

Projet RIDER Etude thématique

Efficacité attendue d'un meilleur freinage en situation d'urgence



Benjamin AMANS
Thierry HERMITTE
Florence DELAMARRE-DAMIER
Jean-Charles FUERXER
Alain MARTIN
Maxime MOUTREUIL

N° RIDER200412-06

Cette étude, réalisée dans le cadre du projet **RIDER** (Recherche sur les accidents Impliquant un **DEux-Roues** motorisé), est financée par :

Le Ministère de la Jeunesse de l'Education Nationale et de la Recherche
(Convention 02K0376 du 11/10/2002)

Le Conseil National de Sécurité Routière
(Convention 0300000200-26 du 25/04/2003)

La Fondation MAIF
(Convention du 07/05/2003)

Sommaire

SOMMAIRE

<u>I.</u>	<u>Remerciements.....</u>	<u>6</u>
<u>II.</u>	<u>Synthèse.....</u>	<u>8</u>
<u>III.</u>	<u>Introduction.....</u>	<u>11</u>
<u>IV.</u>	<u>Rappel statistique.....</u>	<u>13</u>
A.	Évolution entre 2002 et 2003 et comparaison de la mortalité..... avec les chiffres de l'automobile.....	13
B.	Évolution depuis 1996 de la mortalité des conducteurs de motocyclettes en fonction de la cylindrée.....	14
C.	Évolution entre 1996 et 2001 des taux de conducteurs..... tués par rapport au parc selon la cylindrée.....	15
D.	Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque.....	16
1)	Les cyclomotoristes.....	16
2)	Les motocyclistes.....	17
E.	Typologie des chocs.....	18
<u>V.</u>	<u>Le freinage des deux-roues motorisés.....</u>	<u>20</u>
A.	Le freinage : description et problématique.....	20
B.	Mieux comprendre la problématique du freinage: notions élémentaires de physique.....	22
1)	L'adhérence.....	22
2)	Le transfert de masse.....	23
<u>VI.</u>	<u>Les aides au freinage : présentation et attentes.....</u>	<u>27</u>
A.	Tour d'horizon de l'existant en matière d'aide au freinage.....	27
1)	Historique des différents systèmes d'aide au freinage.....	27
2)	Description des différents systèmes.....	28
a)	L'ABS (Antilock Braking System).....	28
b)	Le freinage intégral.....	30
c)	L'amplificateur de freinage.....	32
B.	Les véhicules équipés d'aides au freinage :..... parts de marché et offre des constructeurs.....	35
1)	L'offre des constructeurs de deux-roues motorisés.....	35
2)	Parts de marché des véhicules équipés d'aides au freinage.....	41
C.	Résultats attendus.....	44
1)	Risque de chute.....	44
2)	Courbes de décélération.....	44
3)	Effacité chiffrée de l'ABS et du freinage intégral.....	46
4)	Effacité de l'amplificateur de freinage.....	52

<u>VI. Aides au freinage : étude clinique</u>	56
A Rappel sur le codage AIS.	57
B Caractéristiques de l'échantillon.....	58
C Manœuvres d'urgence tentées par les conducteurs	63
D. Estimation du gain apporté par la présence d'un ABS.....	69
E. Facteurs accidentels.....	71
F. Bilan lésionnel	72
<u>VII. Conclusion</u>	74
<u>VIII Bibliographie</u>	76
<u>IX Sites Internet</u>	78
<u>X. Table des figures</u>	80
<u>XI Table des tableaux</u>	81
<u>XII Lexique</u>	82

I. Remerciements

Merci à M. BONNIN de Peugeot-Motocycles pour nous avoir autorisé à utiliser leurs documents

Synthèse

II. Synthèse

En dépit de chiffres encourageants depuis 2002, la moto reste un moyen de transport particulièrement dangereux, avec notamment, une probabilité de décès 21 fois supérieure aux automobilistes en tenant compte du nombre de kilomètres parcourus.

En situation d'urgence, le blocage des roues est le phénomène qui pose le plus de problèmes aux conducteurs. A l'origine de nombreuses chutes, il peut décourager les conducteurs à freiner énergiquement de peur de bloquer leurs roues, ce qui allonge considérablement les distances d'arrêt.

Les conducteurs, par méconnaissance des techniques optimales de freinage, ont tendance à employer davantage leur frein arrière au détriment du frein avant, pourtant nettement plus efficace.

Les aides au freinage répondent efficacement à ces problèmes :

- L'ABS (ou système anti-blocage des roues) a pour rôle d'éviter le blocage des roues malgré l'application d'une pression trop importante sur les commandes de frein et permet à un conducteur moyen d'optimiser son freinage de la même façon qu'un conducteur chevronné.
- Le freinage intégral (ou freinage couplé) répartit efficacement entre les roues avant et arrière la force de freinage, alors qu'avec un freinage traditionnel, ce sont deux commandes distinctes qui assurent séparément le freinage sur la roue avant (avec la main droite) et le freinage sur la roue arrière (avec le pied droit).
- L'amplificateur de freinage permet d'obtenir une décélération plus importante sans que l'action sur les commandes de freinage soit plus intense.

A ce jour, les aides à la conduite sont encore très rares sur l'ensemble du parc de deux-roues motorisé mais les choses évoluent sensiblement depuis quelques mois grâce à quelques constructeurs généralistes ayant décidé de démocratiser les aides au freinage.

Ce développement des aides, associé au respect du code de la route (ce qui semble en voie d'amélioration), pourrait avoir un effet bénéfique sur l'accidentologie des deux-roues à moteur sous réserve que les conducteurs qui en disposent les utilisent correctement ; ceci passe par une meilleure information sur l'intérêt du système ainsi que par une meilleure formation vis-à-vis de ces aides parfois déroutantes et dont l'intérêt est souvent mal compris.

Si la part de véhicules équipés d'aides au freinage croît sans cesse depuis quelques mois, elle devrait « exploser » d'ici quelques années. En effet, les constructeurs européens de deux-roues à moteur ont signé en avril 2004 la « Charte européenne de sécurité routière », s'engageant ainsi à développer l'offre de véhicules équipés de systèmes d'aides au freinage (ABS, répartiteur, amplificateur). L'objectif de cette charte étant d'atteindre 50% de l'offre en 2010.

Les pouvoirs publics ont tout intérêt à voir le nombre de victimes de la route baisser ; dès lors, ils pourraient soutenir cette charte et inciter le développement de ces aides au freinage, grâce par exemple à une fiscalité avantageuse, ce qui, associé à une baisse de coûts induits par cette généralisation, rendrait cette option définitivement abordable pour l'utilisateur.

D'un point de vue micro-accidentologique, notre échantillon nous a permis de faire les observations suivantes :

Les conducteurs possédant un véhicule équipé d'une aide au freinage sont plus âgés et expérimentés que la moyenne de notre échantillon.

Ils ont, en règle générale, moins tendance à prendre des risques et à commettre des infractions que les autres, ce qui se ressent dans leur passé accidentel et infractionnel ; la seule exception à la prise de risque concerne la vitesse : ils roulent globalement plus vite que les autres conducteurs. Leur bilan lésionnel est d'une gravité plus élevée que pour le reste des impliqués.

Introduction

III. Introduction

L'automobile, considérablement en avance sur la moto dans le domaