5774	0.5665	0.5559	0.5457	0.5359	0.5265	0.5173	0.5085	0.4917
23000	7010	40.996	0.4806	0.5201	0.5642	0.5532	0.5427	0.5326	0.5229	0.5135	0.5044	0.4956	0.4872	0.4711
24000	7315	39.274	0.4642	0.4983	0.5405	0.5300	0.5199	0.5102	0.5009	0.4919	0.4832	0.4748	0.4667	0.4513
25000	7620	37.602	0.4481	0.4771	0.5175	0.5074	0.4978	0.4885	0.4796	0.4709	0.4626	0.4546	0.4468	0.4321
27000	8229	34.430	0.4173	0.4368	0.4738	0.4646	0.4558	0.4473	0.4391	0.4312	0.4236	0.4163	0.4092	0.3957
29000	8839	31.482	0.3881	0.3994	0.4332	0.4248	0.4168	0.4090	0.4015	0.3943	0.3873	0.3806	0.3741	0.3618
31000	9448	28.746	0.3605	0.3647	0.3956	0.3879	0.3806	0.3735	0.3666	0.3600	0.3537	0.3475	0.3416	0.3303
33000	10058	26.203	0.3345	0.3324	0.3606	0.3536	0.3469	0.3404	0.3342	0.3282	0.3224	0.3168	0.3114	0.3011

1		$C_D$ 0.863	6		$C_D$ 0.656
2		0.663	7		0.629
3		0.660	8		0.820
4		0.657	9		0.673
5		0.668	10		0.568

**TABLE 7—TYPICAL VALUES FOR VEHICLE FRONTAL AREAS:**

Vehicle Body Type	Frontal Area (ft <sup>2</sup> )
Semi-trailer van type body (conventional or cab-over tractor)	108
Semi-trailer van type body (8-1/2 ft wide)	115
Straight truck van type body (rental trucks)	96
Tankers and flatbeds:	
Conventional cab	75
Cab-over-engine (high tilt)	85
Dump truck, Conventional cab	73
Bus or Coach:	
Intercity	85
City bus	80
School	75
Motor home	80

- Il a été démontré par Collins que la résistance de l'air a peu d'effet sur les traces de freinage. En effet, selon son test, la résistance de l'air n'a un effet qu'à partir d'environ 90 km/h. De plus, cet effet n'est pas significatif avant des vitesses de 128 km/h. Ainsi, l'effet de la résistance du vent n'est pas considéré dans l'analyse des accidents.

### **Aquaplanage (hydroplanage)**

- Ce phénomène se produit lorsqu'un véhicule circulant à une certaine vitesse passe sur une accumulation d'eau et vole littéralement au dessus de celle-ci. Son pneu n'est plus en contact avec la chaussée. Ce phénomène est nommé aquaplanage.
- En temps normal, lorsqu'un véhicule traverse une flaque d'eau, les pneus poussent l'eau sur les côtés et circulent sur l'asphalte. Lorsque la vitesse augmente, la résistance de l'eau augmente et la force pour pousser l'eau sur les côtés augmente. Un certain temps est donc nécessaire pour développer la force qui va pousser l'eau. Cependant, puisque le véhicule va plus vite, le temps est moindre et le pneu ne peut plus pousser toute l'eau afin d'être en contact avec le pavage. À une certaine vitesse critique, le poids supporté par le pneu est égal à la résistance nécessaire pour pousser l'eau. À cette vitesse, les pneus avant vont « rouler sur l'eau ». Les pneus arrière seront encore en contact avec la chaussée puisque les pneus avant vont quand même avoir déplacé la moitié du film d'eau.
- Ceci peut se manifester visuellement par le fait que les roues avant glissent sur l'eau et ne tournent plus. Lorsque les freins sont appliqués, tout le freinage doit être fait par les freins arrière puisque les roues avant ne touchent par à la route. Cependant, en décélérant, les roues avant vont finir par toucher la route. La distance d'arrêt sera donc augmenter. De plus, en conditions d'aquaplanage, les roues à l'avant glissent et il est donc impossible de contrôler la direction du véhicule.
- Il existe 6 principaux facteurs qui contribuent à l'aquaplanage

*1. Profondeur d'eau*

Selon des recherches, la profondeur minimale d'eau requise pour de l'aquaplanage serait entre 5 et 8 millimètres

*2. Texture de la surface de roulement*

La macrotecture et la microtexture du pavage jouent un rôle important dans l'évacuation de l'eau sur la chaussée. En effet, un pavage poreux va permettre à l'eau de s'écouler à l'intérieur du pavage alors qu'un pavage fermé et lisse va faire en sorte que l'eau va s'écouler sur la surface de roulement, ce qui est plus propice à de l'aquaplanage, surtout s'il existe des défauts sur le pavage qui vont retenir l'eau comme des ornières.

*3. La pente latérale de la route*

Une chaussée avec une pente latérale importante va évacuer plus facilement l'eau sur les côtés.

*4. Rainures transversales*

Cela est plus fréquent sur les pavages en béton. Ces rainures vont permettre à l'eau d'évacuer la surface de roulement et aussi d'évacuer l'eau sous le pneu du véhicule.

*5. Rainures sur le pneu*

Un bon pneu aura comme effet de retarder l'apparition d'aquaplanage. Le véhicule pourra circuler plus rapidement avant que de l'aquaplanage ne se manifeste et le film d'eau devra être plus gros.

*6. Pression du pneu*

Un pneu sous gonflé aura pour effet de diminuer la vitesse à laquelle l'hydroplanage débutera. À l'inverse, un pneu très gonflé sera soumis à de l'hydroplanage à des vitesses plus élevées.

Prises de vue d'un pneu en contact avec un film d'eau colorée



Pneu roulant à  
31,3 km/h



Pneu roulant à  
71,1 km/h



Pneu roulant à  
80,5 km/h



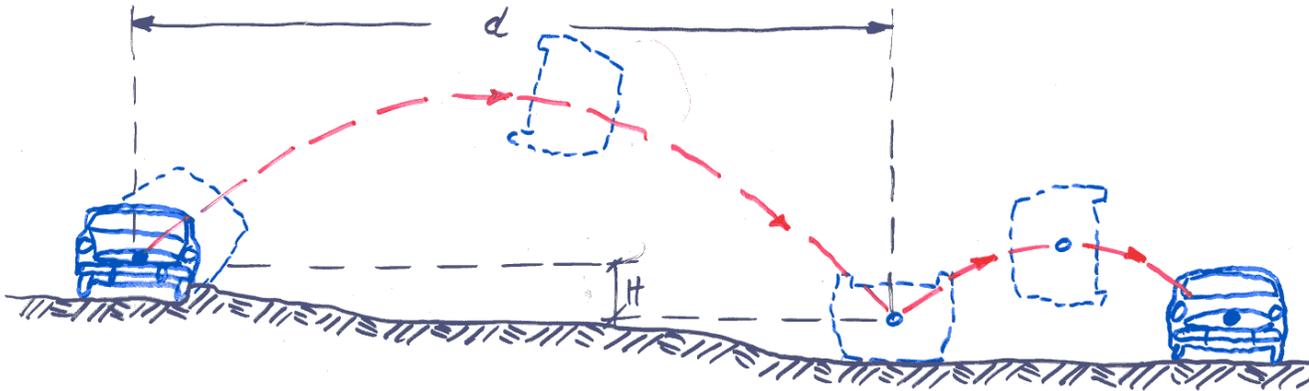
Pneu roulant à 90,8  
km/h

Source : [http://www.michelin.fr/fr/auto/grip\\_factors.jsp](http://www.michelin.fr/fr/auto/grip_factors.jsp)

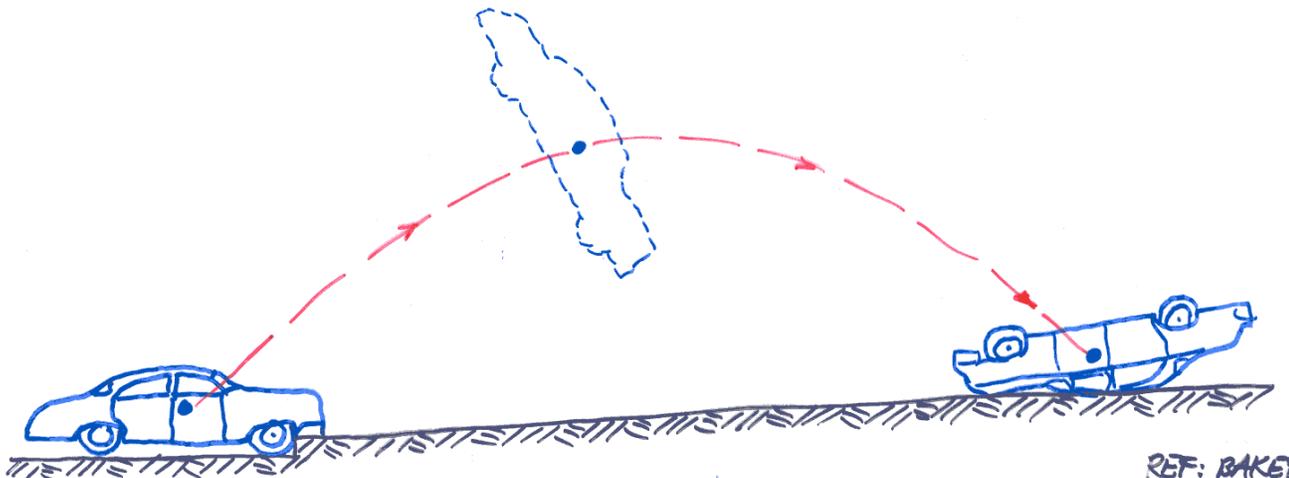
## CHAPITRE 3 – DÉTERMINATION DE LA VITESSE INITIALE : CAS SPÉCIAUX

Il y a trois cas spéciaux : chute dans le vide, renversement et saut

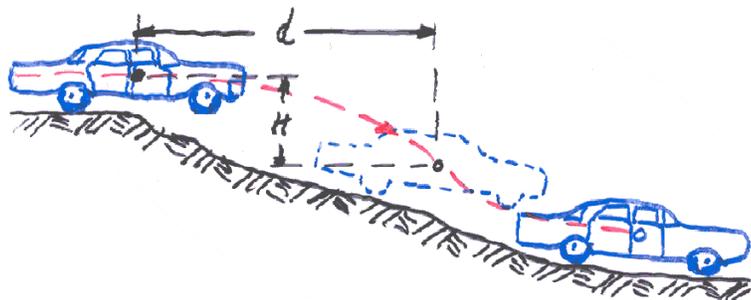
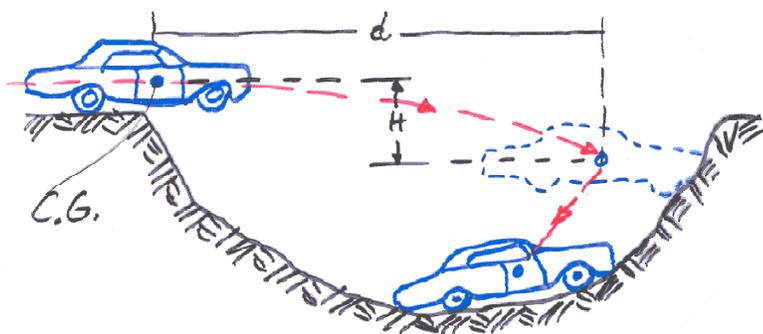
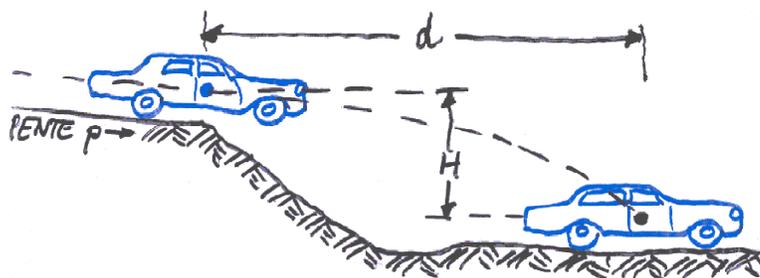
- Une chute se produit lorsqu'un véhicule allant dans une direction quitte le sol et n'est plus supporté par celui-ci pendant qu'il passe au-dessus.
- Un renversement (« flip ») se produit lorsque le véhicule se déplace latéralement et la résistance des pneus est assez grande pour amener le véhicule à se soulever et quitter le sol. Généralement, les renversements se produisent lorsque les roues frappent des bordures de route ou lorsque les roues vont être dans un matériel non compacté et qu'ils vont creuser des sillons.



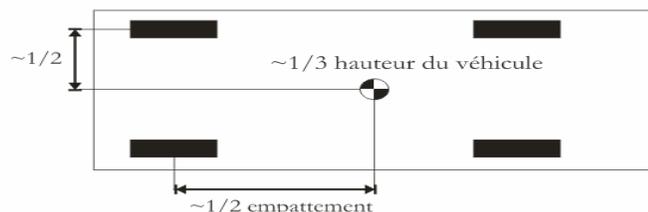
- Un saut (« vault ») est similaire à un renversement sauf qu'ils se produisent dans le sens longitudinal.



• Chute dans le vide

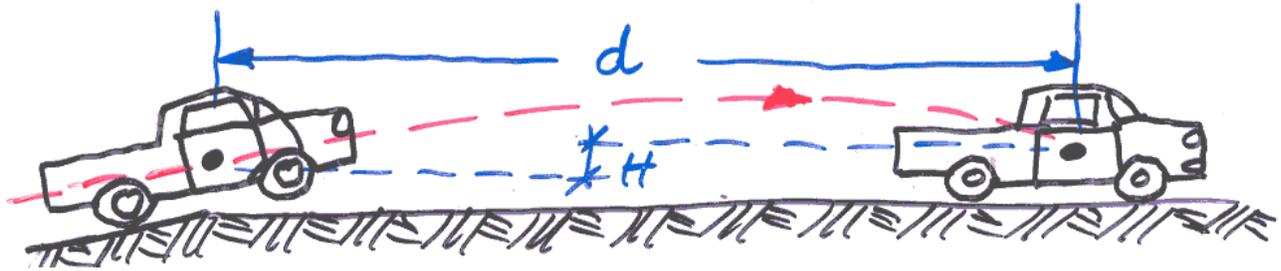


Position approximative du centre de gravité d'une voiture

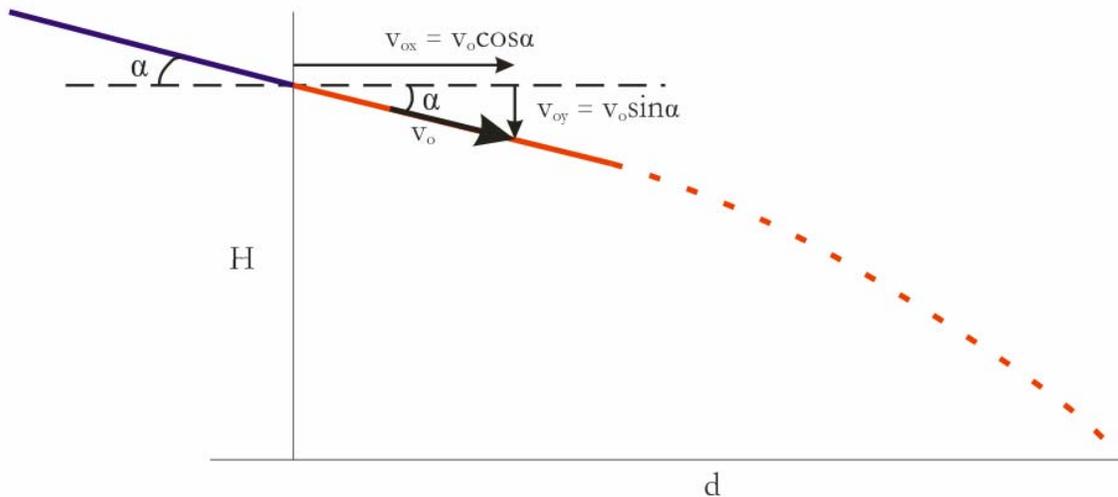


- Le véhicule n'est plus en contact avec la chaussée pendant un certain temps
  - Lorsqu'un véhicule est en mouvement dans les airs et qu'il n'est plus supporté par le sol, il a tendance à suivre une ligne droite dans la direction empruntée avant de quitter le sol. Cependant, le poids du véhicule le fait tomber vers le sol avec une vitesse verticale croissante.
  - Ce qui importe n'est pas la position finale du véhicule, mais le point d'impact
  - La pente au point de décollage est importante.
- Certaines informations sont nécessaires pour procéder aux calculs :
1. La distance horizontale entre le point d'envol et le point d'atterrissage
  2. La distance verticale entre ces deux mêmes points
  3. La pente sur laquelle le véhicule roulait avant de quitter le sol.

- Le point d'atterrissage peut être plus élevé que le point de décollage. Cette situation est assez rare cependant.



Il y a deux façons de trouver la formule pour déterminer la vitesse initiale d'un véhicule faisant un envol. La première méthode touche les lois de la physique d'une particule en mouvement soumise à l'accélération gravitationnelle. Cette méthode utilise uniquement l'équation de position d'une particule calculée à partir de la vitesse et de l'accélération.



On débute par l'équation de la position du véhicule selon l'axe « x ». Le véhicule ne subit aucune accélération selon l'axe horizontal. La position finale du véhicule est « d » alors que sa position initiale est nulle. On peut déterminer le temps en fonction de la vitesse et de « d » selon l'axe horizontal.

$$x = x_o + v_{ox}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$x = d; a = 0$$

$$x_o = 0$$

$$d = v_o t \cos \alpha \rightarrow t = \frac{d}{v_o \cos \alpha}$$

On répète ensuite pour l'axe vertical. Cette fois, l'accélération est l'accélération gravitationnelle. Cette accélération est négative puisqu'elle s'applique vers le bas. La position initiale verticalement est «  $-H$  » selon le graphique ci-haut. En effet, selon la convention, lors d'une chute, la distance verticale est négative. La position finale verticalement est zéro.

$$y = y_o + v_{oy}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$y = 0; a = -g$$

$$y_o = -H$$

$$0 = -H + v_o t \sin \alpha - \frac{1}{2}gt^2$$

On insère ensuite dans l'équation de la position verticale le temps trouvé à partir de la position horizontale. En manipulant l'équation, on obtient la vitesse initiale du véhicule précédant la chute.

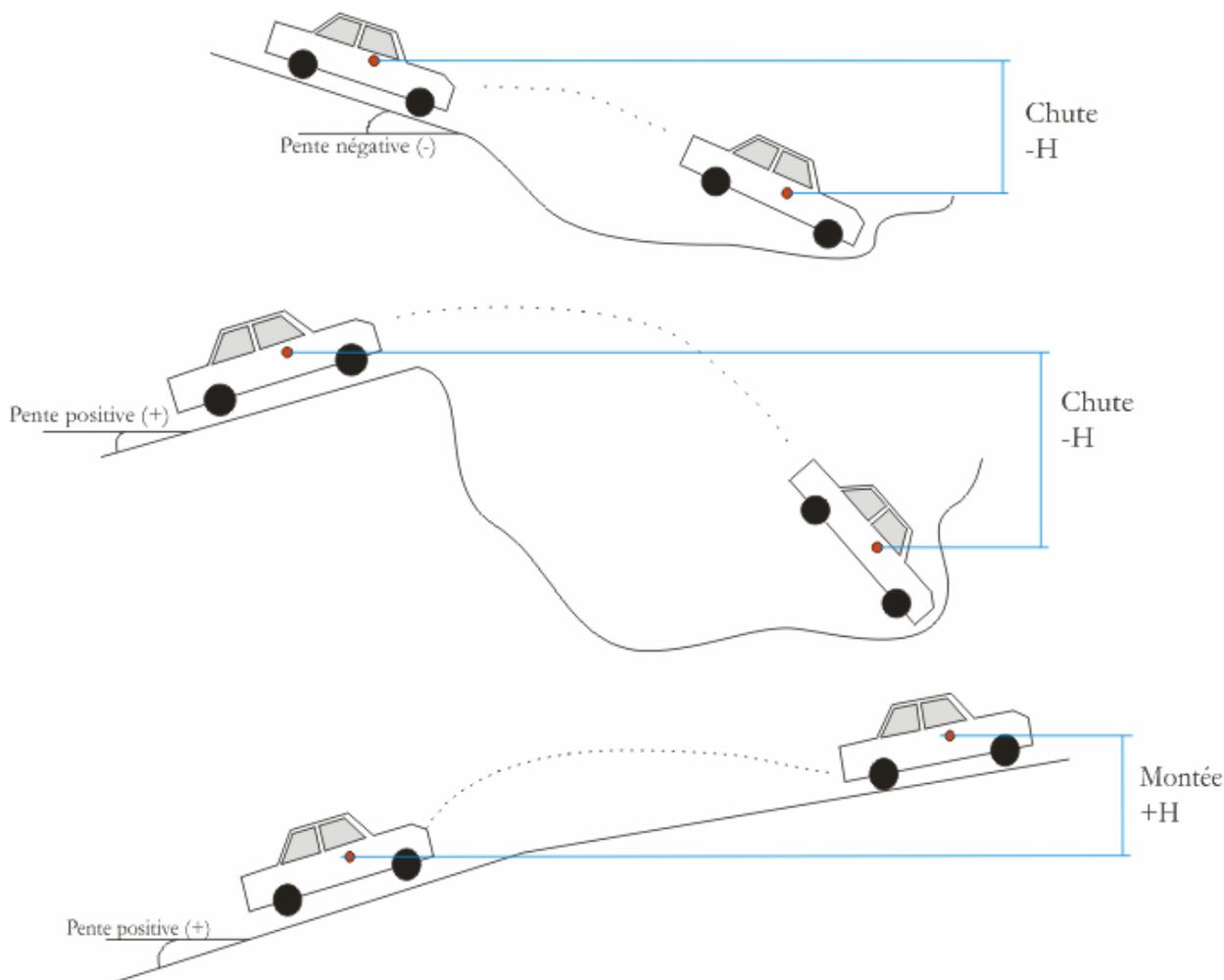
$$0 = -H + \left( \frac{d}{v_o \cos \alpha} \right) v_o \sin \alpha - \frac{1}{2}g \left( \frac{d}{v_o \cos \alpha} \right)^2$$

$$\frac{gd^2}{2v_o^2 \cos^2 \alpha} = -H + \left( \frac{d}{v_o \cos \alpha} \right) v_o \sin \alpha$$

$$v_o^2 = \frac{gd^2}{2 \cos^2 \alpha (-H + d \tan \alpha)}$$

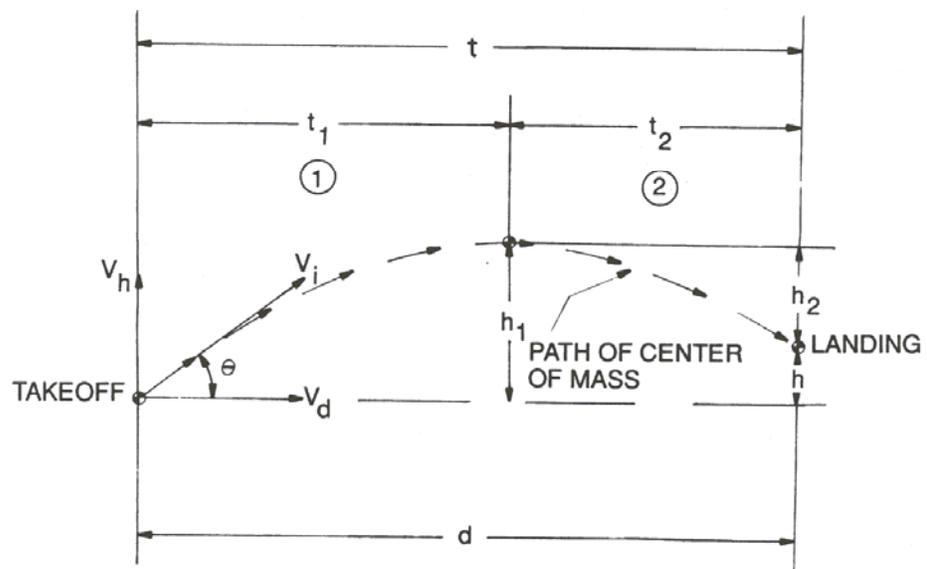
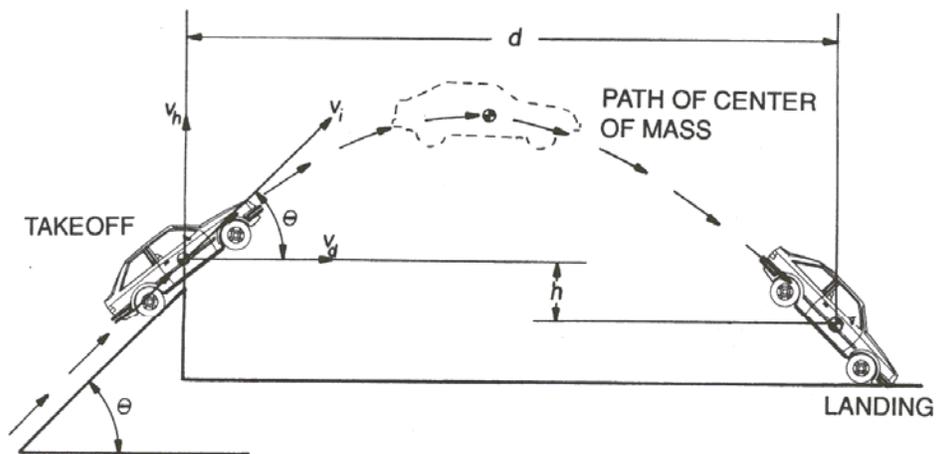
$$v_o = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \alpha (d \sin \alpha - H \cos \alpha)}}$$

Si les mesures ont été bien prises, cette vitesse constitue une assez bonne estimation de la vitesse réelle au décollage. Voici la convention qui a été abordée plus tôt :



La deuxième méthode est un peu plus complexe que la première. Cette fois-ci, on trouve la même équation en prenant un véhicule qui part en hauteur. L'équation finale est trouvée en partant du fait que le temps de chute est la somme du temps à partir de l'envol jusqu'à ce que le véhicule ait atteint sa hauteur maximale et du temps entre la hauteur maximale et le moment où il touche le sol. Ces deux temps doivent donc être calculés.

On calcule d'abord le temps nécessaire avant d'atteindre la hauteur maximale et ensuite, on calcule le temps entre la hauteur maximale et le point de contact au sol.



$$d = v_i t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$h_1 = v_d t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2$$

Le temps auquel la hauteur est maximale ( $t_1$ ) peut être trouvé à partir de :

$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$t_1 = \frac{v_{hf1} - v_{hi1}}{a} = \frac{0 - v_i \sin \theta}{-g} = \frac{v_i \sin \theta}{g}$$

En entrant ceci dans l'équation de  $h_1$  et en réduisant, on obtient :

$$h_1 = \frac{v_i^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

Pour trouver  $t_2$ , on suit un raisonnement similaire :

$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$t_2 = \frac{v_{hf2} - v_{hi2}}{a}$$

On trouve la vitesse du véhicule au point d'impact à partir de :

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + 2ad}$$

$$v_{hf2} = \sqrt{0 + 2gh_2} = \sqrt{2gh_2}$$

$$t_2 = \frac{v_{hf2} - v_{hi2}}{a} = \frac{\sqrt{2gh_2} - 0}{g} = \frac{\sqrt{2gh_2}}{g}$$

La distance entre la hauteur maximale atteinte par le véhicule et son point d'impact est donnée par :

$$h_2 = h_1 - h$$

« h » représente la distance verticale entre l'envol et l'atterrissage. Si l'envol se fait plus haut que l'atterrissage, « h » est négatif. S'il atterrit plus haut que son envol, « h » est positif. On insère maintenant  $h_1$  trouvé précédemment dans la dernière formule.

$$h_2 = \frac{v_i^2 \sin^2 \theta}{2g} - h$$

On insère ensuite ce résultant dans l'équation de  $t_2$ .

$$t_2 = \frac{\sqrt{2g\left(\frac{v_i^2 \sin^2 \theta}{2g} - h\right)}}{g} = \frac{\sqrt{v_i^2 \sin^2 \theta - 2gh}}{g}$$

Le temps total que passe le véhicule dans les airs est la somme de  $t_1$  et  $t_2$ .

$$t = \frac{v_i \sin \theta}{g} + \frac{\sqrt{v_i^2 \sin^2 \theta - 2gh}}{g}$$

Le temps est une relation entre la distance et la vitesse. Dans notre contexte, il peut être exprimé comme suit :

$$t = \frac{d}{v} = \frac{d}{v_d} = \frac{d}{v_i \cos \theta}$$

$$\frac{d}{v_i \cos \theta} = \frac{v_i \sin \theta}{g} + \frac{\sqrt{v_i^2 \sin^2 \theta - 2gh}}{g}$$

En manipulant l'équation ci-dessus, on trouve :

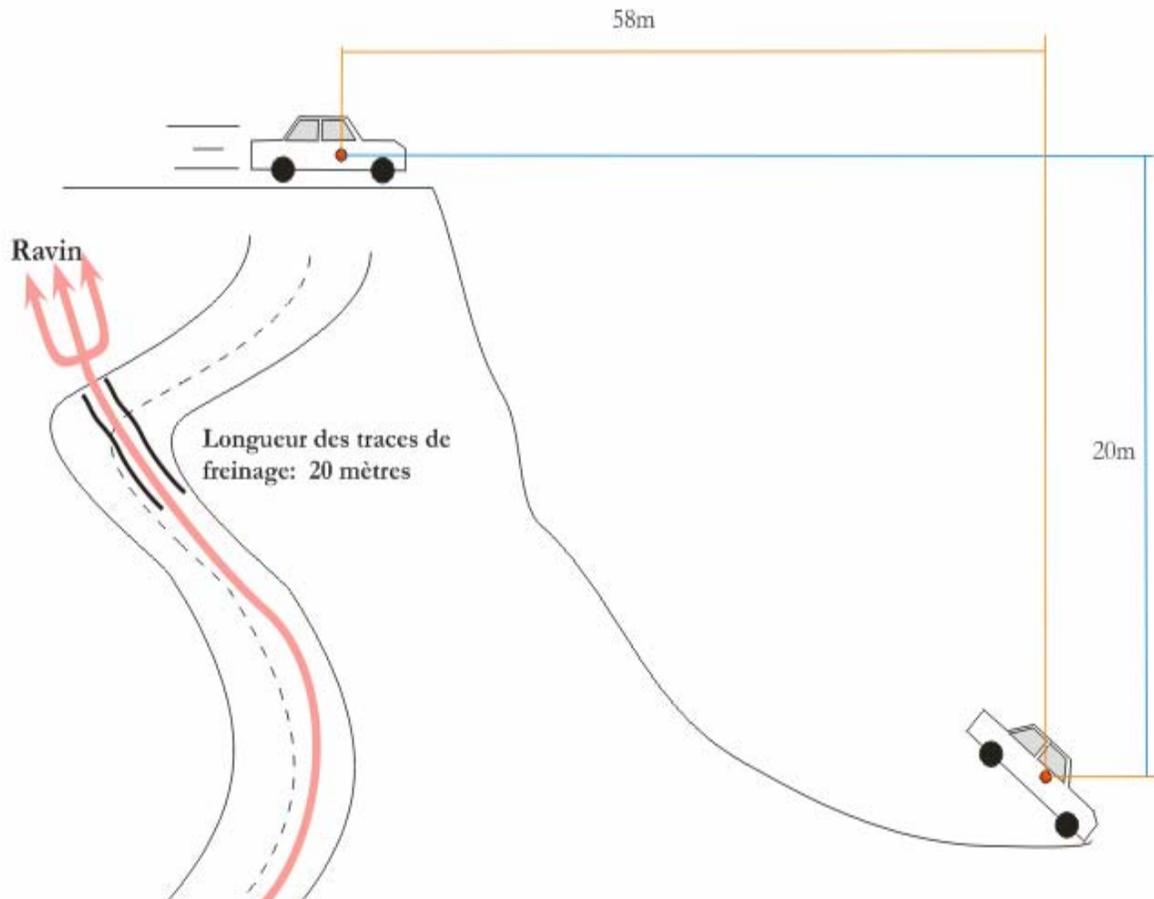
$$v = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \theta (d \sin \theta - h \cos \theta)}}$$

Pour les pentes généralement rencontrées, les angles sont faibles. Lorsque  $\theta$  est faible,  $\cos \theta$  est près de 1 alors que le  $\sin \theta$  est approximé par  $\tan \theta$  qui correspond à la pente « p ». Donc, pour de petits angles, on peut réduire la formule ci-dessus à la suivante :

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2(dp - h)}}$$

### Exemple

Un conducteur roulant trop rapidement sur une route sinueuse (vitesse affichée de 60 km/h) est tombé dans un ravin. On veut déterminer à quelle vitesse il roulait sur la route sinueuse. La route n'a pas de pente. Le coefficient de frottement sur la route a été mesuré et il était de 0.7 lors de l'accident.



On commence par déterminer la vitesse du véhicule avant son plongeon dans le ravin.

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \theta (d \sin \theta - h \cos \theta)}}$$

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos 0 (d \sin 0 - h \cos 0)}} \rightarrow v = d \sqrt{\frac{g}{-2h}}$$

$$v = 58 \sqrt{\frac{9.81}{-2 \times (-20)}} = 28.7 \text{ m/s} = 103 \text{ km/h}$$

**Le véhicule allait à 103 km/h avant de quitter la route et tomber dans le ravin. Avec les traces de freinage, on va pouvoir déterminer plus précisément la vitesse du véhicule sur la route :**

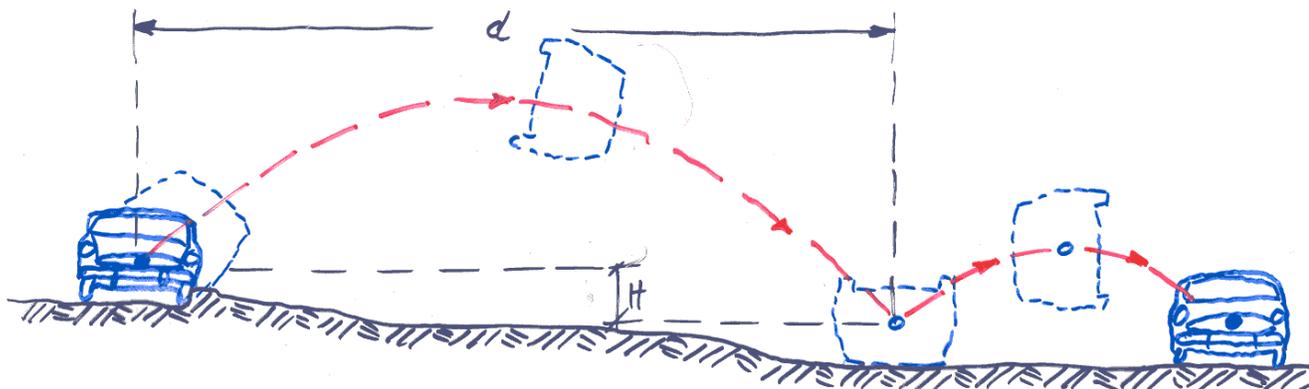
$$v_i = \sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f \pm p) + v_f^2}$$

$$v_i = \sqrt{20 \times 2 \times 9.81 \times (0.7 \pm 0) + 28.7^2} = 33.1 \text{ m/s} = 119.3 \text{ km/h}$$

**Le véhicule circulait donc beaucoup trop vite et il a manqué la courbe.**

• **Renversement (« flip »)**

- Ce cas est particulier et ne devrait pas être confondu avec des chutes. Comme il a été mentionné précédemment, une chute se produit lorsqu'un véhicule allant dans une direction quitte le sol et n'est plus supporté par celui-ci pendant qu'il passe au-dessus.
- Un renversement (« flip ») se produit lorsque le véhicule se déplace latéralement et la résistance des pneus est assez grande pour amener le véhicule à se soulever et quitter le sol. Généralement, les renversements se produisent lorsque les roues frappent des bordures de route ou lorsque les roues vont être dans un matériel non compacté et qu'ils vont creuser des sillons.



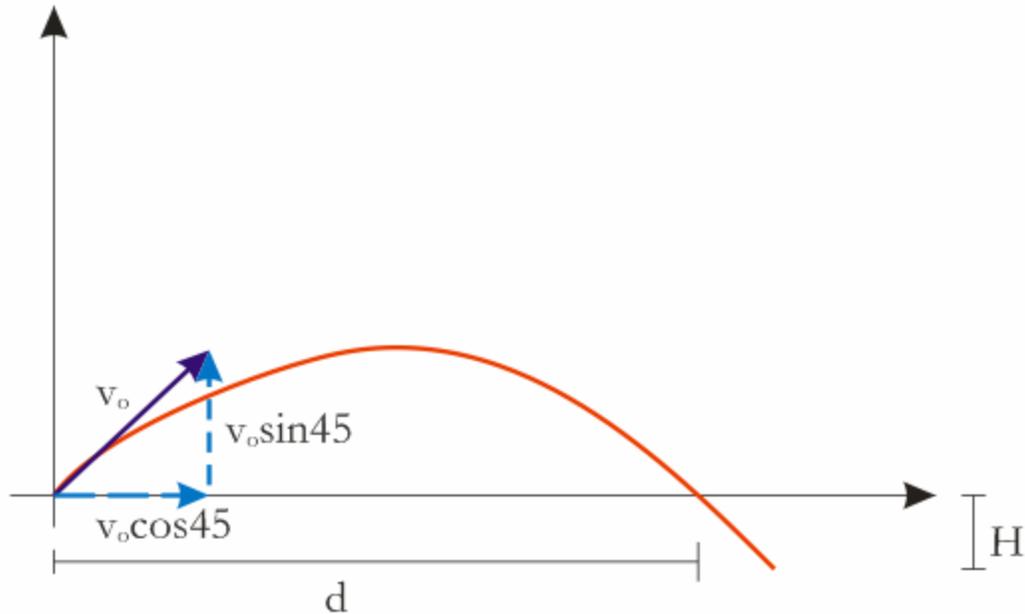
Afin de trouver la vitesse minimale requise pour parcourir une certaine distance dans les airs pour le renversement, on va supposer que l'angle au décollage est de  $45^\circ$ . Deux manières permettent d'y arriver. On peut partir de l'équation trouvée précédemment dans le cas d'une chute.

$$\cos 45 = \sin 45 \cong 0.707$$

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \theta (d \sin \theta - h \cos \theta)}} = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos 45 (d \sin 45 - h \cos 45)}}$$

$$v = d \sqrt{\frac{g}{(d - h)}}$$

La vitesse calculée ici est une vitesse minimale nécessaire pour parcourir la distance trouvée. En effet, la vitesse du véhicule peut avoir été plus grande. Ce qui arrive au véhicule après être retombé n'a pas d'importance. On peut aussi retrouver la même équation assez facilement à partir de la physique.



$$x_o = 0; y_o = 0$$

$$d = v_{ox}t = v_o t \cos 45 \rightarrow t = \frac{d}{v_o \cos 45}$$

$$y_o = y + v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow 0 = -H + v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$H = v_o \sin 45 \times \frac{d}{v_o \cos 45} - \frac{1}{2}g \left( \frac{d}{v_o \cos 45} \right)^2$$

$$v_o = d \sqrt{\frac{g}{d - H}}$$

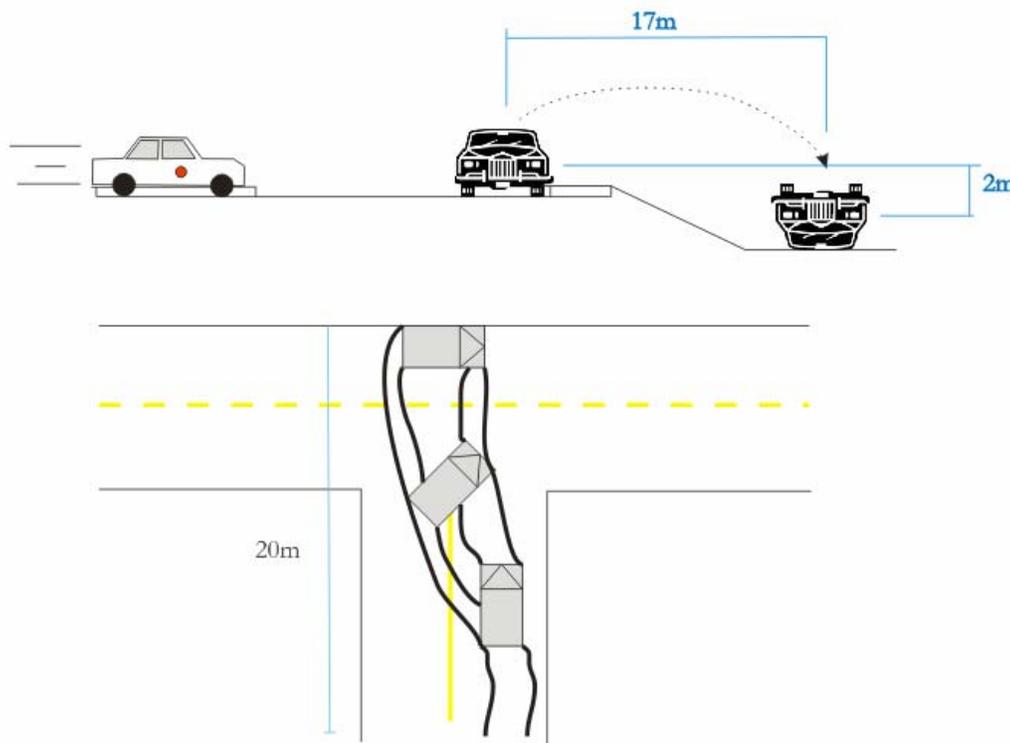
La vitesse calculée est minimale puisqu'on se base sur 45°. À un angle plus ou moins grand, la vitesse nécessaire pour atteindre « d » devrait être plus grande. De plus, on ne tient pas compte de déformations

éventuelles du sol et du véhicule. Par manipulations algébriques, on peut déterminer l'angle requis pour minimiser la vitesse au décollage tout en maximisant la distance horizontale parcourue.

$$\theta = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left( \frac{-h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \right)$$

### Exemple

Un automobiliste perd le contrôle de son véhicule, frappe une bordure de route et son véhicule se renverse. Une fois que le véhicule a touché le sol, il a continué à glisser sur son toit sur une distance de 25 mètres. La surface était du gazon. La figure suivante décrit la situation. On cherche la vitesse du véhicule lors de la perte de contrôle.



On ne connaît pas l'angle selon le lequel le véhicule a quitté la chaussée. On a donc deux façons de faire. On peut essayer de calculer l'angle qui va donner la vitesse minimale pour parcourir cette distance ou calculer la vitesse en assumant un angle de  $45^\circ$ . Pour les fins de l'exemple, on va procéder des deux façons :

### 1° Calcul de l'angle pour minimiser la vitesse

$$\theta = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left( \frac{-h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \right)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left( \frac{-(-2)}{\sqrt{(-2)^2 + 17^2}} \right) = 41.6^\circ$$

$$v_o = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \theta (d \sin \theta - h \cos \theta)}}$$

$$v_o = 17 \sqrt{\frac{9.81}{2 \cos 41.6 (17 \sin 41.6 - (-2) \cos 41.6)}} = 12.2 \text{ m/s} = 43.8 \text{ km/h}$$

### 2° Calcul de la vitesse en assumant un angle de $45^\circ$

$$v_o = d \sqrt{\frac{g}{d - H}}$$

$$v_o = 17 \sqrt{\frac{9.81}{17 - (-2)}} = 12.2 \text{ m/s} = 44 \text{ km/h}$$

Pour franchir cette distance en renversement, le véhicule devait aller à au moins 43.8 km/h. Il est possible qu'il ait roulé plus vite que cela cependant. La vitesse avant la perte de contrôle est calculée à partir des traces de freinage. On suppose un

**coefficient de friction de 0.60.**

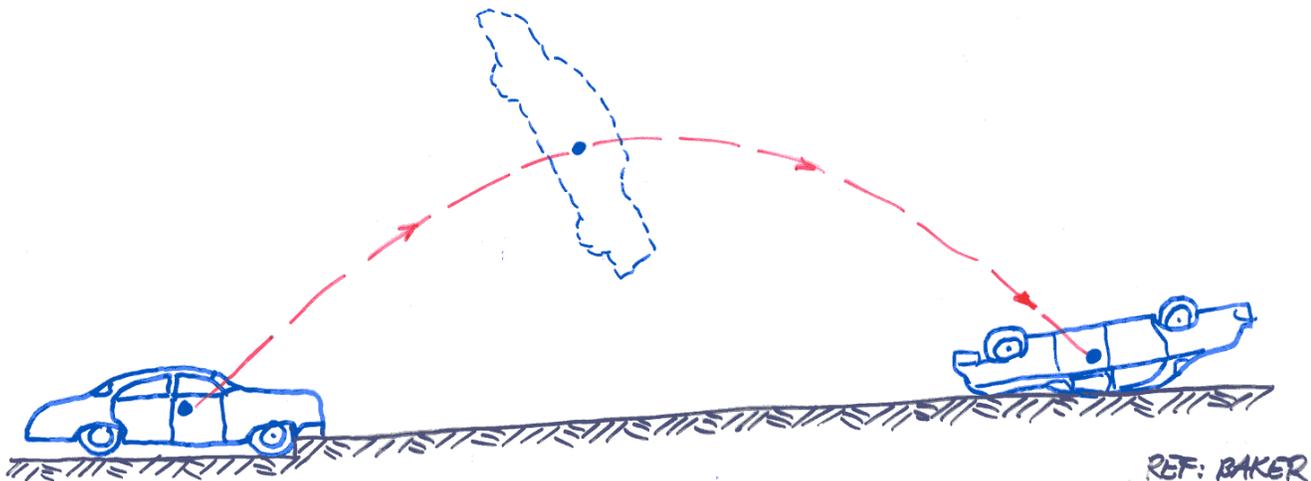
$$v_i = \sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f \pm p) + v_f^2}$$

$$v_i = \sqrt{20 \times 2 \times 9.81 \times (0.6 \pm 0) + 12.2^2} = 19.6 \text{ m/s} = 71 \text{ km/h}$$

**Il est à noter que le fait que le véhicule ait continué à glisser sur le gazon après le renversement n'a pas été pris en compte. En effet, cette information n'est pas utilisée ici parce que le renversement nous permet de calculer la vitesse du véhicule.**

- **Saut**

- Un saut (« vault ») est similaire à un renversement sauf qu'ils se produisent dans le sens longitudinal. Ce genre d'accident est rare. Pour avoir affaire à un saut, il faut que le centre de masse ait une accélération plus grande que celle de l'accélération gravitationnelle. Pour ce faire, le véhicule doit frapper un objet qui va faire en sorte que le mouvement de la partie avant du véhicule sera arrêté.



Dans le cas d'un saut (« vault »), on utilise les mêmes équations que pour les renversements et les chutes.

## CHAPITRE 4 – ANALYSE DES COLLISIONS

- Une collision correspond à une série d'évènements dans laquelle deux objets entre en contact. Voici trois de ces évènements :
  1. **Premier contact** : il s'agit du début de la collision. À cet instant, un objet commence tout juste à toucher l'autre et les forces commencent à se développer entre les deux objets.
  2. **Engagement maximal** : Après le premier contact, les forces et la pénétration augmentent jusqu'à l'engagement maximal. Supposons un véhicule qui frappe un objet fixe. Lorsqu'il est à l'engagement maximal, pour un instant, le véhicule et particulièrement la partie du véhicule en contact avec l'objet s'arrête. Ainsi, à cet instant, le véhicule et l'objet sont à la même vitesse, soit zéro. Ensuite, dû à l'élasticité des matériaux constituant le véhicule, le véhicule se déplace vers l'arrière. La pénétration et les forces diminuent. Puisque l'élasticité des automobiles est généralement assez faible, le rebond après l'engagement maximal est à peu près nul. De plus, les déformations subies pendant l'engagement maximal vont rester comme étant les dommages du véhicule lorsqu'il sera arrivé à un arrêt.
  3. **Séparation ou arrêt** : cet état se produit lorsque les forces entre les deux objets deviennent nulles.
  
- Les impacts peuvent être divisés en deux catégories.

IMPACT INCOMPLET



IMPACT COMPLET



- **Impact complet** : cela se produit lorsqu'une partie des surfaces qui entrent en collision atteint la même vitesse

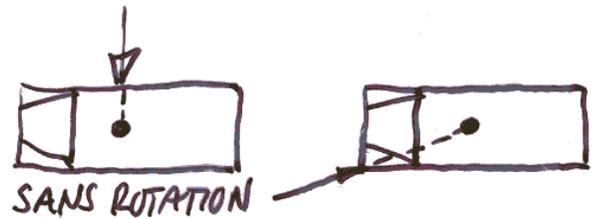
pendant l'impact. Par exemple, un véhicule qui frappe un poteau de plein fouet va terminer à la vitesse du poteau, soit zéro.

- **Impact incomplet** : ce type d'impact se produit lorsqu'aucune des surfaces impliquées dans la collision n'atteignent la même vitesse. Par exemple, un véhicule qui effleure un poteau.

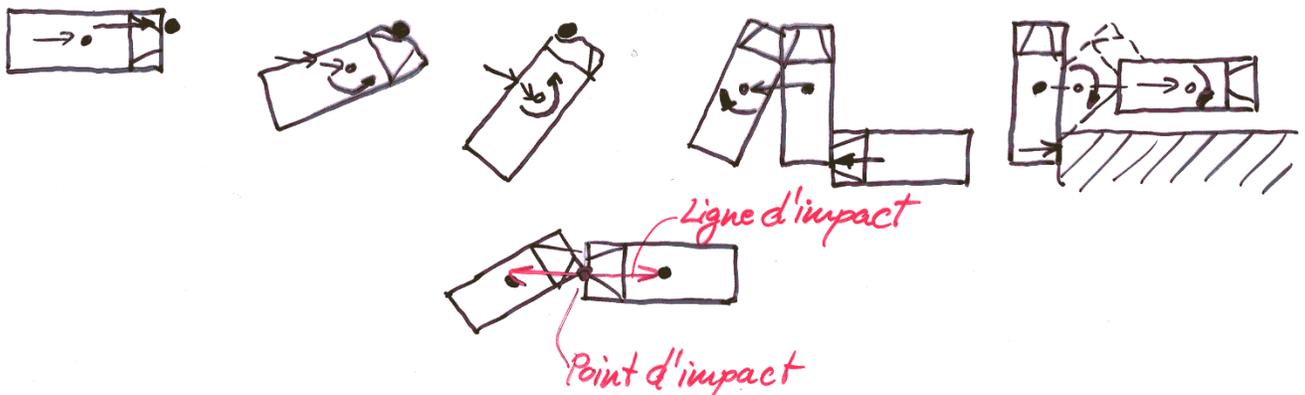
- **Les mouvements durant l'impact.**

- Lors d'un impact, des forces sont générées entre un véhicule et un autre objet. Ces forces vont faire modifier la vitesse, la direction et la rotation du véhicule.
- Les collisions laissent des marques tout comme les forces de friction. Les forces de friction vont laisser des marques sur le sol alors que les collisions vont laisser des marques en termes de déformations sur les véhicules, de blessures et de cicatrice sur la route ou les abords de route.
- **Vitesse** : lors d'une collision, la vitesse des objets change. Le véhicule peut être ralenti (face à face) ou accéléré (collision arrière).
- **Rotation** : la rotation est fonction de la vitesse des objets, de leur direction et de leur point d'application. Lorsque la force est appliquée directement vers le centre de masse du véhicule, le véhicule sera accéléré ou ralenti dans la direction de la force, mais il ne sera pas en rotation. Cependant, si la force est excentrique, le véhicule va se mettre à tourner. Plus la force est appliquée loin du centre de masse, plus la rotation sera grande. Le point où les deux véhicules entrent en collision est nommé point d'impact.

IMPACT CENTRAL



IMPACT EXCENTRIQUE



➤ **Dommages** : les dommages sont produits par les forces induites lors d'une collision. Afin d'avoir exactement les mêmes dommages dans des collisions différentes impliquant des vitesses différents, trois conditions sont nécessaires :

1. Le point de contact des véhicules doit être exactement le même
2. Les véhicules doivent s'approcher l'un de l'autre dans les mêmes directions.
3. La vitesse finale doit être la même

Ainsi, soit les situations suivantes. On considère dans les trois cas que les véhicules se frappent face à face parfaitement. Dans le premier cas, le véhicule allant en direction Nord à une vitesse de 50 km/h frappe celui qui va vers le Sud, mais qui est stationnaire. Dans le second cas, c'est l'inverse. Celui vers le Sud va à 50 km/h et celui vers le Nord est stationnaire. Enfin, dans le troisième cas, le véhicule qui va vers le Nord

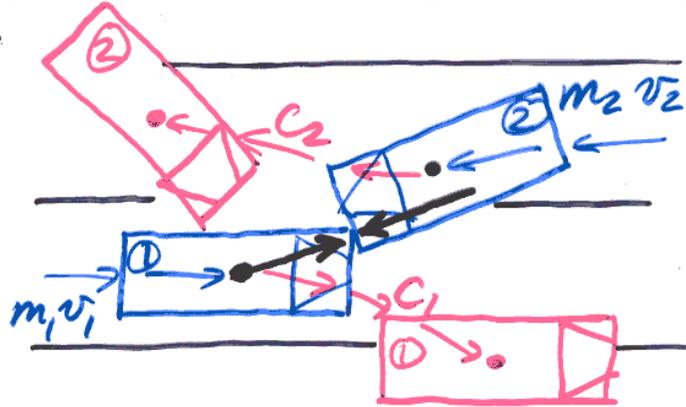
circule à 30 km/h alors que celui qui circule vers le Sud va à 20 km/h. Dans ces trois cas, les dommages sur les véhicules seront exactement les mêmes. Cependant, on ne peut pas se baser uniquement sur les dommages pour déterminer quel véhicule allait le plus rapidement. Il faut d'autres indices.

Lorsque deux véhicules entrent en collision, le véhicule le moins endommagé, indépendamment des vitesses impliquées, sera le plus rigide.

- Dans une collision, deux situations peuvent se produire :
  - Les véhicules restent ensemble après l'impact
  - Les véhicules parcourent des chemins différents après l'impact
  
- Pour estimer les vitesses initiales avant impact, il faut obtenir :
  - La masse des véhicules
  - Les vitesses (vitesse et direction) après impact
  - Les trajectoires des véhicules s'approchant du point de collision
  - Les dimensions des véhicules et les déformations causées par l'impact
  
- Les vitesses peuvent être estimées à l'aide des traces de freinage ou de glissement (s'il y en a)
- Dans la plupart des cas, les véhicules se séparent après l'impact
- Il est généralement plus facile de calculer les vitesses relatives des véhicules que les vitesses absolues.
- Deux principes de la mécanique sont utilisés :
  - La conservation de la quantité de mouvement
  - La conservation de l'énergie

**La conservation de la quantité de mouvement**

La somme de toutes les quantités de mouvement dans le système reste constante s'il n'y a pas de force extérieure agissant sur ce système.



$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 c_1 + m_2 c_2$$

Si on connaît les vitesses finales des véhicules, on peut calculer leurs vitesses initiales. Il y a deux types de chocs :

- **Élastique** : les deux masses rebondissent et continuent leur chemin séparément

➤ Pendant le court temps du contact, les deux masses ont la même vitesse « c » :

$$c = \frac{m_1 c_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

➤ Ensuite elles se séparent et :

$$c_1 = 2c - v_1$$

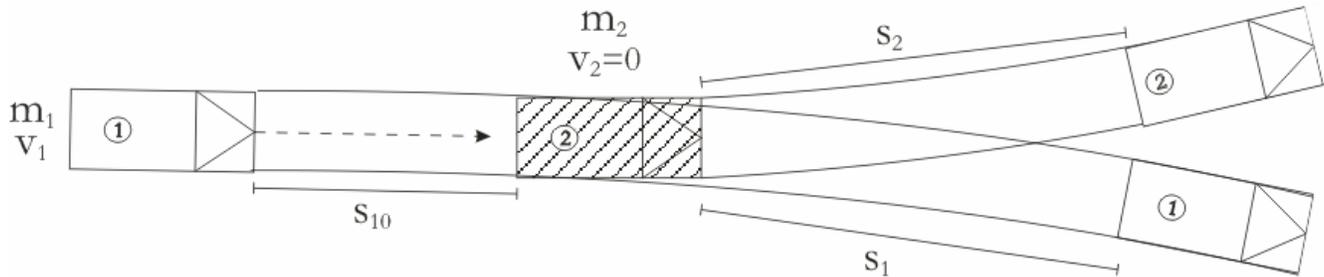
$$c_2 = 2c - v_2$$

- **Inélastique** : les deux masses agissent comme une seule après l'impact et leur vitesse est alors la même (c).

$$c = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

**Collision arrière**

a. Le véhicule frappé est arrêté



- Localiser le point d'impact
- Déterminer les distances glissées par chaque véhicule à partir des traces de freinage ou de glissement (s)

$$v_i = \sqrt{v_f^2 + 2ad}$$

$$v_i = \sqrt{2ad}$$

$$a = gf; d = s$$

$$c_1 = \sqrt{2s_1g(f \pm p)}$$

$$c_2 = \sqrt{2s_2g(f \pm p)}$$

- La quantité de mouvement est la même avant et après l'impact

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1C_1 + m_2C_2 \rightarrow m_1v_1 + m_2 \times 0 = m_1C_1 + m_2C_2$$

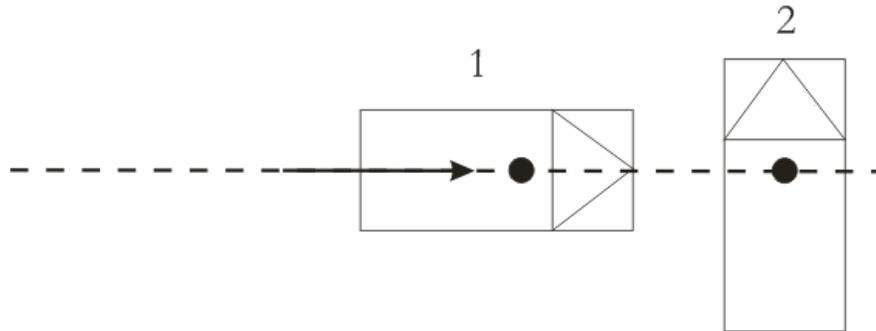
$$v_1 = \frac{m_1C_1 + m_2C_2}{m_1}$$

- À partir de cette vitesse et de la longueur des traces de freinage avant l'impact (s<sub>10</sub>), on peut déterminer la vitesse initiale du véhicule avant qu'il ne commence à freiner.

$$v_i = \sqrt{2gs_{10}(f \pm p) + c_i^2}$$

**Exemple**

Un véhicule roulant à 50 km/h et pesant 2500 kg frappe un autre véhicule à 90°. Le second véhicule a une vitesse nulle et une masse de 1250 kg. Quelle est la vitesse après l'impact et quelle est la distance parcourue? On suppose un coefficient de frottement de 0.75.



On commence par faire quelques hypothèses :

- Les véhicules restent ensemble
- Les roues sont bloquées (soit par la déformation ou le freinage)

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = c(m_1 + m_2)$$

$$c = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2500 \times 50}{2500 + 1250} = 33.3 \text{ km/h}$$

Après l'impact, les véhicules se déplaceront ensemble à 33.3 km/h. La distance qu'ils parcourront sera :

$$c = \sqrt{2sg(f \pm p)}$$

$$s = \frac{c^2}{2g(f \pm p)} = \frac{(33.33/3.6)^2}{2 \times 9.81 \times 0.75} = 5.8 \text{ m}$$

b. Le véhicule frappé est en mouvement

- Il est à noter que si on veut calculer les vitesses initiales, on a besoin des traces de freinage.
- Il faut déterminer le point d'impact.
- Il faut mesurer les traces de freinage après l'impact afin de calculer  $c_1$  et  $c_2$
- Enfin, pour pouvoir déterminer les vitesses des deux véhicules, il faut avoir la vitesse d'un des véhicules à l'impact. Il faut donc se baser sur les témoignages des conducteurs impliqués.

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1C_1 + m_2C_2$$

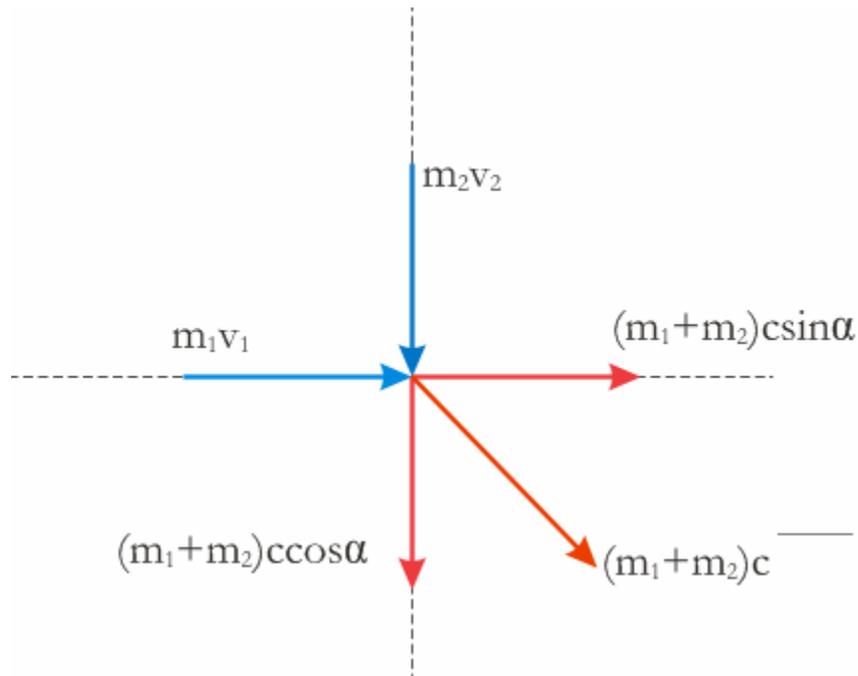
***Collision frontale***

- Les collisions frontales sont rares puisque les conducteurs essaient de s'éviter. On fait plus souvent face à des collisions sur les coins des véhicules.
- Les véhicules s'arrêtent au point d'impact et rebondissent ou se déplacent dans la direction du véhicule qui possède la plus grande quantité de mouvement.
- Les vitesses d'impact restent inconnues. Elles peuvent être estimées à partir des déformations.

***Collision à angle droit (carrefours)***

- La quantité de mouvement dans une direction particulière est conservée après impact.

a. Les véhicules restent ensemble



$$(m_1 + m_2)c \times \sin \alpha = m_1 v_1 \rightarrow \sin \alpha = \frac{m_1 v_1}{c(m_1 + m_2)}$$

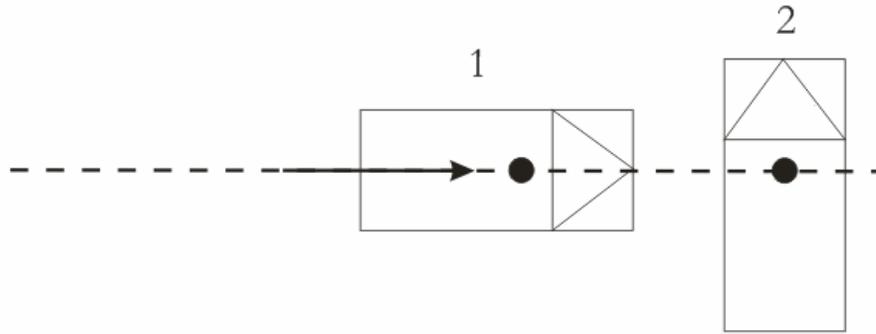
$$(m_1 + m_2)c \times \cos \alpha = m_2 v_2 \rightarrow \cos \alpha = \frac{m_2 v_2}{c(m_1 + m_2)}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$c = \sqrt{\frac{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}{(m_1 + m_2)^2}}$$

**Exemple #1**

Un véhicule roulant à 50 km/h et pesant 2500 kg frappe un autre véhicule à 90°. Le second véhicule a une vitesse de 60 km/h et une masse de 2250 kg. Quelle est la vitesse après l'impact et quelle est la distance parcourue? On suppose un coefficient de frottement de 0.75.



**On commence par faire quelques hypothèses :**

- Les véhicules restent ensemble
- Les roues sont bloquées (soit par la déformation ou le freinage)

$$c = \sqrt{\frac{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}{(m_1 + m_2)^2}} = \sqrt{\frac{2500^2 \times 50^2 + 2250^2 \times 60^2}{(2500 + 2250)^2}}$$

$$c = 38.7 \text{ km/h}$$

**Après l'impact, les véhicules se déplaceront ensemble à 38.7 km/h. La distance qu'ils parcourront sera :**

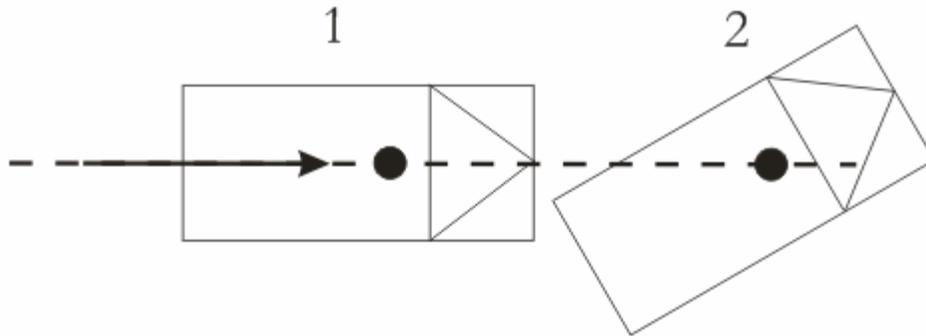
$$c = \sqrt{2sg(f \pm p)}$$

$$s = \frac{c^2}{2g(f \pm p)} = \frac{(38.7/3.6)^2}{2 \times 9.81 \times 0.75} = 7.9 \text{ m}$$

### Exemple #2

Un véhicule roulant à 50 km/h et pesant 2500 kg frappe un autre véhicule. Le premier véhicule se déplace selon un gisement de

90°. Le second véhicule a une vitesse de 60 km/h et une masse de 2250 kg. Il se déplace selon un gisement de 60°. Quelle est la vitesse après l'impact et quelle est la distance parcourue? On suppose un coefficient de frottement de 0.75 et que les véhicules se déplacent ensemble après la collision selon un gisement de 70°.



On commence par faire quelques hypothèses :

- Les véhicules restent ensemble
- Les roues sont bloquées (soit par la déformation ou le freinage)

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) c$$

$$m_1 v_1 \sin(\gamma_1) + m_2 v_2 \sin(\gamma_2) = (m_1 + m_2) c \sin(\beta)$$

$$c = \frac{m_1 v_1 \sin(\gamma_1) + m_2 v_2 \sin(\gamma_2)}{(m_1 + m_2) \sin(\beta)}$$

Selon x :

$$c = \frac{2500 \times 50 \sin(90) + 2250 \times 60 \sin(60)}{(2500 + 2250) \sin(70)} = 54.2 \text{ km/h}$$

$$m_1 v_1 \cos(\gamma_1) + m_2 v_2 \cos(\gamma_2) = (m_1 + m_2) c \cos(\beta)$$

$$c = \frac{m_1 v_1 \cos(\gamma_1) + m_2 v_2 \cos(\gamma_2)}{(m_1 + m_2) \cos(\beta)}$$

Selon y :

$$c = \frac{2500 \times 50 \cos(90) + 2250 \times 60 \cos(60)}{(2500 + 2250) \cos(70)} = 41.5 \text{ km/h}$$

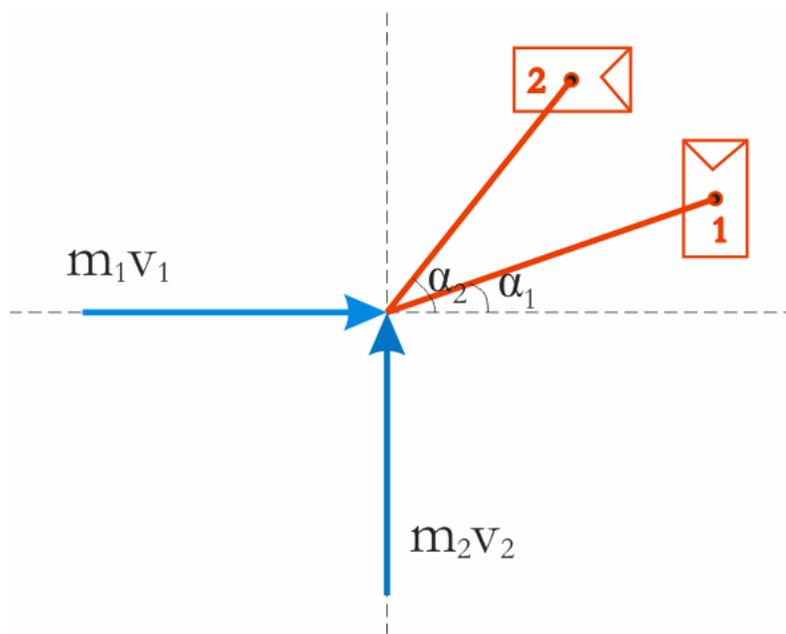
$$c = \sqrt{c_x^2 + c_y^2} = \sqrt{54.2^2 + 41.5^2} = 68.3 \text{ km/h}$$

**Après l'impact, les véhicules se déplaceront ensemble à 68.3 km/h. La distance qu'ils parcourront sera :**

$$c = \sqrt{2sg(f \pm p)}$$

$$s = \frac{c^2}{2g(f \pm p)} = \frac{(68.3/3.6)^2}{2 \times 9.81 \times 0.75} = 24.5 \text{ m}$$

b. Les véhicules se séparent



$$m_1 v_1 = m_2 c_2 \cos \alpha_2 + m_1 c_1 \cos \alpha_1$$

$$m_2 v_2 = m_2 c_2 \sin \alpha_2 + m_1 c_1 \sin \alpha_1$$

S'il y a des traces de freinage, on obtient  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_{10}$  et  $v_{20}$

- Connaissant les vitesses, on peut estimer les temps pour savoir qui est entré en premier dans le carrefour.
- Baker décrit une méthode graphique utilisant l'addition de vecteurs pour résoudre le problème.

## La conservation de l'énergie

- Le principe de la conservation d'énergie réside dans le fait que la sommation des énergies avant l'impact est égale à la sommation des énergies après l'impact
- L'analyse à partir des quantités de mouvement ne considère pas les déformations
- L'énergie cinétique est utilisée pour les déformations
- On peut estimer « v » à partir des déformations. Cependant, cette estimation est plus ou moins fiable.

$$\text{Énergie avant : } E_{AV} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

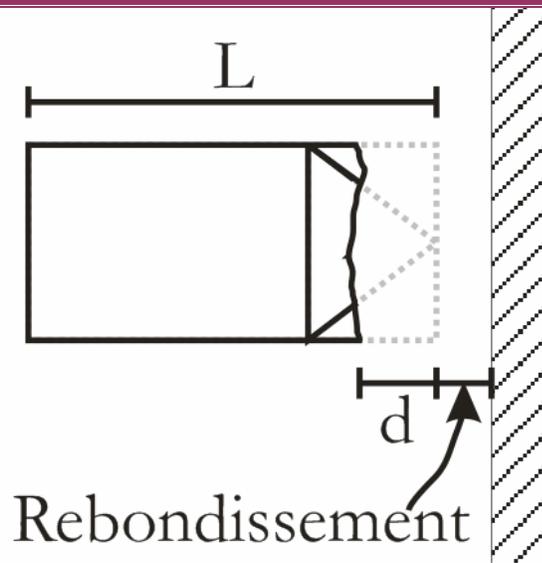
$$\text{Énergie après : } E_{AP} = \frac{(m_1 + m_2) c^2}{2}$$

$$c = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

$$E_{AP} = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}$$

### **Exemple**

**Une auto frappe un mur ( $m_2 = \infty$  ;  $v_2 = 0$ ).**



**Toute l'énergie cinétique est transformée en déformations. La force d'impact est déterminée à partir de la déformation « d ».**

$$F \times d = \frac{1}{2} mv^2$$
$$F = \frac{mv^2}{2d}$$

**Cette force agit sur le conducteur, d'où l'intérêt d'avoir le plus de déformation possible.**

Tableau n° 4 : LE CHOC D'UN VÉHICULE À 80 KM/H SUR UN OBSTACLE FIXE<sup>17</sup>

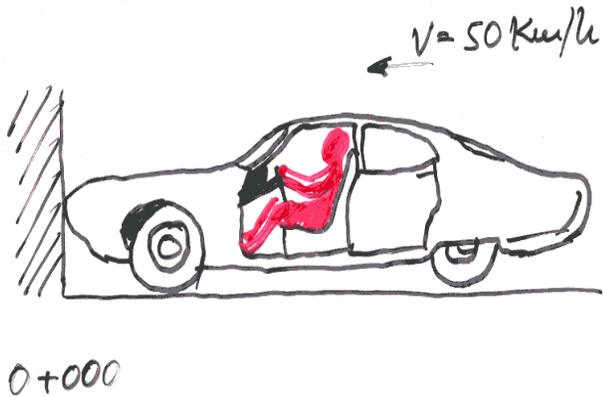
APRÈS ...	COMPORTEMENT DU VÉHICULE	COMPORTEMENT DES OCCUPANTS
0,026 s	Les pare-chocs s'écrasent. En même temps, la voiture subit une force (facteur de décélération) qui équivaut, à hauteur du siège du pilote, à trente fois le poids du véhicule;	le conducteur est lancé avec le siège environ 15 cm en avant;
0,039 s		
0,044 s	la décélération est telle que sur la voiture et sur chaque occupant s'exerce une force qui est 80 fois plus grande que leur propre poids;	sa cage thoracique heurte le volant;
0,050 s		il pousse avec une pression de 4 tonnes contre la colonne de direction;
0,060 s		
0,092 s		il est renvoyé vers l'arrière après avoir subi des lésions graves sinon fatales;
0,100 s	la voiture commence à reculer légèrement;	le passager assis derrière le conducteur est arrivé à l'avant et lui inflige un nouveau choc;
0,110 s		
0,113 s	le silence se fait, les débris de verre et de ferraille retombent au sol, un nuage de poussière enveloppe les lieux du choc.	FIN
0,150 s		
0,200 s		

Tableau n° 11 : EFFICACITÉ DE LA CEINTURE DE SÉCURITÉ SELON LA VITESSE<sup>47</sup>

VIOLENCE DES CHOCs FRONTAUX			
Variation de vitesse Décélération moyenne	< 25 km/h < 5 g	25 à 55 km/h 5 à 11 g	> 55 km/h > 11 g
<b>Ceinturés</b>			
Tués	0	2	4
Impliqués	202	198	13
Tués / 100 impliqués	0 %	2 %	31 %
<b>Non ceinturés</b>			
Tués	2	44	15
Impliqués	471	368	32
Tués / 100 impliqués	0,5 %	12 %	47 %
<b>EFFICACITÉ DE LA CEINTURE</b>	<b>ABSOLUE</b>	<b>LE RISQUE DE MORT EST DIVISÉ PAR 6</b>	<b>LE RISQUE DE MORT EST DIVISÉ PAR 1,5</b>

Source : « En vitesse... ou en sécurité? », SAAQ, 1994

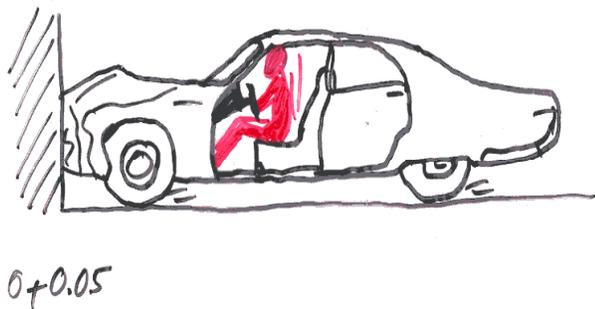
**a) La collision de l'automobile**



- La voiture d'arrête en 0.1 s
- La décélération moyenne est :

$$a = \frac{v(t) - v(t + \Delta t)}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right) - 0}{0.1} = 138.89 \text{ m/s}^2 \approx 14g$$



- La déformation est :

$$\Delta x = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2a}$$

$$\Delta x = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^2 - 0}{2 \times 138.89} = 0.694 \text{ m}$$



0+0.1s LA VOITURE S'IMMOBILISE  
 0+0.12s L'INDIVIDU HEURTE L'INTÉRIEUR  
 0+0.13s L'INDIVIDU EST ARRÊTÉ

- Le devant du véhicule agit comme un coussin en absorbant l'énergie.

**b) La collision humaine – occupants sans ceinture**

- Comme on l'a vu précédemment, la voiture arrivant à 50 km/h s'écrase d'environ 70 cm en 0.1 seconde.
- Les occupants continuent pendant ce temps à la vitesse initiale et parcourent le chemin entre leurs sièges et le pare-brise en environ 0.12 s.
- Ils s'arrêtent en 0.01 seconde.
- La surface étant dure, la déformation doit être subie par le corps (tête).
- La décélération subie :

$$a_{\text{moy}} = \frac{v(t) - v(t + \Delta t)}{\Delta t}$$

$$a_{\text{moy}} = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right) - 0}{0.01} = -1390 \text{ m/s}^2 = -142g$$

- La déformation est :

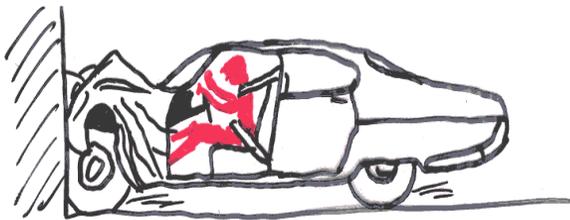
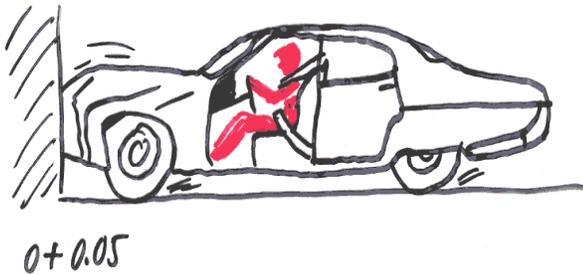
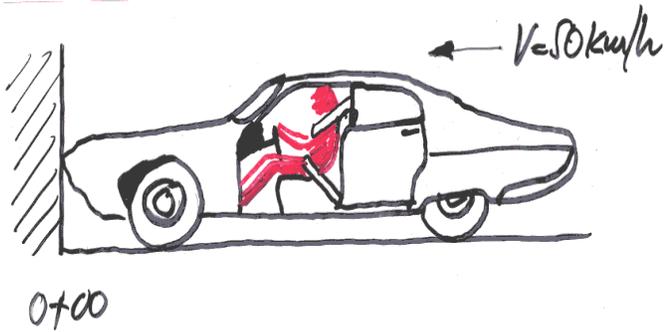
$$\Delta x = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2a}$$

$$\Delta x = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^2 - 0}{2 \times 1388.9} = 0.0694 \text{ m}$$

$$F = \frac{mv^2}{2d} = \frac{9 \times 13.89^2}{2 \times 0.069} = 12583 \text{ N} = 1283 \text{ kg}$$

- Cette force est absorbée par la tête.

**c) La collision humaine – occupants avec ceinture**



LA VOITURE ET LES OCCUPANTS S'IMMOBILISENT

- On prévoit des ceintures pouvant résister à 5000 livres.
- Le conducteur est projeté en avant jusqu'à ce que la ceinture à baudrier l'arrête.
- Forces :

Conducteur : 80kg  
 $\Delta v = 13.89 \text{ m/s}^2$   
 $\Delta t = 0.1 \text{ s}$

$$a_{\text{moy}} = \frac{v(t) - v(t + \Delta t)}{\Delta t}$$

$$a_{\text{moy}} = \frac{13.89}{0.1} = -138.9 \text{ m/s}^2 \approx -14g$$

L'accélération subie par les occupants attachée est 10 fois plus petite que s'ils ne sont pas attachés.

$$\Delta x = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2a} = \frac{13.89^2}{2 \times 138.9} = 0.69 \text{ m}$$

$$F = \frac{mv^2}{2d} = \frac{80 \times 13.89^2}{2 \times 0.69} = 11184 \text{ N} = 1140 \text{ kg}$$

La force exercée sur le corps est moins importante que celle exercée sur la tête uniquement.

### **Exemple**

**Peut-on s'agripper ou s'arc-bouter des bras ou des jambes pour éviter le choc?**

**Temps de réaction : 0.1 s**

**Vitesse : 30 km/h**

**Distance passager – tableau de bord : 0.6 m**

$$t = \frac{s}{v} = \frac{0.6}{\left(\frac{30}{3.6}\right)} = 0.072s$$

**En si peu de temps, on a même pas le temps de lever les bras.**

## CHAPITRE 5 – LA MESURE DES DONNÉES SUR LE SITE

---

### Pente

- La pente est un changement d'élévation en unités de distance dans une certaine direction le long de la ligne centrale.
- Il s'agit du rapport entre la distance verticale et la distance horizontale sur une certaine longueur de route.
- La pente est positive dans le cas d'une montée et négative dans le cas d'une descente.
- Le dévers est la pente transversale
- La pente longitudinale se mesure avec un inclinomètre
- La pente transversale avec une longue règle (10 pieds par exemple). La règle est mise à l'horizontale avec un niveau et on mesure l'écart entre la règle et le sol pour trouver le dévers.

### Coefficient de friction

- Il a été mentionné précédemment que le coefficient de friction est le rapport entre la force de traction et le poids d'un objet.

$$F = ma$$

$$a = gf$$

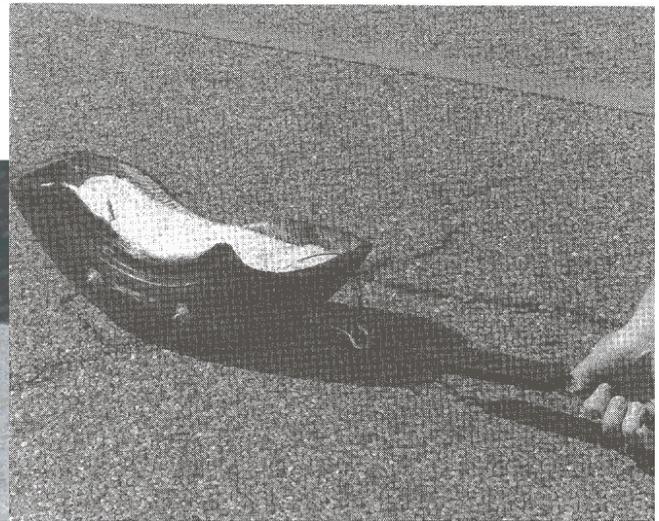
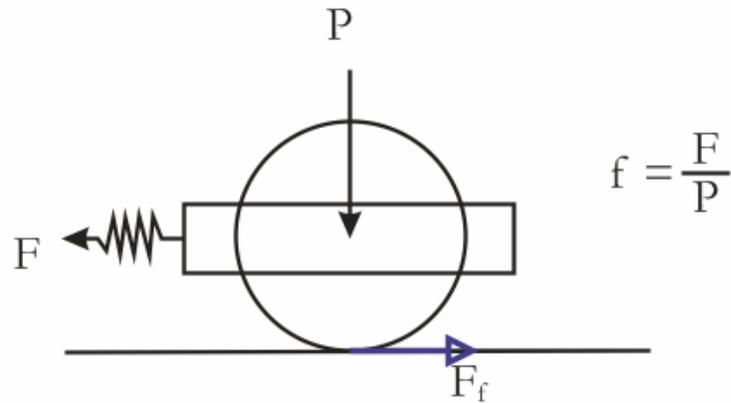
$$F = mgf$$

$$W = mg$$

$$F = \frac{W}{g} gf \rightarrow F = Wf$$

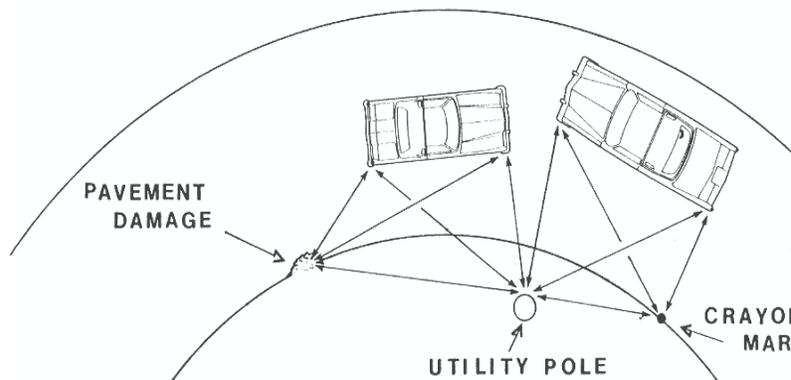
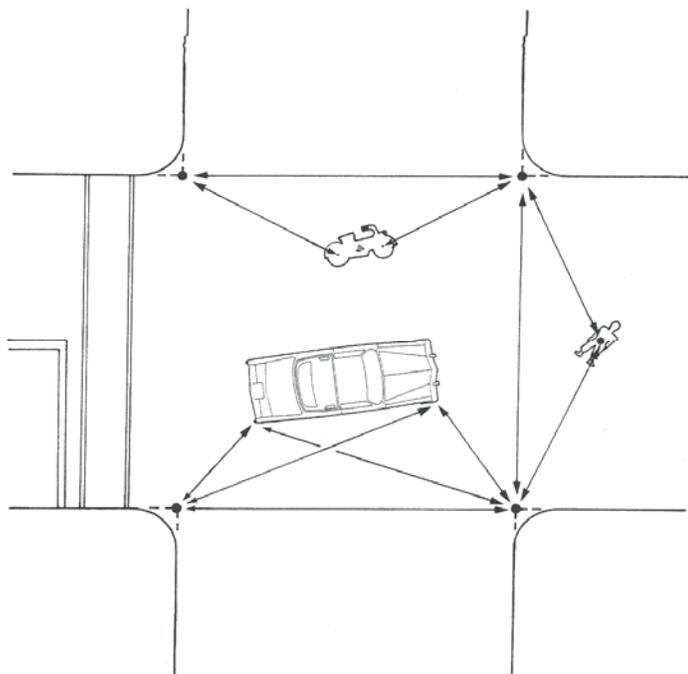
$$f = \frac{F}{W}$$

- Afin de calculer le coefficient de friction à un endroit donné, la méthode la plus simple consiste à prendre un pneu (dans le cas où c'est le pneu qui glisse), de le peser afin de calculer son poids. On tire ensuite le pneu sur la surface désirée avec un dynamomètre et on mesure la force de frottement cinétique (et non la force de frottement statique)

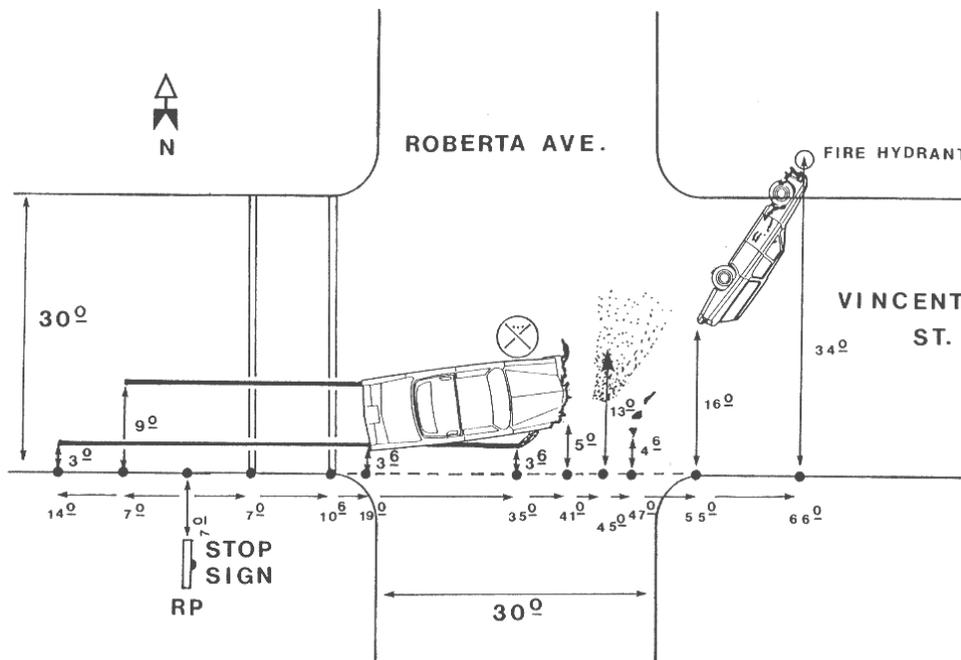
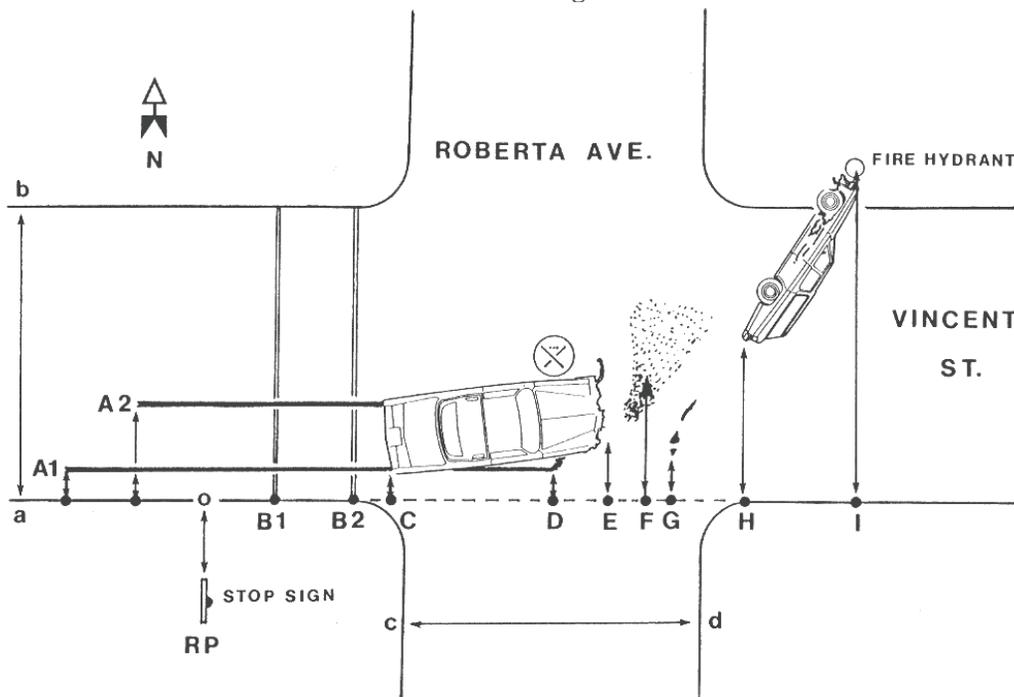


### Méthodes de localisation

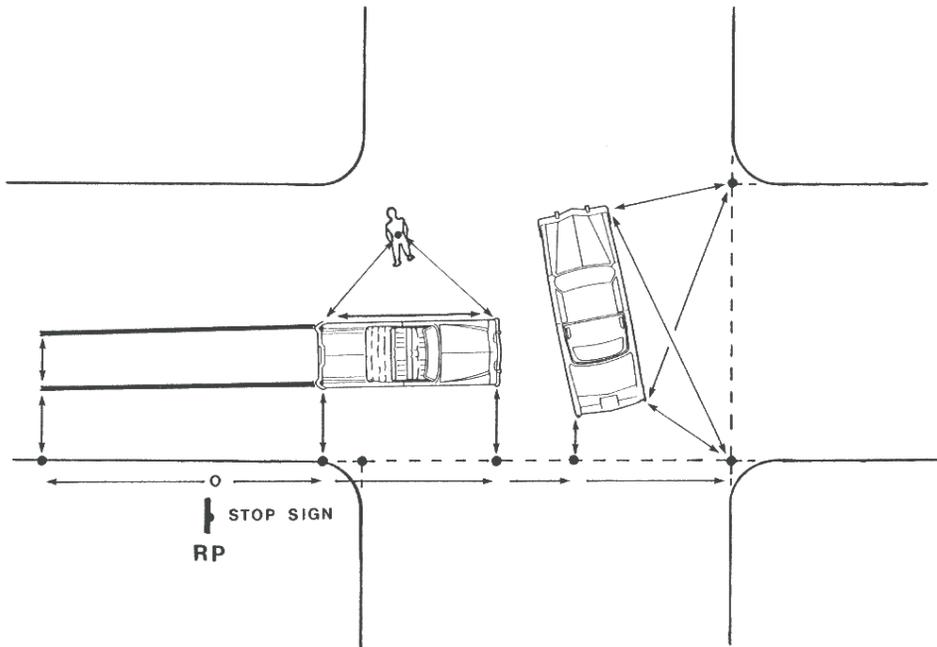
- *Triangulation* : il s'agit d'une méthode pour localiser un endroit sur une surface en faisant des mesures à partir d'au moins deux points de référence. La méthode s'applique aussi dans les courbes



- *Coordonnées* : les coordonnées sont des distances mesurées à angle droit à partir d'une ligne de référence jusqu'au point voulu. La ligne de référence peut être la bordure de route si elle est droite.

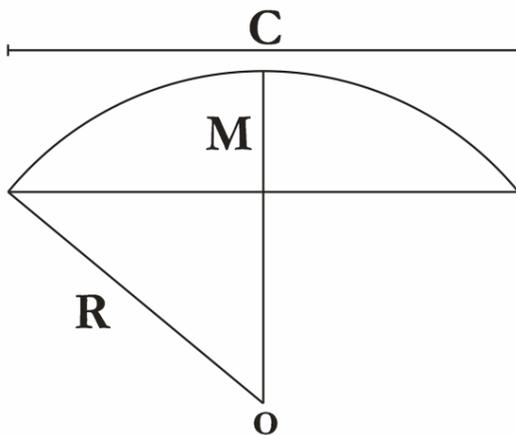


- Dans certaines circonstances, les deux méthodes peuvent être utilisées pour prendre des mesures.



Mesures des courbes et intersections

- Une courbe est une partie de la circonférence d'un cercle. Il faut d'abord déterminer le rayon à partir des mesures qu'on peut faire sur le terrain. Sur le terrain, on peut mesurer la corde (C) et la flèche principale (M)

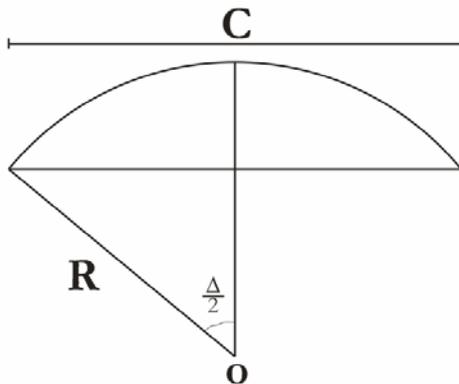


$$R^2 = \left(\frac{C}{2}\right)^2 + (R - M)^2$$

$$R^2 = \frac{C^2}{4} + R^2 - 2RM + M^2$$

$$2RM = \frac{C^2}{4} + M^2 \rightarrow R = \frac{C^2}{8M} + \frac{M}{2}$$

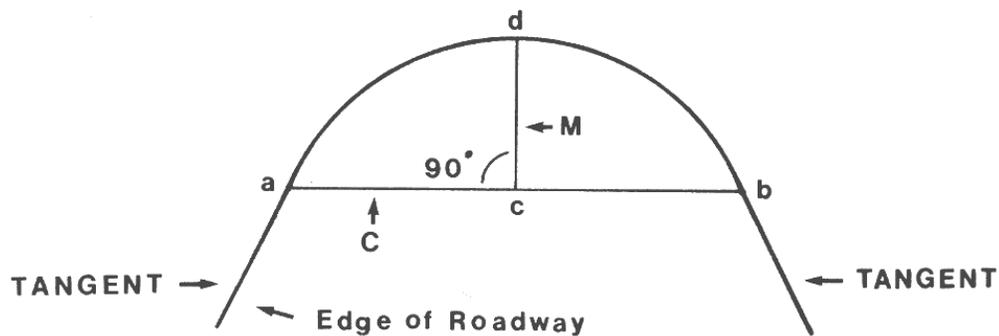
- On peut ensuite déterminer l'angle de déflexion de la courbe :



$$\sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = \frac{(C/2)}{R}$$

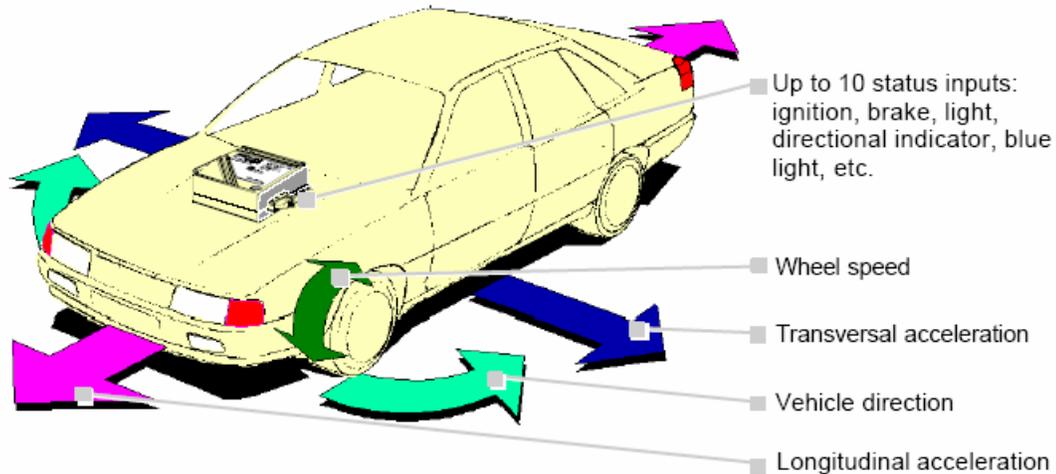
$$\Delta = 2 \sin^{-1}\left(\frac{C}{2R}\right)$$

- Avec la figure suivante, on peut déterminer les étapes à suivre pour mesurer une courbe sur le terrain. Il faut d'abord localiser les points « a » et « b ». Ces points se trouvent là où la courbe débute et se termine, soit où la route devient droite. La distance entre ces deux points est la corde. Le point « c » se trouve au milieu de la corde. Le point « d » est à un angle de 90° de la corde et au milieu de la chaussée. La distance entre « c » et « d » est la flèche principale. Avec ces mesures, on peut trouver le rayon, l'angle de déflexion et toutes les autres mesures de la courbe.

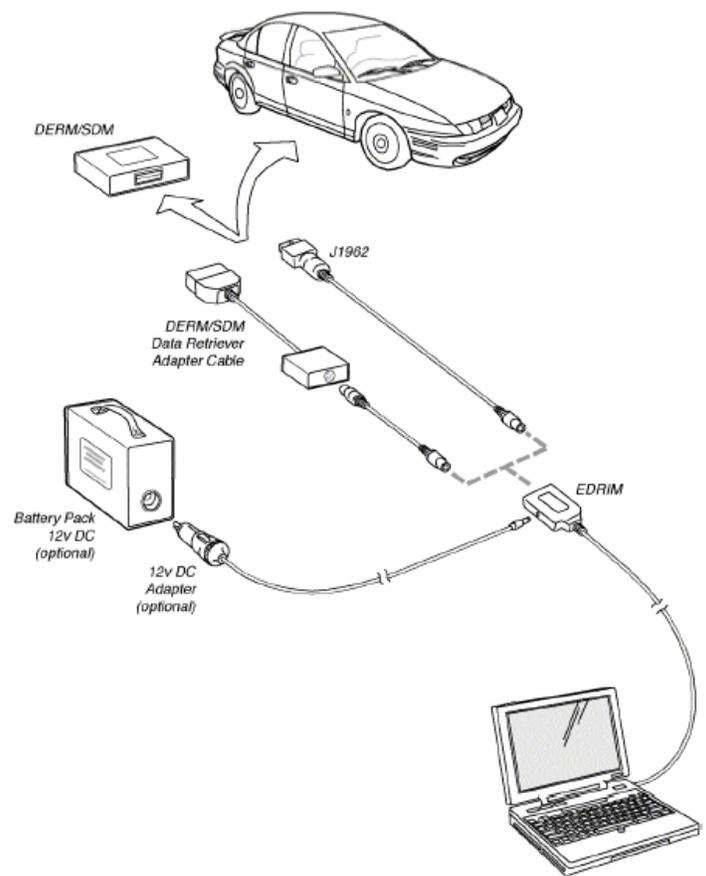


## Vitesse

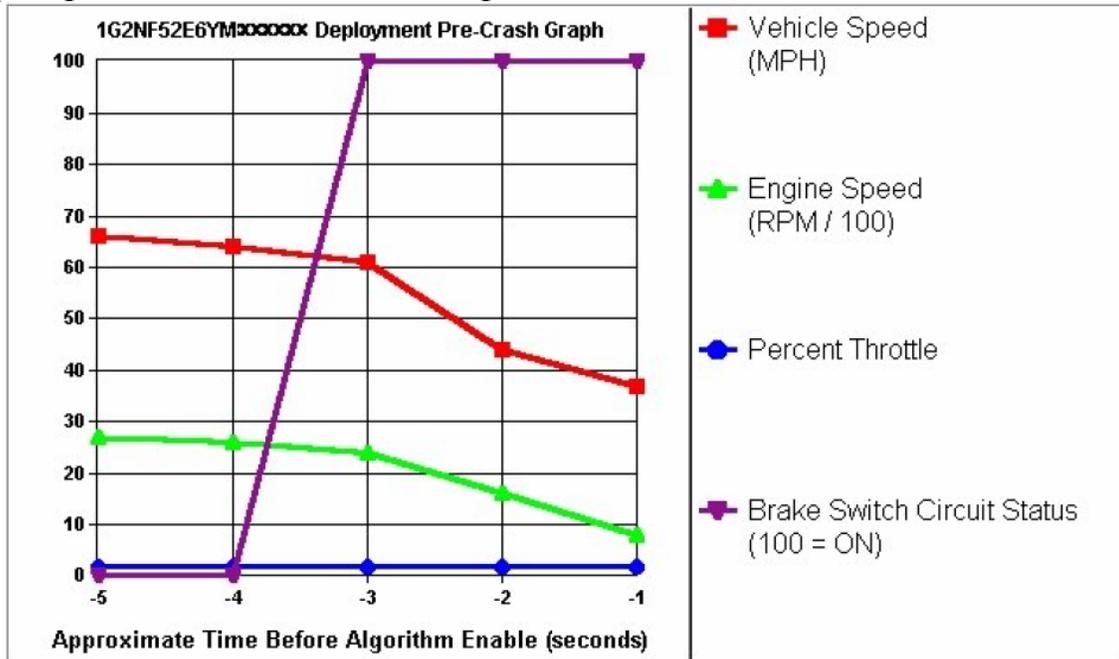
- La vitesse à laquelle circulait un véhicule quelques secondes avant l'impact peut être déterminée sans avoir recours aux lois de la physique.
- Un dispositif installé dans certains véhicules est connecté au moteur, aux coussins gonflables, aux freins et aux ceintures de sécurité. Le nom du dispositif est « Event-data Recorder », communément appelé EDR.
- Le dispositif prends des données jusqu'à 20 secondes avant l'impact. Cependant, la plupart des systèmes n'enregistre que 5 secondes avant l'accident.
- Les données sont enregistrées dans le dispositif seulement si le véhicule a un accident. Sinon, aucun enregistrement n'est fait. En fait, un enregistrement est fait généralement si l'algorithme de déclenchement des coussins gonflables détecte une décélération très importante sur un très court laps de temps (on parle de millièmes de secondes). D'autres dispositifs sont en place pour enregistrer les données dans le cas où les coussins ne sont pas déployés comme dans le cas d'un renversement par exemple.
- Il existe plusieurs types de EDR. Chaque type a ses particularités. Certains sont plus évolués que d'autres. Des noms qu'on rencontre dans la littérature pour désigner des boîtes enregistreuses de données sont :
  - EDR : Event Data Recorder
  - ACN : Automatic Crash Notification
  - CDR : Crash Data Retrieval
  - SDM : Sensing and Diagnostic Module
- Les changements entre les différents types sont le nombre de mesures qui sont prises. Certains vont permettre de déterminer si les clignotants étaient en marche, si les freins ont été activés, si les ceintures étaient bouclées, etc. Ils vont aussi calculer la vitesse, le delta V, l'accélération longitudinale et latérale, etc. En fait, chaque fabricant décide des paramètres qui seront enregistrés. Les paramètres de base sont cependant le temps, la position, la direction lors de l'impact, la vitesse, l'accélération et l'usage des ceintures de sécurité.



- Le fait qu'il existe tant de diversité amène un problème. Il n'y a en effet pas encore de standardisation sur les EDR. Cela fait en sorte que chaque boîte est autonome. En effet, les données entre plusieurs boîtes ne sont pas nécessairement compatibles et il peut être nécessaire d'avoir plusieurs dispositifs différents pour extraire les données. Les images qui suivent illustrent ceci. Sur l'image de gauche, on a le processus d'extraction des données pour les EDR des véhicules General Motors. À droite, on a le processus d'extraction des données pour les EDR de type Vetronix.

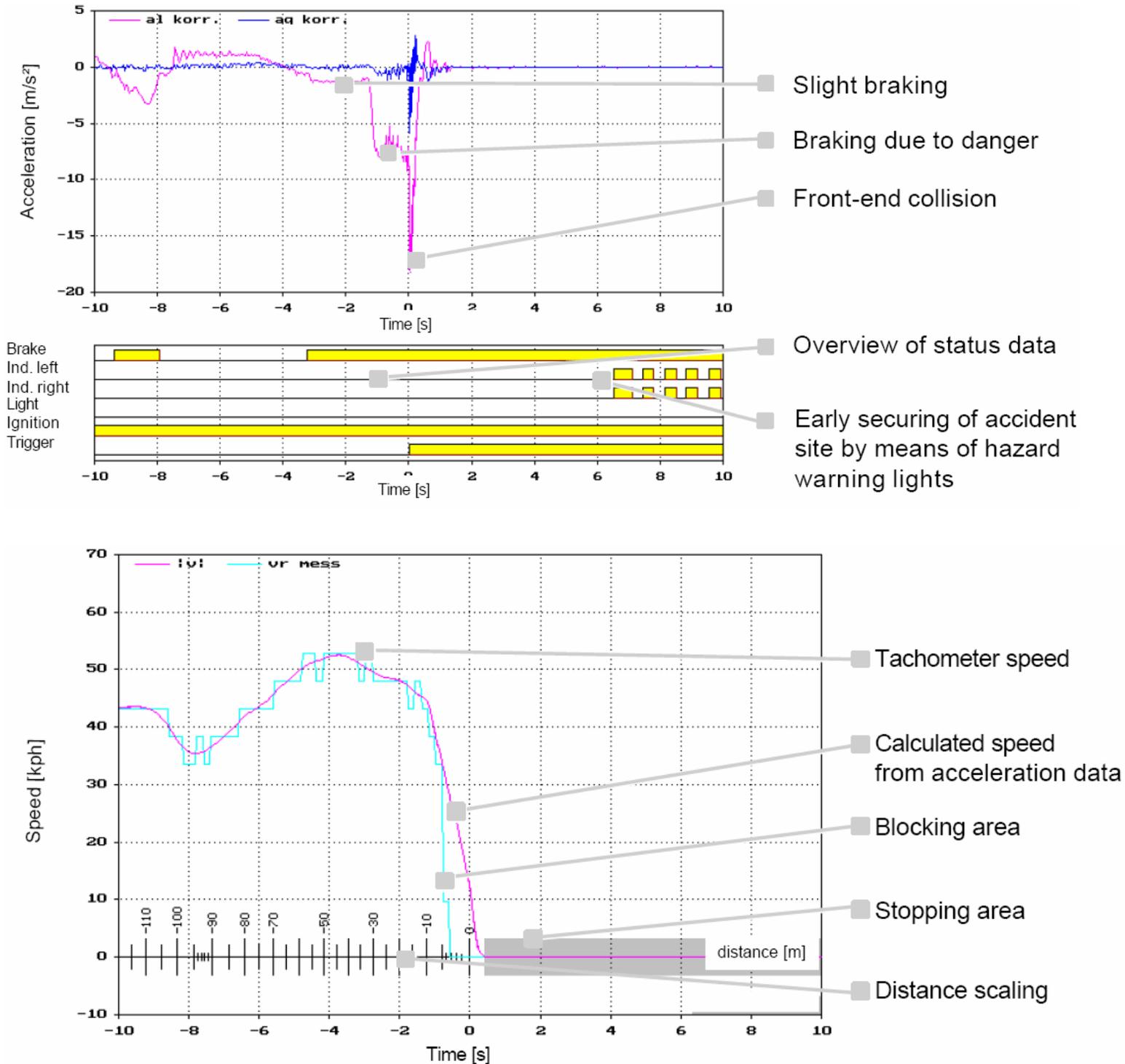


- Lorsque les données des EDR sont extraites, on obtient généralement quelque chose similaire à ce qui suit.



Sur cette figure, on remarque qu'avant d'appliquer les freins, le véhicule décélérait. Cela est probablement dû à la résistance de l'air. Le conducteur a décéléré plus rapidement entre 2 et 3 secondes avant l'impact qu'entre 1 et 2 secondes avant l'impact. Une seconde avant l'impact, sa vitesse était d'environ 61 km/h. Avec une décélération de 0.28g entre 1 et 2 secondes avant l'impact, on peut estimer que la vitesse du véhicule à l'impact était probablement entre 51 et 61 km/h.

Des EDR mesurant plus de données peuvent donner des résultats similaires aux graphiques ci-dessous.



Il s'agit ici d'une collision à angle droit. On a les informations extraites de la boîte EDR d'un des véhicules. À partir des données sur l'accélération, on voit que le conducteur, 2 secondes avant l'impact, a perçu le danger en commençant à décélérer. Il a ensuite freiner avant la collision. On remarque qu'après la collision, l'accélération revient

positive et oscille légèrement avant de tomber à zéro. Cela est dû au fait que lorsqu'un véhicule frappe une surface, il a tendance à rebondir sur celle-ci. Sur le graphique de la vitesse, on peut facilement confirmer les hypothèses émises avec l'accélération. On voit que la vitesse du tachymètre devient nulle environ une seconde avant l'impact. Cela indique que les roues ont été bloquées afin d'éviter la collision.

- Une polémique touche ces petites boîtes noires puisque certains veulent y ajouter des GPS, ce qui fait en sorte qu'on pourrait savoir la vitesse de chaque véhicule à tout moment. Des lois ont donc été mises en place dans certains états américains afin de contrer ce genre de problématique.
- Il existe d'ailleurs une foule d'article sur le sujet. Plusieurs sont annexés à ce document en format PDF. En plus de ces articles, la liste des véhicules possédant des EDR est en annexée à ce document.

### ***Avantages des EDR***

- Collecte de données précises avant l'impact
- Utilité dans le domaine légal
- Les données peuvent aider à changer les comportements des conducteurs et les campagnes de prévention
- Les données peuvent aider à déterminer les endroits dangereux
- Les données peuvent aider à concevoir des véhicules plus sécuritaires
- Peuvent aider à réduire le temps d'intervention des secours

### ***Inconvénients des EDR***

- La technologie EDR pourrait rendre possible la surveillance continue des véhicules particuliers
- La technologie EDR pourrait diminuer l'intimité
- Le coût d'installation et de maintien des EDR pourrait augmenter le prix des voitures
- Les données EDR pourraient être utilisées à d'autres fins par le gouvernement, la police ou les assurances.
- Le public n'est pas au courant de ces dispositifs et des recherches qui sont faites à ce sujet.
- Il n'existe pas de standards sur les EDR.

## **CHAPITRE 6 – AUTRES CAS**

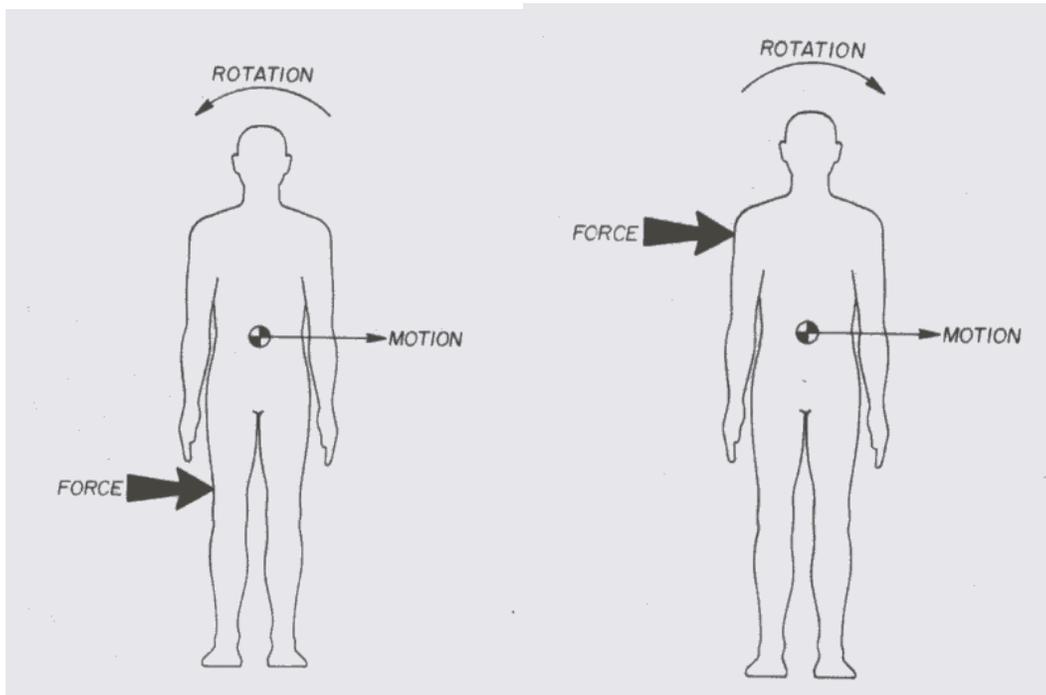
---

Il existe une multitude d'autres types de collisions qui n'ont pas été traités dans les sections précédentes. Pensons seulement aux accidents concernant des véhicules avec des remorques, aux poids lourds, aux accidents avec piétons ou cyclistes, aux accidents de moto, aux réactions des occupants, etc.

La plupart de ces cas sont décrits dans les ouvrages mentionnés en références. Il est cependant bon de mentionner quelques mots sur les accidents avec piétons.

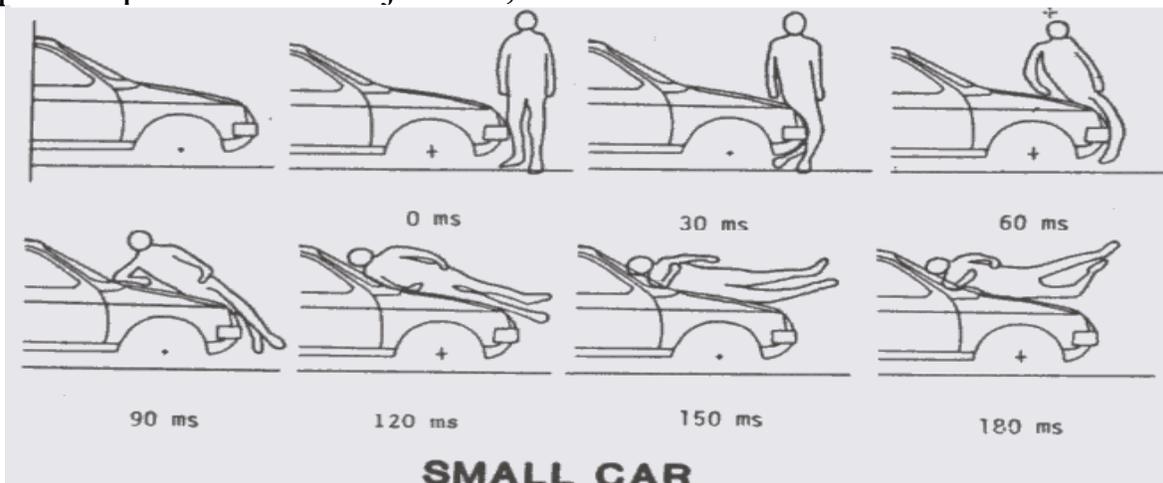
Contrairement aux accidents entre véhicules, lorsqu'un véhicule frappe un piéton, le piéton subit la majorité des dégâts. De plus, puisque l'inertie du piéton est faible par rapport à l'automobile, les traces laissées sur la route ne sont pas les mêmes qu'entre deux véhicules. Dans les accidents avec piétons, il est souvent difficile de déterminer les éléments suivants :

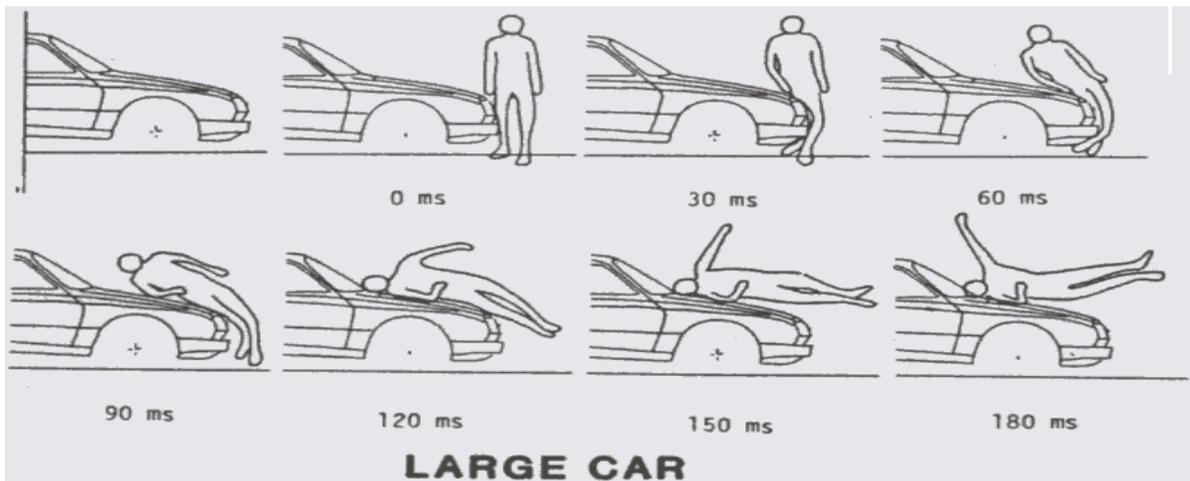
- L'endroit où a eu lieu l'impact
- La vitesse du véhicule à l'impact
- La cinématique du piéton (comment le piéton bouge suite à l'impact)
- Réaction du piéton et du conducteur



Source : Frickle, L. B. (1990). Traffic Accident Reconstruction. Evanston, Illinois, USA, Northwestern University Traffic Institute.

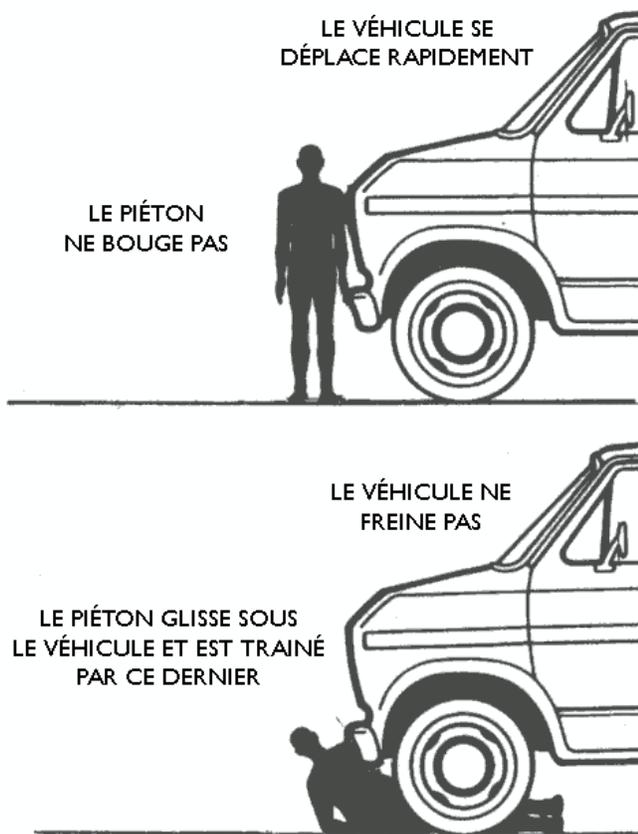
Suite à un impact avec un véhicule, le piéton se comporte généralement de deux façon. Dépendamment du véhicule et de la position du piéton, il sera frappé en haut ou en bas de son centre de masse. S'il est frappé plus haut que son centre de masse, il va faire une rotation du côté du véhicule. Il ira donc frapper le sol directement. Dans le cas où il est frappé sous son centre de masse, le piéton va faire une rotation vers le véhicule et il va aller frapper le capot du véhicule ou le pare-brise. Les deux figures qui suivent montrent, en fonction du temps, l'impact entre deux véhicules et un piéton. Il s'agit d'un véhicule de petite taille et d'un véhicule un peu plus gros. Les deux véhicules frappent le piéton dans les jambes, donc sous le centre de masse.





Source : Frickle, L. B. (1990). Traffic Accident Reconstruction. Evanston, Illinois, USA, Northwestern University Traffic Institute.

POSITIONS À L'IMPACT



LE VÉHICULE SE DÉPLACE RAPIDEMENT

LE PIÉTON NE BOUGE PAS

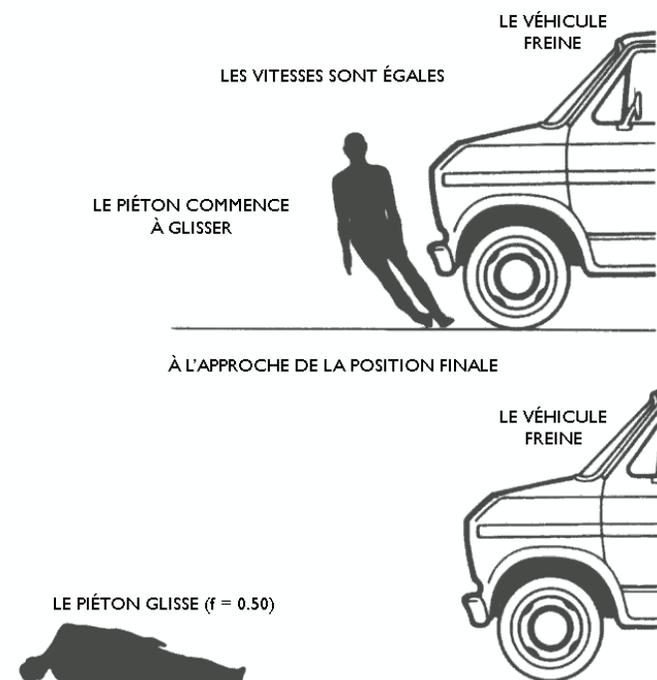
Si le piéton est frappé plus haut que son centre de masse, il peut passer sous le véhicule. Advenant ce cas, le haut de son corps se tourne vers le pavage.

LE VÉHICULE NE FREINE PAS

LE PIÉTON GLISSE SOUS LE VÉHICULE ET EST TRAINÉ PAR CE DERNIER

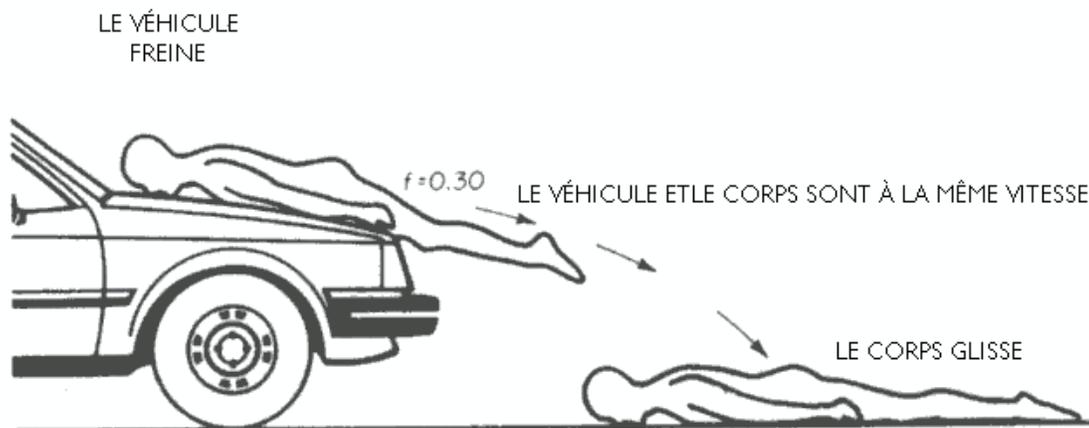
Cependant, si le véhicule ne freine pas, le piéton happé passe sous les roues du véhicule. Le véhicule traîne ensuite le piéton avant de passer par-dessus. La friction entre le piéton et l'asphalte le ralentit et finit par l'arrêter.

Source : Frickle, L. B. (1990). Traffic Accident Reconstruction. Evanston, Illinois, USA, Northwestern University Traffic Institute.



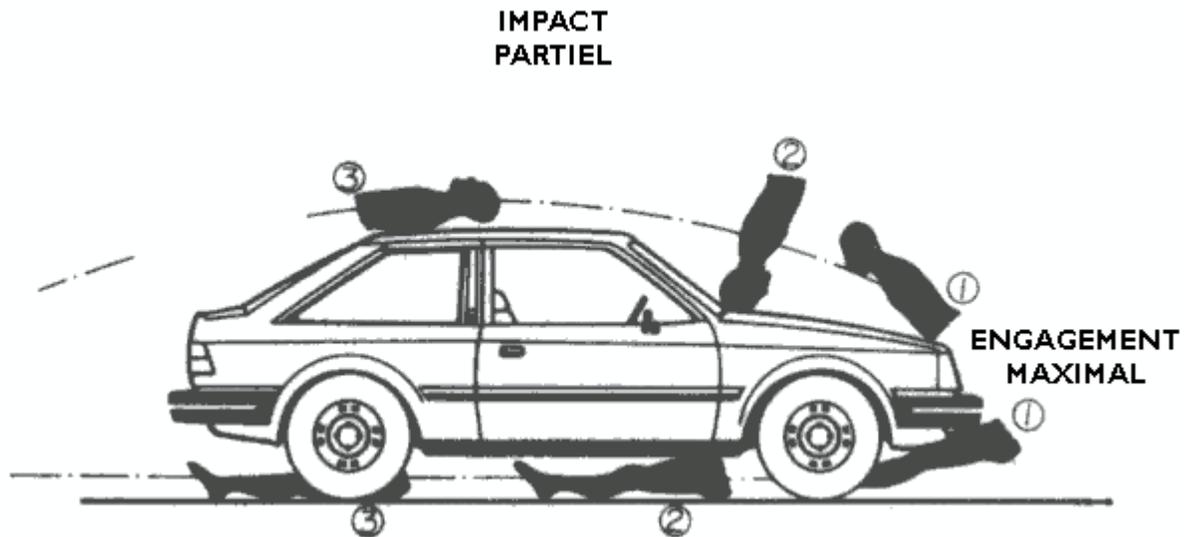
Source : Frickle, L. B. (1990). Traffic Accident Reconstruction. Evanston, Illinois, USA, Northwestern University Traffic Institute.

Si le même véhicule frappe le piéton (au-dessus du centre de masse), mais en freinant, lorsque le contact se fera, le piéton va atteindre la vitesse du véhicule. Ensuite, vu la décélération du véhicule, le piéton va continuer à la vitesse à l'impact et sera donc projeté vers l'avant. Le piéton va rester devant le véhicule puisque son coefficient de frottement sur le pavage est plus petit que celui des pneus du véhicule. De plus, le corps ne se met qu'à freiner une fois au sol. Il peut donc faire une longue course dans les airs vu sa vitesse



Source : Frickle, L. B. (1990). Traffic Accident Reconstruction. Evanston, Illinois, USA, Northwestern University Traffic Institute.

Si le piéton est frappé sous son centre de masse (comme dans les jambes par exemple), le piéton frappe le capot du véhicule. Il atteint ensuite la vitesse du véhicule et reste sur le capot. Ce qui le retient là est le coefficient de friction entre le piéton et le capot. Si le conducteur freine brusquement, le piéton est projeté vers l'avant avant de glisser sur le pavage.



Source : Frickle, L. B. (1990). *Traffic Accident Reconstruction*. Evanston, Illinois, USA, Northwestern University Traffic Institute.

Enfin, il peut arriver qu'un impact soit partiel en ce sens que le piéton et le véhicule n'atteignent jamais la même vitesse. Cela requiert une assez grande vitesse du véhicule. Ce qui se passe dans une telle situation est que le piéton est sectionné en deux. Le haut du corps passe par-dessus la voiture alors les jambes passent sous la voiture.

Des formules ont été développées afin d'estimer les vitesses en jeu dans des collisions entre voitures et piétons. Il est cependant difficile d'évaluer avec précision la vitesse du véhicule en cause parce qu'on ne sait pas toujours avec précision où la collision a eu lieu. De plus, la distance sur laquelle le piéton a glissé est dure à évaluer. Dans la plupart des accidents avec des piétons, le véhicule ne laisse pas de traces de freinage. Par surcroît, avec les freins ABS, il est souvent difficile de dire si le véhicule a freiné rapidement. Par contre, dans un cas où on a les traces de freinage, on peut déterminer la vitesse initiale du véhicule avec les formules qui ont été développées précédemment dans les collisions entre véhicules.

Si on connaît la distance sur laquelle un piéton a glissé, on peut tenter de déterminer la vitesse à laquelle le piéton a été accéléré. Cependant, la vitesse calculée est pratiquement toujours inférieure et jamais supérieure à la vitesse du véhicule. Cela est dû au fait que les collisions entre piétons et véhicules sont la plupart du temps décentrée, i.e. que la force exercée par le véhicule

sur le piéton ne passe pas par son centre de gravité. Le piéton se trouve donc à faire une rotation. Si le véhicule frappe le piéton sur son centre de gravité, le piéton sera accéléré à la vitesse du véhicule à l'impact. Dans le cas où on connaît la distance que le piéton a glissé et le coefficient de friction entre le piéton et la surface sur laquelle il a glissé, on peut déterminer la vitesse du corps comme suit :

$$v_i = \sqrt{v_f^2 - 2d(a \pm gp)}$$

Dans cette équation l'accélération est toujours négative puisque le corps décélère. Le tableau suivant donne des valeurs de coefficients de friction d'un corps sur différentes surfaces.

<i>Surfaces</i>	<i>Variations du coefficient de friction</i>
Gazon	0.45 – 0.70
Asphalte	0.45 – 0.60
Béton	0.40 – 0.60

Parfois, des enquêteurs essaient d'estimer la vitesse du véhicule à l'impact en appliquant l'équation du saut sur le piéton. Cette façon de faire n'est pas utile puisque trop d'hypothèses doivent être faites. En effet, on ne connaît pas l'angle de décollage du piéton. On ne connaît pas non plus le point d'impact précisément ni le point d'atterrissage. Sans ces données, il est peu utile d'utiliser l'équation de saut puisque la valeur obtenue sera très peu précise.

Dans le cas d'un impact centré, une méthode itérative a été développée pour déterminer la vitesse du véhicule à l'impact à partir de la formule d'une chute. La méthode est décrite dans le « Traffic Accident Reconstruction » de Lynn B. Frickle.

Afin de limiter les collisions entre voitures et piétons, ces derniers devraient revoir leurs stratégies et leurs tactiques, ce qui comprend les points suivants :

- Direction de marche (Dans le sens du trafic ou contre)
- Couleurs des vêtements
- Utiliser le trottoir ou non
- Traverser aux feux de circulation
- Stratégie en situation de danger
- Autres

*Un piéton qui utilise des vêtements réfléchissants est environ cinq fois plus visible qu'un piéton portant des vêtements foncés en conditions nocturnes.*

Les automobilistes devraient quant à eux être plus conscients de la présence de piétons, cyclistes ou patineurs sur les bords de la route. Pour de plus amples détails sur les accidents avec des piétons, il est suggéré de consulter le « Traffic Accident Reconstruction » de Lynn B. Frickle. Le livre traite aussi du comportement des occupants du véhicule lors d'une collision et d'autres sujets liés à la reconstitution des accidents.

## CHAPITRE 7 – RÉFÉRENCES

---

"Antiblockiersystem." from <http://fr.wikipedia.org/wiki/Antiblockiersystem>.

"impactNOFAULT.com." Bureau d'assurance du Canada, from [http://www.impactnofault.com/fr/regime\\_actuel.asp](http://www.impactnofault.com/fr/regime_actuel.asp).

"International Standard Atmosphere." from <http://www.aeromech.usyd.edu.au/aero/atmos/atmtab.html>.

"No-fault." Mouvement estrien pour le français, from <http://www.mef.qc.ca/no-fault.htm>.

(2004). "Assurance automobile et régimes d'indemnisation." Revue Assurances et gestion des risques, from <http://neumann.hec.ca/assurances-revue/JANVIER/2004-01-fr.html#Mod%E8le>.

Chidester, A., J. Hinch, et al. "Recording Automotive Crash Event Data." from [http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Recording\\_Automotive\\_Crash\\_Event\\_Data.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Recording_Automotive_Crash_Event_Data.pdf).

Collins, J. C. and J. L. Morris (1967). Highway Collision Analysis. Springfield, Illinois, USA, Charles C. Thomas.

Correia, J. T., K. A. Iliadis, et al. (2001). "Utilizing Data from Automotive Event Data Recorders." from [http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Utilizing\\_Data\\_from\\_Automotive\\_Event\\_Data\\_Recorders.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Utilizing_Data_from_Automotive_Event_Data_Recorders.pdf).

Frickle, L. B. (1990). Traffic Accident Reconstruction. Evanston, Illinois, USA, Northwestern University Traffic Institute.

German, A., J.-L. Comeau, et al. (2001). "The use of Event Data Recorders in the Analysis of Real-World Crashes." from [http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/the\\_use\\_of\\_event\\_data\\_recorders.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/the_use_of_event_data_recorders.pdf).

Gilman, D. "Automotive Black Box Data Recovery Systems." from [http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Auto\\_Black\\_Box\\_Data\\_Recovery\\_Systems\\_by\\_TARO.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Auto_Black_Box_Data_Recovery_Systems_by_TARO.pdf).

Kowalick, T. M. "Real-world Perception of Emerging Event Data Recorder Technologies." from [http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Real-World\\_Perceptions\\_of\\_Emerging\\_EDR\\_Technologies.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Real-World_Perceptions_of_Emerging_EDR_Technologies.pdf).

Lindsay, R. C. (1994). "ABS and Accident Reconstruction." from <http://www.parceng.com/newsletters/010102.html#header>.

Prasad, A. (2001). "Performance of Selected Event Data Recorders." from <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-10/EDR/EDR-round-robin-Report.pdf>.

Research, N. E. D. R. "Event Data Recorder Applications for Highway and Traffic Safety." from <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/>.

Rivers, R. W. (1981). On-Scene Traffic Accident Investigators Manual. Springfield, Illinois, USA, Charles C Thomas.

Services, H. T. "Crash Data Recorders." from <http://www.harristechnical.com/cdr.htm>.

Vadnais, L. (2003). " L'indemnisation harmonisée : un rêve?" Le Journal du Barreau Volume 35 - Numéro 20. from <http://www.barreau.qc.ca/journal/frameset.asp?article=/journal/vol35/no20/indemnisation.html>.

White, A. J. (1969). Dynamics of Accident Investigation. Lee, New Hampshire, USA.

# **ANNEXES**

---

## ANNEXE A – RÉGIMES D'INDEMNISATION DES PROVINCES CANADIENNES

### COLOMBIE-BRITANNIQUE

**Responsabilité civile obligatoire minimale**  
200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 20 000 \$

**Frais médicaux** 150 000 \$ par personne, réadaptation comprise, à l'exclusion des régimes d'assurance chirurgie, soins dentaires, hospitalisation ou autres

**Frais funéraires** 2 500 \$

**Prestations d'invalidité** 75 % du salaire brut; maximum 300 \$/sem.; 104 semaines si invalidité temporaire; à vie si invalidité totale et permanente; délai de carence de 7 jours; personne au foyer, jusqu'à 145 \$/sem.; maximum 104 semaines

**Prestations de décès** Pas de limite de temps pour le décès; décès du chef du ménage 5 000 \$ et 145 \$ par semaine pendant 104 semaines au premier survivant, plus 1 000 \$ et 35 \$ par semaine pendant 104 semaines à chaque survivant, sauf le premier; décès du conjoint 2 500 \$; décès d'un enfant à charge, calculée selon l'âge, jusqu'à concurrence de 1 500 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** État; (l'État et le secteur privé se font concurrence pour les garanties facultatives et complémentaires)

### ALBERTA

*En vigueur le 1<sup>er</sup> octobre 2004*

*Les assurés de l'Alberta impliqués dans un accident au Québec peuvent recevoir de leur propre assureur l'équivalent des prestations offertes aux résidents du Québec par la Société de l'assurance automobile du Québec. Des ententes semblables sont en place pour les « assurés » de l'Alberta impliqués dans des accidents en Saskatchewan et au Manitoba.*

**Responsabilité civile obligatoire minimale**  
200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 10 000 \$

**Frais médicaux** 50 000/personne pour les services suivants : chirurgie, chiropractie, dentisterie, hospitalisation, psychologie, physiothérapie, ergothérapie, massothérapie, acupuncture, soins infirmiers professionnels, ambulance et autres services nécessaires; max. 750 \$ pour la chiropractie, 250 \$ pour la massothérapie et 250 \$ pour l'acupuncture; tous les plafonds mentionnés sont par personne par accident.

**Frais funéraires** 2 000 \$

**Prestations d'invalidité** 80 % du salaire brut; max. 300 \$/sem.; 104 semaines si invalidité totale; délai de carence de 7 jours; personne au foyer non rémunérée 100 \$/sem.; maximum 26 sem.

**Prestations de décès** Pas de limite de temps pour le décès; décès du chef du ménage : 10 000 \$ plus 20 % à chaque survivant, sauf le premier; pour le conjoint/partenaire adulte interdépendant ou parent à charge habitant qui fait partie du ménage du défunt, prestation accrue de 15 000 \$ pour le premier survivant et 4 000 \$ pour chaque autre survivant; décès du conjoint/partenaire adulte interdépendant : 10 000 \$; décès d'un parent à charge : indemnité en fonction de l'âge, max. 3 000 \$; counselling pour personnes en deuil : 400 \$/famille

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui. Montant maximum recouvrable comme dommages pour perte non monétaire à l'égard de la totalité des blessures légères : 4 000 \$

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** Secteur privé

SASKATCHEWAN	SASKATCHEWAN (SUITE)
<p><i>Le régime de la Saskatchewan est sans égard à la responsabilité. Les résidents peuvent opter de ne plus participer au PIPP (régime de protection en cas de préjudices corporels) et choisir un régime avec responsabilité délictuelle. Les résidents de la Saskatchewan ont dorénavant le choix, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2003. Moins de 5 000 résidents de la Saskatchewan, représentant moins de 0,05 % de la population, ont choisi de ne pas avoir le régime PIPP.</i></p>	<p><b>Si l'option de responsabilité délictuelle est choisie</b></p>
<p><i>L'assurance tous risques* est obligatoire en Saskatchewan (les franchises varient selon le genre de véhicule)</i></p>	<p><b>Frais médicaux</b> 20 600 \$/personne, à moins qu'il s'agisse de blessure invalidante, auquel cas le maximum est de 154 500 \$</p>
<p><b>Responsabilité civile obligatoire minimale</b> 200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 10 000 \$</p>	<p><b>Frais funéraires</b> 5 150 \$</p>
<p><b>Si l'option sans égard à la responsabilité/PIPP est choisie</b></p>	<p><b>Prestations d'invalidité</b> 16 068 \$/an pour invalidité totale empêchant l'emploi; 8 060 \$ pour invalidité partielle empêchant l'emploi jusqu'à concurrence de 104 semaines</p>
<p><b>Frais médicaux</b> 5 268 450 \$/par personne, réadaptation comprise</p>	<p><b>Prestations de décès</b> 50 % des prestations d'invalidité au conjoint; 5 % des prestations d'invalidité à chaque enfant à charge</p>
<p><b>Frais funéraires</b> 7 903 \$</p>	<p><b>Indemnités d'incapacité permanente</b> Selon un barème, jusqu'à concurrence de 10 300 \$, à moins de blessure invalidante, auquel cas l'indemnité est jusqu'à concurrence de 133 900 \$</p>
<p>Prestations d'invalidité 90 % du salaire net; revenu brut max. 59 062 \$/an; délai de carence de 7 jours; indexées</p>	<p><b>Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?</b> Oui; franchise de 5 000 \$</p>
<p><b>Prestations de décès</b> 54 351 au conjoint/aux personnes à charge; s'il n'y a pas de conjoint, 12 078 \$ par personne jusqu'à concurrence de 54 351 \$ lorsqu'il y a cinq personnes à charge ou plus; indemnités pour études 36 234 \$; autres prestations hebdomadaires 24 \$ lorsqu'il y a une personne à charge; 44 \$ (total) s'il y en a deux, 59 \$ (total) lorsqu'il y en a trois ou plus.</p>	<p><b>Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?</b> Oui. Toutes les prestations reçues d'autres régimes d'assurance doivent être déduites des dommages-intérêts accordés ou du règlement</p>
<p><b>Indemnités d'incapacité permanente</b> Max. de 150 947 \$ pour blessure non invalidante; 184 396 \$ pour blessure invalidante</p>	<p><b>Administration</b> État; (l'État et le secteur privé se font concurrence pour les garanties facultatives et complémentaires)</p>
<p><b>Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?</b> Non</p>	
<p><b>Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?</b> Oui; les personnes blessées peuvent poursuivre pour les pertes financières qui excèdent les prestations prévues en vertu du régime sans égard à la responsabilité. Toutefois, les dommages-intérêts supérieurs aux prestations prévues par le régime sans égard à la responsabilité sont fondés sur le revenu net, après déduction des cotisations de l'impôt sur le revenu, du Régime de pension du Canada et de l'assurance emploi.</p>	
<p><b>Administration</b> État; (l'État et le secteur privé se font concurrence pour les garanties facultatives et complémentaires)</p>	

**MANITOBA**

Les résidents du Manitoba impliqués dans un accident au Québec peuvent recevoir de leur propre assureur l'équivalent de ce que la Société de l'assurance automobile du Québec verse aux résidents du Québec. L'assurance tous risques\* est obligatoire au Manitoba (les franchises varient selon le genre de véhicule). Les titulaires de police peuvent souscrire une protection pour perte financière supérieure aux indemnités d'accident maximales. On ne peut intenter une poursuite à l'égard des blessures subies lors d'un accident de la route au Manitoba. Les victimes et leurs personnes à charge résidant au Manitoba sont indemnisées par le régime d'État, que l'accident ait eu lieu ou non au Manitoba.

**Responsabilité civile obligatoire minimale** 200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 20 000 \$

**Frais médicaux** Sans limite de temps ni de montant; réadaptation comprise

**Frais funéraires** 6 663 \$

**Prestations d'invalidité** 90 % du salaire net; revenu brut max. 65 000 \$/an; délai de carence de 7 jours; indexées

**Prestations de décès** Pas de limite de temps pour le décès, prestations selon le revenu et l'âge; min. 48 899 \$, max. 325 000 \$ plus 23 226 \$ – 42 787 \$ (total) aux personnes à charge selon leur âge

**Prestations d'incapacité permanente** Selon un barème, jusqu'à concurrence de 122 244 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Non

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Non

**Administration** État; (l'État et le secteur privé se font concurrence pour les garanties facultatives et complémentaires)

**ONTARIO**

**Responsabilité civile obligatoire minimale** 200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 10 000 \$

**Frais médicaux** 100 000 \$/personne (1 million \$ en cas de blessure gravement invalidante), réadaptation comprise, sauf les régimes d'assurance maladie; soins auxiliaires 72 000 \$ (1 million \$ en cas de blessure gravement invalidante)

**Frais funéraires** 6 000 \$

**Prestations d'invalidité** 80 % du salaire net, maximum de 400 \$/sem., 185 \$/sem. pour les personnes sans emploi; (104 semaines max.; plus si la victime est incapable d'occuper un emploi approprié); délai de carence de 7 jours pour le remplacement du revenu, sinon 26 semaines pour la personne sans revenu d'emploi

**Prestations de décès** Décès dans les 180 jours, ou 3 ans s'il y a invalidité continue précédant le décès; 25 000 au conjoint, 10 000 \$ à la personne à charge survivante, décès d'une personne à charge 10 000 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui, si la blessure est conforme au seuil factuel; la franchise s'applique. Une poursuite peut être intentée seulement lorsqu'il y a décès de la personne blessée ou lorsque les blessures sont permanentes et graves, défigurement ou perte de fonctions physiques, intellectuelles ou psychologiques; le tribunal évalue le montant des dommages pour ensuite soustraire 30 000 \$ (15 000 \$ s'il s'agit d'une réclamation en vertu de la Loi sur le droit de la famille).

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui. La personne blessée peut intenter une poursuite pour 80 % de la perte du revenu net avant le procès et pour 100 % du revenu brut après le procès. Les frais médicaux, les frais de réadaptation et les dépenses connexes peuvent aussi être réclamés si la blessure est invalidante. Une modification à la loi a été déposée pour permettre aux réclamants qui ont subi des blessures graves permanentes de poursuivre pour recouvrer l'excédent des frais de soins de santé.

**Administration** Secteur privé

*Les « assurés » de l'Ontario impliqués dans des accidents au Québec peuvent choisir de recevoir de leur propre assureur les prestations de l'Ontario ou de recevoir de la Société de l'assurance automobile du Québec l'équivalent des prestations offertes aux résidents du Québec. Les titulaires de police peuvent souscrire une garantie pour perte financière supérieure aux prestations d'accident standard.*

## QUÉBEC

*On ne peut tenter de poursuite à l'égard de blessures subies lors d'un accident de la route au Québec. Les victimes et leurs personnes à charge qui résident au Québec sont indemnisées par l'assureur public à l'égard de leurs blessures, que l'accident soit survenu ou non au Québec. En outre, les indemnités versées aux victimes d'accidents domiciliés hors du Québec sont établies en*

*fonction de leur degré de non-responsabilité dans l'accident, sauf lorsqu'une entente existe à cet égard entre la Société de l'assurance automobile du Québec et les autorités compétentes du lieu de résidence de la victime. Une indemnité supplémentaire peut aussi leur être octroyée par leur propre compagnie d'assurances.*

**Responsabilité civile obligatoire minimale** 50 000 \$; les limites de responsabilité se rapportent aux dommages matériels au Québec et aux sinistres et aux dommages corporels ou matériels survenus à l'extérieur du Québec

**Frais médicaux** Sans limite de temps ni de montant; réadaptation comprise

**Frais funéraires** 4 142 \$

**Prestations d'invalidité** 90 % du salaire net; revenu brut max. 55 000 \$ par an; invalidité temporaire 3 ans, invalidité permanente à vie; délai de carence de 7 jours; indexé

**Prestations de décès** Pas de limite de temps pour le décès, prestations selon le revenu et l'âge du défunt; min. 55 246 \$, max. 275 000 \$ plus 26 240 \$ – 48 341 \$ (total) aux personnes à charge selon leur âge; plus 22 789 \$ à la personne à charge si elle est invalide en raison de l'incident; 44 279 \$ versés aux parents s'il n'y a pas de conjoint ou de personnes à charges survivants.

**Prestations d'incapacité permanente** Selon un barème, jusqu'à concurrence de 193 719 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Non

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Non

**Administration** Dommages corporels : État; dommages matériels : secteur privé

## NOUVEAU-BRUNSWICK

**Responsabilité civile obligatoire minimale** 200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 20 000 \$

**Frais médicaux** 50 000 \$ par personne, y compris les frais de réadaptation, exclusion faite des régimes d'assurance maladie; durée limite de 4 ans

**Frais funéraires** 2 500 \$

**Prestations d'invalidité** 104 semaines si invalidité partielle; à vie si invalidité totale; maximum 250 \$/sem.; délai de carence de 7 jours; aide familiale non rémunérée 100 \$/sem.; maximum 52 semaines

**Prestations de décès** Décès dans les 180 jours (ou 2 ans s'il y a invalidité continue précédant le décès); décès du chef du ménage 50 000 \$, plus 1 000 \$ par personne à charge, sauf la première; décès du conjoint 25 000 \$; décès d'un enfant à charge 5 000 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui, mais s'il s'agit d'une « blessure légère », l'indemnité maximale est de 2 500 \$

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** Secteur privé

*Nota : Depuis janvier 2005, il est possible de souscrire une police « générique » qui prévoit des plafonds d'indemnités d'accident correspondant à la moitié des plafonds que prévoit la police de base.*

### ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

**Responsabilité civile obligatoire minimale**  
200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 10 000 \$

**Frais médicaux** 25 000 \$ par personne, y compris les frais de réadaptation, exclusion faite des régimes d'assurance maladie; durée limite de 4 ans

**Frais funéraires** 1 000 \$

**Prestations d'invalidité** 104 semaines si invalidité partielle; à vie si invalidité totale; maximum 140 \$/sem.; délai de carence de 7 jours; aide familiale non rémunérée 70 \$/sem.; maximum 12 semaines

**Prestations de décès** Décès dans les 180 jours (ou 2 ans s'il y a invalidité continue précédant le décès); décès du chef du ménage 10 000 \$, plus 1 000 \$ par personne à charge, sauf la première; décès du conjoint 10 000 \$; décès d'un enfant à charge 2 000 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui, mais s'il s'agit d'une « blessure légère », l'indemnité maximale est de 2 500 \$

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** Secteur privé

### NOUVELLE-ÉCOSSE

**Responsabilité civile obligatoire minimale**  
500 000 \$ par accident

**Frais médicaux** 25 000 \$ par personne, y compris les frais de réadaptation, exclusion faite des régimes d'assurance maladie; durée limite de 4 ans

**Frais funéraires** 1 000 \$

**Prestations d'invalidité** 104 semaines si invalidité partielle; à vie si invalidité totale; maximum 140 \$/sem.; délai de carence de 7 jours; aide familiale non rémunérée 70 \$/sem.; maximum 12 semaines

**Prestations de décès** Décès dans les 180 jours (ou 2 ans s'il y a invalidité continue précédant le décès); décès du chef du ménage 10 000 \$, plus 1 000 \$ par personne à charge, sauf la première; décès du conjoint 10 000 \$; décès d'un enfant à charge 2 000 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui, mais s'il s'agit d'une « blessure légère », l'indemnité maximale est de 2 500 \$

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** Secteur privé

*Les garanties facultatives de la Section B sont maintenant assujetties à la loi.*

**TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR**

**Responsabilité civile obligatoire minimale**  
200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 20 000 \$

**Frais médicaux** 25 000 \$ par personne, y compris les frais de réadaptation, exclusion faite des régimes d'assurance maladie; durée limite de 4 ans

**Frais funéraires** 1 000 \$

**Prestations d'invalidité** 104 semaines si invalidité partielle; à vie si invalidité totale; maximum 140 \$/sem.; délai de carence de 7 jours; aide familiale non rémunérée 70 \$/sem.; maximum 12 semaines

**Prestations de décès** Décès dans les 180 jours (ou 2 ans s'il y a invalidité continue précédant le décès); décès du chef du ménage 10 000 \$, plus 1 000 \$ par personne à charge, sauf la première; décès du conjoint 10 000 \$; décès d'un enfant à charge 2 000 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui, mais l'indemnisation est assujettie à une franchise de 2 500 \$

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** Secteur privé

**TERRITOIRES DU NORD-OUEST  
ET NUNAVUT**

**Responsabilité civile obligatoire minimale**  
200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 10 000 \$

**Frais médicaux** 25 000 \$/personne, sauf les régimes d'assurance maladie et hospitalisation; durée limite de 4 ans

**Frais funéraires** 1 000 \$

**Prestations d'invalidité** 80 % du salaire brut; max. 140 \$/sem.; 104 semaines si invalidité temporaire; à vie si invalidité totale; délai de carence de 7 jours; aide familiale non rémunérée 100 \$/sem.; max. 12 semaines

**Prestations de décès** Décès dans les 2 ans de l'accident; chef du ménage 10 000 \$; décès du conjoint 10 000 \$; chaque survivant, sauf le premier, 2 500 \$; seul survivant, conjoint ou personne à charge, capital assuré (10 000 \$) majoré de 1 500 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** Secteur privé

**YUKON**

**Responsabilité civile obligatoire minimale**  
200 000 \$ par accident. Cependant, si une demande d'indemnité pour dommages corporels ainsi que matériels atteint cette somme, le paiement pour dommages matériels plafonnera à 10 000 \$

**Frais médicaux** 10 000 \$ par personne, réadaptation comprise, exception faite des montants prévus aux régimes d'assurance maladie et hospitalisation; durée limite de 2 ans

**Frais funéraires** 2 000 \$

**Prestations d'invalidité** 80 % du salaire brut; maximum 300 \$/sem.; 104 semaines si invalidité temporaire ou totale; délai de carence de 7 jours; aide familiale non rémunérée 100 \$/sem.; max. 26 semaines

**YUKON (SUITE)**

**Prestations de décès** Pas de temps limite pour le décès; chef du ménage 10 000 \$ plus 2 000 \$ par personne à charge, sauf la première, et 1 % du capital assuré total pendant 104 semaines, sans limite; décès du conjoint 10 000 \$; décès d'un enfant à charge, selon l'âge, maximum 3 000 \$

**Droit de poursuivre pour souffrances et douleurs?** Oui

**Droit de poursuivre pour pertes financières dépassant les indemnités sans égard à la responsabilité?** Oui

**Administration** Secteur privé

## **ANNEXE B – LES FREINS ABS**

---

Le terme ABS se veut une abréviation pour système anti-blocage. Ce nom vient de l'allemand « Antilockiersystem ». Le développement de ces systèmes a débuté dans les années 1960 par une société nommée Teldix qui était un partenariat entre Telefunken et Bendix. Les premiers véhicules équipés de systèmes anti-blocage ont fait leur apparition dans les années 1970.

En conditions normales, i.e. sans ABS, lorsque le conducteur appuie sur la pédale de freins, la force est redistribuée aux freins qui appliquent une force sur les roues pour faire ralentir la révolution de celles-ci jusqu'à ce que la limite de friction entre la route et le pneu soit atteinte. Une fois que cette limite est atteinte, le véhicule décélère rapidement avec les roues bloquées. Lorsque les roues sont bloquées, le véhicule poursuit sa course dans sa direction initiale et il est impossible de contrôler la direction. Pour reprendre le contrôle, le conducteur doit débloquer les roues et tourner le volant. Le concept de l'anti-blocage est donc d'éviter automatiquement que les roues ne se bloquent lors du freinage afin de garder une stabilité et une manoeuvrabilité supérieure.

Le contrôleur du système ABS surveille chaque roue par le biais de senseurs de vitesse dans chacune des roues. Le contrôleur compare la vitesse des roues avec la vitesse estimée du véhicule qui est calculée selon les données du moteur et de la transmission. Si la vitesse d'une roue et la vitesse du véhicule diffère de plus que l'écart prédéfini par le constructeur, le contrôleur ABS active le modulateur de pression des freins. La plupart des systèmes peuvent surveiller la pression dans chaque roue individuellement. Lorsque la vitesse de la roue et celle du véhicule sont revenues dans un écart acceptable, le modulateur est désactivé. Le cycle se répète aussi longtemps que le conducteur appuie sur la pédale de freins assez fort pour causer le blocage des roues.

Évidemment, puisque ce système réduit temporairement les forces de freinage, la distance de freinage est augmentée par le système sur certaines surfaces. Selon des études faites par le National Highway Traffic Safety

Administration (NHTSA), les freins ABS sont presque aussi performants que les freins non ABS sur des surfaces comme l'asphalte et le béton. Cependant, sur des surfaces comme un gravier non compacté, une roue bloquée gagne de la friction par un effet de plongée. Lorsque la roue est bloquée, elle s'enfonce dans le matériau et une accumulation de ce matériau se fait en amont de la roue, ce qui crée une force supplémentaire pour la stopper. Sur une surface lisse comme la glace par contre, les freins anti-blocage sont très performants puisque le conducteur peut garder la maîtrise de son véhicule.

La plupart des versions de freins anti-blocage permettent un certain degré de glisse de façon intermittente entre le pneu et la roue. Par contre, puisque ces systèmes évitent des blocages continus, les traces de freinage des freins ABS ne sont pas longues et foncées comme les véhicules qui ne sont pas équipés de ces dispositifs. La plupart des traces laissées par des automobiles équipées de systèmes ABS sont pâles. Elles sont aussi moins évidentes et intermittentes. Vu ces différences, ces traces de freinage peuvent amener à la mauvaise conclusion que le conducteur n'a pas freiné ou qu'il n'y a pas d'évidence pour estimer la distance de freinage.

Les freins ABS permettent d'augmenter la sécurité générale des véhicules. Cependant, la reconstitution d'accident s'avère plus complexe avec ces dispositifs vu la difficulté de lire les traces de freinage. Les systèmes anti-blocages ne sont qu'une amélioration du véhicule complexifiant la tâche de l'enquêteur. L'évolution des technologies fait en sorte que d'autres choses pourraient changer. Il suffit de penser aux dispositifs anti-patinages...

## ANNEXE C – CALCUL DE LA VARIANCE D'UNE FONCTION

---

Pour déterminer la précision d'un calcul fait avec une fonction, il faut calculer l'écart type. L'écart type correspond à la racine carrée de la variance. La variance d'une fonction peut être calculée selon la formule suivante :

$$\sigma^2 = \text{Var}[f(x, y, z)] = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2$$

Avec l'écart type, on peut déterminer un intervalle de résultats pour le calcul effectué. Évidemment, plus l'écart type est grand, moins le calcul est précis. On voit que l'écart type de la fonction varie en fonction des écarts types de toutes les autres variables. On peut donc évaluer l'influence de chaque variable dans le calcul.

### Exemple

**Un accident s'est produit de nuit. Un conducteur a heurté un camion arrêté sans lumières. Pour évaluer la vitesse à laquelle le conducteur a roulé avant de freiner, on a déterminé (à partir des déformations des véhicules) la vitesse lors de l'impact, on a mesuré la longueur des traces de freinage, la pente et le coefficient de frottement. Ces mesures ont été faites à plusieurs reprises.**

<b>Classes</b>	<b>Vitesses finales</b>
1	0 - 5 km/h
2	5 - 10 km/h
3	10 - 15 km/h
4	15 - 20 km/h
5	20 - 25 km/h
6	25 - 30 km/h



<b>Coefficient de frottement (f)</b>	<b>Trace de freinage (m)</b>	<b>Pente (%)</b>	<b>Vitesse finale (km/h)</b>
0.68	80.7	3.0	4
0.65	79.7	3.1	3
0.72	80.3	2.8	4
0.60	80.5	2.9	4
0.71	79.4	3.2	4
0.64	80.4	3.0	4
0.66	80.2	2.8	4
0.81	80.0	3.3	5
0.68	79.5	3.1	4
0.70	79.4	2.8	5

**1. Quelle était la vitesse initiale?**

	<b>Coefficient de frottement (f)</b>	<b>Trace de freinage (m)</b>	<b>Pente (%)</b>	<b>Vitesse finale (km/h)</b>
<b>Moyenne</b>	0.685	80.010	3.000	18.000
<b>Écart type</b>	0.054	0.457	0.167	2.693

$$v_i = \sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f \pm p) + v_f^2}$$

$$v_i = \sqrt{80.01 \times 2 \times 9.81(0.685 + 0.03) + \left(\frac{18}{3.6}\right)^2}$$

$$v_i = 33.9m/s = 122km/h$$

## 2. Discutez de la précision de la valeur obtenue précédemment.

**On calcule l'écart type sur la fonction de la vitesse.**

$$v_i = \sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f \pm p) + v_f^2}$$

$$Var(v_i) = \left(\frac{\partial v_i}{\partial d_{TRACES}}\right)^2 \sigma_{d_{TRACES}}^2 + \left(\frac{\partial v_i}{\partial f}\right)^2 \sigma_f^2 + \left(\frac{\partial v_i}{\partial p}\right)^2 \sigma_p^2 + \left(\frac{\partial v_i}{\partial v_f}\right)^2 \sigma_{v_f}^2$$

$$Var(v_i) = \frac{g(f+p)}{\sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f+p) + v_f^2}} \sigma_{d_{TRACES}}^2 + \frac{dg}{\sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f+p) + v_f^2}} \sigma_f^2 +$$

$$\frac{dg}{\sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f+p) + v_f^2}} \sigma_p^2 + \frac{2v_f}{\sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f+p) + v_f^2}} \sigma_{v_f}^2$$

$$Var(v_i) = \frac{g(f+p)\sigma_{d_{TRACES}}^2 + dg\sigma_f^2 + dg\sigma_p^2 + 2v_f\sigma_{v_f}^2}{\sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f+p) + v_f^2}}$$

$$Var(v_i) = \frac{9.81(0.685 + 0.03) \times 0.457^2 + 80.01 \times 9.81 \times 0.00167^2 + 80.01 \times 9.81 \times 0.054^2 + 2 \times \left(\frac{18}{3.6}\right) \times \left(\frac{2.693}{3.6}\right)^2}{\sqrt{2 \times 9.81 \times 80.01(0.685 + 0.03) + \left(\frac{18}{3.6}\right)^2}}$$

$$Var(v_i) = 0.27$$

$$Ecart.type = \sqrt{Var(v_i)} = \sqrt{0.27} = 0.525m/s = 1.9km/h$$

**Le conducteur roulait probablement entre 120 km/h et 124 km/h. La vitesse finale est le paramètre qui influence le**

plus la variance. Son effet est 2.5 fois plus grand que celui du coefficient de frottement et 2500 fois plus grand que celui de la pente. L'écart type calculé est assez faible. Cela laisse donc supposer que la valeur calculée est assez précise.

**3. Le conducteur aurait dû rouler à quelle vitesse pour éviter l'accident?**

**On pose une vitesse finale nulle avec les éléments mesurés.**

$$v_i = \sqrt{d_{TRACES} \times 2g(f \pm p)}$$

$$v_i = \sqrt{80.01 \times 2 \times 9.81(0.685 + 0.03)}$$

$$v_i = 33.5m/s = 121km/h$$

# ANNEXE D – EVENT-DATA RECORDERS

TECHNOLOGY

## PSST, YOUR CAR IS WATCHING YOU

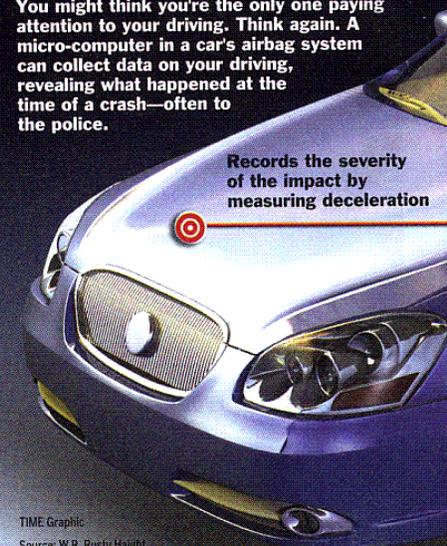
An electronic snoop may be recording your driving. Is it a boon to safety or an invasion of privacy?



**CRASH:** The car's EDR revealed a speed of 224 km/h, evidence of manslaughter

## THE SNITCH

You might think you're the only one paying attention to your driving. Think again. A micro-computer in a car's airbag system can collect data on your driving, revealing what happened at the time of a crash—often to the police.



Records the severity of the impact by measuring deceleration

TIME Graphic.  
Source: W.R. Rusty Haight, Director of Collision Safety Institute.

**1** Usually found under a front seat, the **airbag controller's event data recorder** looks to the engine computer each second to note the car's speed. A sudden slowdown from a crash will deploy the airbags and save the data from up to the previous 20 seconds

By **MARGOT ROOSEVELT**

IT WAS NEARLY 11 ON A BALMY JUNE night in Muttontown, a New York City suburb. Two teenagers raced fast cars down a tree-lined thoroughfare. The 19-year-old, home from freshman year at Tulane University, steered a new Mercedes with a license plate that read 4MRNICE. The 17-year-old, a high school junior, accelerated a two-year-old Corvette. At an intersection, within a second of each other, both cars smashed into a red Jeep, killing a nurse and her fiancé. At the hospital, one of the youths told a detective they were driving 80 km/h to 90 km/h.

But unbeknownst to the teens and their families, there was a hidden witness to the race. A palm-size microcomputer, embedded in the Corvette's air-bag system, revealed that the car was traveling 224 km/h. The data, downloaded by police after the vehicle was impounded, convinced a grand jury to indict the youths on murder charges, based on "depraved indifference to human life." In the end, they pleaded guilty to manslaughter and assault, and are now serving a three-year prison term. "The minute the prosecutors had the speed from the 'black box,' they upped the

charges to murder," says Richard Slade, whose son Blake was driving the Mercedes. "They had what they needed to force a plea down our throats."

Few Americans realize that their cars can tattle on them. But among those in the know—civil libertarians, law enforcement agents and consumer advocates—a debate is surging over the black boxes technically called event-data recorders (EDRs). While some welcome them as a safety measure, others fear them as an Orwellian intrusion. Nearly one-third of vehicles on the road today—and 64% of this year's models—contain the little-noticed chips and sensors. Unlike flight recorders on airplanes, these microcomputers don't capture voices, but they can retain up to 20 seconds of data on speed, braking and

acceleration in the lead-up to a crash. For virtually all Ford and General Motors cars, and for a few models from other automakers, accident investigators can buy a modem-like device to plug laptops into EDRs and download the information.

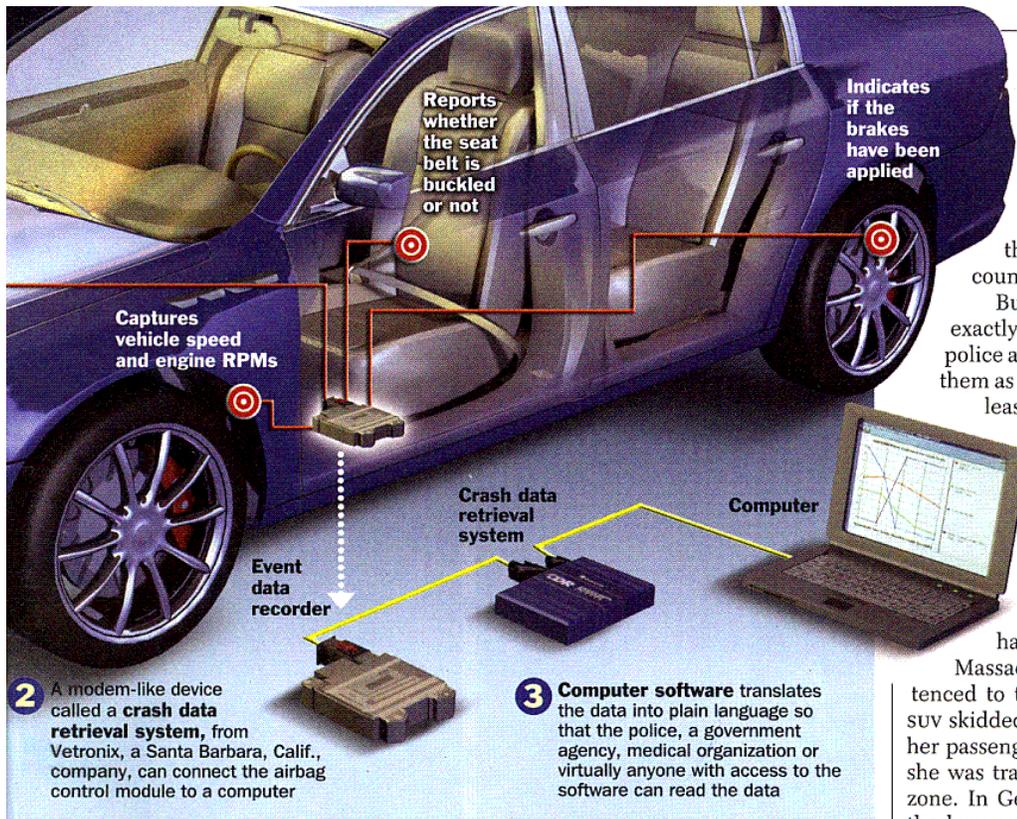
This week the U.S. Federal Government is expected to issue rules requiring automakers to standardize the recorders and make the information uniformly downloadable with commercial software. Thus, some manufacturers who have guarded black-box data as proprietary will have to make it accessible. In a nod to critics, the U.S. National Highway Traffic Safety Administration would also mandate that the devices be disclosed to car buyers.

The new regulations are likely to make the black boxes better known and therefore even more controversial. Some consumer advocates, such as Public Citizen's Joan Claybrook, want tougher rules compelling automakers to install EDRs in every car because objective crash data will lead to the design of safer cars and highways. Privacy activists want the government to prevent police and insurance companies from checking drivers' black boxes without permission. "We have a surveillance monster growing in our midst," says Barry Steinhardt of the

“WE HAVE A SURVEILLANCE MONSTER GROWING IN OUR MIDST.”

—BARRY STEINHARDT, A.C.L.U.

PETER MATTHEWS



black boxes to set rates or settle claims. What's important is to have a choice of whether to be monitored, says Robert Talley of the National Motorists Association. "Sometimes you just like the idea of being free in a free country."

But while politicians debate exactly how to deploy the devices, police and prosecutors are embracing them as a revolutionary tool. And in at least 19 states, judges have admitted the data as evidence in criminal trials. In Arizona, a Roman Catholic bishop was convicted in a hit-and-run accident after his car's black box showed that he had braked before impact, indicating that he had seen the pedestrian. A Massachusetts woman was sentenced to two years in prison after her SUV skidded on ice and hit a tree, killing her passenger. The car's recorder proved she was traveling 93 km/h in a 65 km/h zone. In Georgia, after a train hit a car, the lone auto survivor sued the railroad for \$12 million. But a jury threw out the case when the car's EDR revealed it had halted on the tracks before the crash.

Black boxes exonerate drivers too: a Fort Myers, Florida, man was acquitted of reckless speeding, despite a witness's testimony that he was traveling over 145 km/h, because his truck's black box registered only 96 km/h.

In a Nassau County, New York, courtroom last year, almost everyone wept when Blake Slade and Kyle Soukup were sentenced to three years in prison. The youths cried as they apologized. The families of the betrothed who died in the Muttontown crash spoke of justice and forgiveness. Even the judge dabbed his eyes and choked up.

But the prosecution and the defense remain bitterly divided over the role of the black box. Slade's father Richard calls it "a violation of civil rights," while the assistant district attorney, Michael Walsh, praises it as "the strongest piece of evidence in the case." Neither had heard of EDRs before the crash, but today both agree on one point: motorists should be aware that their cars have recorders, and it's to be hoped that the knowledge will encourage them to drive safely. "Otherwise," Slade warns, "the black box can come back to haunt you." ■

American Civil Liberties Union. "These black boxes are going to get more sophisticated and take on new capabilities."

Such fears have prompted 10 states, beginning with California in 2004, to pass laws obliging automakers to tell buyers if their vehicles have recorders; the laws also restrict the downloading of data without car owners' consent. Eleven other states are considering similar legislation.

Meanwhile, in Congress, Representatives Mary Bono, a Republican from California, and Massachusetts Democrat Michael Capuano are sponsoring a House bill that would allow people to turn off their recorders—a provision that would require a complex redesign of air-bag systems. If EDRs are eventually installed in cars that can retain more than several seconds of data, says Bono, "information could be collected about our driving habits, and we might not even know it is happening."

Actually, such electronic snooping is already occurring in a limited way. Some transport companies equip their trucks with black boxes that can continuously record the hours and driving patterns of employees. Similar monitors are used by fleet owners for company cars. And parents can purchase devices for their teenagers' cars that capture up to 300 hours of

data, downloadable onto a personal computer. Even more intrusively, the software can trigger alarms when the teenager exceeds a certain speed. But automakers would find it too expensive and unpopular to routinely install long-term recorders, insists W.R. Haight, an EDR expert and the director of San Diego's Collision Safety Institute: "Only paranoid alarmist pinheads suggest this technology could be expanded to spy on our everyday driving."

Nonetheless, privacy advocates are concerned that black boxes combined with global positioning systems, which will soon be common in automobiles, could lead to real-time surveillance, with police issuing speeding tickets for infractions never witnessed in person and insurance companies raising rates based on electronically supervised driving patterns. In what some see as a slippery slope, Ohio-based Progressive Insurance has offered 3.6 million customers the possibility of a \$100 annual rebate if they install black boxes that gather six months of data and share that information. The theory: drivers proven safe should pay lower premiums.

But what if companies eventually demand access to EDR data before insuring your car? Last year North Dakota and Arkansas passed laws barring the use of

Liste des véhicules munis de EDR

1994	1996	1997	1998	1999
Buick Commercial Buick Roadmaster Cadillac Commercial Cadillac Fleetwood Chevrolet Caprice Chevrolet Commercial Pontiac Grand Prix	Buick Commercial Buick Le Sabre Buick Park Avenue Buick Regal Buick Riviera Buick Roadmaster Buick Skylark Cadillac Commercial Cadillac Concours Cadillac Deville	Buick Century Buick LeSabre Buick Park Avenue Buick Regal Buick Riviera Buick Skylark Cadillac Commercial Cadillac Concours Cadillac Deville Cadillac Eldorado	Buick Century Buick LeSabre Buick Park Avenue Buick Regal Buick Riviera Buick Skylark Cadillac Commercial Cadillac Deville Cadillac Eldorado Cadillac Seville Chevrolet Astro Chevrolet Blazer Chevrolet Camaro Chevrolet Cavalier Chevrolet Corvette Chevrolet Express Chevrolet Lumina Chevrolet Malibu Chevrolet Metro Chevrolet Monte Carlo Chevrolet Silverado Chevrolet S10 Chevrolet S10 electric Chevrolet Silverado Chevrolet Suburban Chevrolet Tahoe Chevrolet Venture Geo Tracker GMC Safari GMC Savana GMC EV1 GMC Safari GMC Savana GMC Sierra GMC Suburban GMC Yukon Oldsmobile Aurora Oldsmobile Cutlass Supreme Oldsmobile Eighty Eight Oldsmobile Regency Oldsmobile Silhouette Oldsmobile Bravada Oldsmobile Cutlass Oldsmobile Eighty Eight Oldsmobile Intrigue Oldsmobile Regency Oldsmobile Silhouette Pontiac Bonneville Pontiac Firebird Pontiac Firefly Pontiac Grand AM Pontiac Grand Prix Pontiac Sunfire Pontiac Trans Sport Saturn All models	Buick Century Buick Le Sabre Buick Park Avenue Buick Regal Buick Riviera Cadillac Commercial Cadillac Deville Cadillac Eldorado Cadillac Escalade Cadillac Seville Chevrolet Astro Chevrolet Blazer Chevrolet C/K pickup Chevrolet Camaro Chevrolet Cavalier Chevrolet Corvette Chevrolet Express Chevrolet Lumina Chevrolet Malibu Chevrolet Metro Chevrolet Monte Carlo Chevrolet S10 Chevrolet S10 Electric Chevrolet Silverado Chevrolet Suburban Chevrolet Tahoe Chevrolet Tracker Chevrolet Venture GMC EV1 GMC C/K pickup GMC Jimmy GMC Safari GMC Savana GMC Sierra GMC Suburban GMC Yukon Oldsmobile Alero Oldsmobile Aurora Oldsmobile Bravada Oldsmobile Cutlass Oldsmobile Eighty Eight Oldsmobile Intrigue Oldsmobile Silhouette Pontiac Bonneville Pontiac Firebird Pontiac Firefly Pontiac Grand AM Pontiac Grand Prix Pontiac Sunfire Pontiac Trans Sport Saturn All models
1995	Cadillac Deville Cadillac Eldorado Cadillac Fleetwood Cadillac Seville Chevrolet Astro Chevrolet Camaro Chevrolet Caprice Chevrolet Cavalier Chevrolet Express Chevrolet Impala Chevrolet Lumina Chevrolet Metro Chevrolet Monte Carlo Geo Tracker GMC Safari GMC Savana Oldsmobile Achieva Oldsmobile Aurora Oldsmobile Cutlass Supreme Oldsmobile Eighty Eight Oldsmobile Ninety Eight Pontiac Bonneville Pontiac Firefly Pontiac Grand AM Pontiac Grand Prix Pontiac Sunfire Saturn All models	Cadillac Eldorado Cadillac Seville Chevrolet Astro Chevrolet Camaro Chevrolet Cavalier Chevrolet Corvette Chevrolet Express Chevrolet Lumina Chevrolet Malibu Chevrolet Metro Chevrolet Monte Carlo Chevrolet Silverado Chevrolet Suburban Chevrolet Tahoe Chevrolet Venture Geo Tracker GMC EV1 GMC Safari GMC Savana GMC Sierra GMC Suburban GMC Yukon Oldsmobile Achieva Oldsmobile Aurora Oldsmobile Cutlass Supreme Oldsmobile Eighty Eight Oldsmobile Regency Oldsmobile Silhouette Pontiac Bonneville Pontiac Firebird Pontiac Firefly Pontiac Grand AM Pontiac Grand Prix Pontiac Sunfire Pontiac Trans Sport Saturn All models	Cadillac Seville Chevrolet Astro Chevrolet Blazer Chevrolet Camaro Chevrolet Cavalier Chevrolet Corvette Chevrolet Express Chevrolet Lumina Chevrolet Malibu Chevrolet Metro Chevrolet Monte Carlo Chevrolet S10 Chevrolet Silverado Chevrolet Suburban Chevrolet Tahoe Chevrolet Tracker Chevrolet Venture GMC Jimmy GMC Safari GMC Savana GMC Sierra GMC Sonoma GMC Suburban GMC Yukon Oldsmobile Achieva Oldsmobile Aurora Oldsmobile Bravada Oldsmobile Cutlass Oldsmobile Eighty Eight Oldsmobile Intrigue Oldsmobile Regency Oldsmobile Silhouette Pontiac Bonneville Pontiac Firebird Pontiac Firefly Pontiac Grand AM Pontiac Grand Prix Pontiac Sunfire Pontiac Trans Sport Saturn All models	Cadillac Seville Chevrolet Astro Chevrolet Blazer Chevrolet C/K pickup Chevrolet Camaro Chevrolet Cavalier Chevrolet Corvette Chevrolet Express Chevrolet Lumina Chevrolet Malibu Chevrolet Metro Chevrolet Monte Carlo Chevrolet S10 Chevrolet S10 Electric Chevrolet Silverado Chevrolet Suburban Chevrolet Tahoe Chevrolet Tracker Chevrolet Venture GMC EV1 GMC C/K pickup GMC Jimmy GMC Safari GMC Savana GMC Sierra GMC Suburban GMC Yukon Oldsmobile Alero Oldsmobile Aurora Oldsmobile Bravada Oldsmobile Cutlass Oldsmobile Eighty Eight Oldsmobile Intrigue Oldsmobile Silhouette Pontiac Bonneville Pontiac Firebird Pontiac Firefly Pontiac Grand AM Pontiac Grand Prix Pontiac Sunfire Pontiac Trans Sport Saturn All models

2000	2001	2002	2003
Buick Century	Buick Century	Buick Century	Buick Century
Buick LeSabre	Buick LeSabre	Buick LeSabre	Buick LeSabre
Buick Park Avenue	Buick Park Avenue	Buick Park Avenue	Buick Park Avenue
Buick Regal	Buick Regal	Buick Regal	Buick Regal
Cadillac Commercial	Cadillac Commercial	Buick Rendezvous	Buick Rendezvous
Cadillac Deville	Cadillac Deville	Cadillac Commercial	Cadillac Commercial
Cadillac Eldorado	Cadillac Eldorado	Cadillac Deville	Cadillac CTS
Cadillac Escalade	Cadillac Seville	Cadillac Eldorado	Cadillac Deville
Cadillac Seville	Chevrolet Astro	Cadillac Escalade	Cadillac Escalade
Chevrolet Astro	Chevrolet Blazer	Cadillac Seville	Cadillac Seville
Chevrolet Blazer	Chevrolet C/K pickup	Chevrolet Astro	Cadillac XLR Roadster
Chevrolet C/K pickup	Chevrolet Camaro	Chevrolet Avalanche	Chevrolet Astro
Chevrolet Camaro	Chevrolet Cavalier	Chevrolet Blazer	Chevrolet Avalanche
Chevrolet Cavalier	Chevrolet Corvette	Chevrolet Camaro	Chevrolet Blazer
Chevrolet Corvette	Chevrolet Express	Chevrolet Cavalier	Chevrolet Cavalier
Chevrolet Express	Chevrolet Impala	Chevrolet Corvette	Chevrolet Corvette
Chevrolet Impala	Chevrolet Lumina	Chevrolet Express	Chevrolet Express
Chevrolet Lumina	Chevrolet Malibu	Chevrolet Impala	Chevrolet Impala
Chevrolet Malibu	Chevrolet Metro	Chevrolet Malibu	Chevrolet Kodiak
Chevrolet Metro	Chevrolet Monte Carlo	Chevrolet Monte Carlo	Chevrolet Malibu
Chevrolet Monte Carlo	Chevrolet S10	Chevrolet S10	Chevrolet Monte Carlo
Chevrolet S10	Chevrolet Silverado	Chevrolet Silverado	Chevrolet S10
Chevrolet Silverado	Chevrolet Suburban	Chevrolet Suburban	Chevrolet Silverado
Chevrolet Suburban	Chevrolet Tahoe	Chevrolet Tahoe	Chevrolet SSR
Chevrolet Tahoe	Chevrolet Tracker	Chevrolet Tracker	Chevrolet Suburban
Chevrolet Tracker	Chevrolet Venture	Chevrolet TrailBlazer	Chevrolet Tahoe
Chevrolet Venture	Ford Crown Victoria	Chevrolet Venture	Chevrolet Tracker
Chevrolet Silverado	Ford Escape	Ford Crown Victoria	Chevrolet TrailBlazer
Chevrolet Suburban	Ford Escort	Ford Escape	Chevrolet Venture
Chevrolet Tahoe	Ford Excursion	Ford Escort	Ford Crown Victoria
GMC C/K pickup	Ford Expedition	Ford Excursion	Ford Escape
GMC Jimmy	Ford Explorer Sport (2 door)	Ford Expedition	Ford Excursion
GMC Safari	Ford Explorer Sport Trac (pickup)	Ford Explorer Sport (2 door)	Ford F150
GMC Savana	Ford F150	Ford Explorer Sport Trac (pickup)	Ford F250 Super Duty
GMC Sierra	Ford F250 Super Duty	Ford F150	Ford F350 Super Duty
GMC Sonoma	Ford F350 Super Duty	Ford F250 Super Duty	Ford F450 Super Duty
GMC Suburban	Ford F450 Super Duty	Ford F350 Super Duty	Ford F550 Super Duty
GMC Yukon	Ford F550 Super Duty	Ford F450 Super Duty	Ford Mustang
GMC Sierra	Ford Mustang	Ford F550 Super Duty	Ford Ranger
GMC Yukon	Ford Ranger	Ford Mustang	Ford Thunderbird
Isuzu Hombre	Ford Taurus	Ford Ranger	Ford Windstar
Oldsmobile Alero	Ford Windstar	Ford Thunderbird	GMC Envoy
Oldsmobile Bravada	GMC C/K pickup	Ford Windstar	GMC Safari
Oldsmobile Intrigue	GMC Jimmy	GMC Envoy	GMC Savana
Oldsmobile Silhouette	GMC Safari	GMC Safari	GMC Sierra
Pontiac Bonneville	GMC Savana	GMC Savana	GMC Sonoma
Pontiac Firebird	GMC Sierra	GMC Sierra	GMC Top Kick
Pontiac Firefly	GMC Sonoma	GMC Sonoma	GMC Yukon
Pontiac Grand Am	GMC Yukon	GMC Yukon	GMC Yukon XL
Pontiac Grand Prix	GMC Yukon XI	GMC Yukon XL	Hummer H2
Pontiac Montana	Lincoln Continental	Lincoln Continental	Isuzu Ascender
Pontiac Sunfire	Lincoln LS	Lincoln LS	Lincoln Town Car
Saturn All models	Lincoln Navigator	Lincoln Navigator	Mercury Grand Marquis
	Lincoln Town Car	Lincoln Town Car	Oldsmobile Alero
	Mercury Grand Marquis	Mercury Grand Marquis	Oldsmobile Aurora
	Mercury Sable	Oldsmobile Alero	Oldsmobile Bravada
	Oldsmobile Alero	Oldsmobile Aurora	Oldsmobile Silhouette
	Oldsmobile Aurora	Oldsmobile Bravada	Pontiac Aztek
	Oldsmobile Bravada	Oldsmobile Intrigue	Pontiac Bonneville
	Oldsmobile Intrigue	Oldsmobile Silhouette	Pontiac Grand Am
	Oldsmobile Silhouette	Pontiac Aztek	Pontiac Grand Prix
	Pontiac Aztek	Pontiac Bonneville	Pontiac Montana
	Pontiac Bonneville	Pontiac Firebird	Pontiac Sunfire
	Pontiac Firebird	Pontiac Grand Am	
	Pontiac Firefly	Pontiac Grand Prix	
	Pontiac Grand Am	Pontiac Montana	
	Pontiac Grand Prix	Pontiac Sunfire	
	Pontiac Montana	Saturn All models	
	Pontiac Sunfire		
	Saturn All models		

2004	2005	2006
Buick Century	Buick Allure	Buick Allure
Buick LeSabre	Buick Century	Buick Lacrosse
Buick Park Avenue	Buick Lacrosse	Buick Lucerne
Buick Rainier	Buick LeSabre	Buick Rainer
Buick Regal	Buick Park Avenue	Buick Rendezvous
Buick Rendezvous	Buick Rainier	Buick Terraza
Cadillac Commercial	Buick Rendezvous	Cadillac Commercial
Cadillac CTS	Buick Terraza	Cadillac CTS
Cadillac Deville	Cadillac Commercial	Cadillac DTS
Cadillac Escalade	Cadillac CTS	Cadillac Escalade
Cadillac EXT	Cadillac Deville	Cadillac SRX
Cadillac Seville	Cadillac Escalade	Cadillac STS
Cadillac SRX	Cadillac EXT	Cadillac XLR Roadster
Cadillac XLR Roadster	Cadillac SRX	Chevrolet Avalanche
Chevrolet Astra	Cadillac STS	Chevrolet Blazer
Chevrolet Avalanche	Cadillac XLR Roadster	Chevrolet Cobalt
Chevrolet Blazer	Chevrolet Astro	Chevrolet Colorado
Chevrolet Cavalier	Chevrolet Avalanche	Chevrolet Corvette
Chevrolet Classic	Chevrolet Cavalier	Chevrolet Equinox
Chevrolet Colorado	Chevrolet Classic	Chevrolet Express
Chevrolet Corvette	Chevrolet Cobalt	Chevrolet HHR
Chevrolet Express	Chevrolet Colorado	Chevrolet Impala
Chevrolet Impala	Chevrolet Corvette	Chevrolet Kodiak
Chevrolet Kodiak	Chevrolet Equinox	Chevrolet Malibu
Chevrolet Malibu	Chevrolet Express	Chevrolet Malibu Classic
Chevrolet Monte Carlo	Chevrolet Impala	Chevrolet Monte Carlo
Chevrolet S10	Chevrolet Kodiak	Chevrolet Silverado
Chevrolet Silverado	Chevrolet Malibu	Chevrolet SSR
Chevrolet SSR	Chevrolet Malibu Classic	Chevrolet Suburban
Chevrolet Suburban	Chevrolet Monte Carlo	Chevrolet Tahoe
Chevrolet Tahoe	Chevrolet Silverado	Chevrolet Trailblazer
Chevrolet Tracker	Chevrolet SSR	Chevrolet Uplander
Chevrolet TrailBlazer	Chevrolet Suburban	Chevrolet Venture
Chevrolet Venture	Chevrolet Tahoe	GMC Canyon
Ford Crown Victoria	Chevrolet Trailblazer	GMC Envoy
Ford Escape	Chevrolet Uplander	GMC Savana
Ford Excursion	Chevrolet Venture	GMC Sierra
Ford F250 Super Duty	Ford Excursion	GMC Sonoma
Ford F350 Super Duty	Ford F250 Super Duty	GMC Top Kick
Ford F450 Super Duty	Ford F350 Super Duty	GMC Yukon
Ford F550 Super Duty	Ford F450 Super Duty	Hummer H2
Ford Mustang	Ford F550 Super Duty	Hummer H3
Ford Ranger	Ford Ranger	Isuzu Ascender
Ford Thunderbird	Ford Thunderbird	Pontiac G6
Ford F150 (Heritage)	GMC Canyon	Pontiac Grand Am
GMC Canyon	GMC Envoy	Pontiac Grand Prix
GMC Envoy	GMC Safari	Pontiac Montana
GMC Safari	GMC Savana	Pontiac Pursuit
GMC Savana	GMC Sierra	Pontiac Solstice
GMC Sierra	GMC Top Kick	Pontiac Torrent
GMC Sonoma	GMC Yukon	Saab 9-7X
GMC Top Kick	GMC Yukon XL	Saturn All models
GMC Yukon	Hummer H2	
GMC Yukon XL	Isuzu Ascender	
Hummer H2	Pontiac Aztek	
Isuzu Ascender	Pontiac Bonneville	
Lincoln Town Car	Pontiac G6	
Mercury Grand Marquis	Pontiac Grand Am	
Oldsmobile Alero	Pontiac Grand Prix	
Oldsmobile Bravada	Pontiac Montana	
Oldsmobile Silhouette	Pontiac Pursuit	
Pontiac Aztek	Pontiac Sunfire	
Pontiac Bonneville	Saab 9-7X	
Pontiac Grand Am	Saturn All models	
Pontiac Grand Prix		
Pontiac Montana		
Pontiac Sunfire		
Saturn All models		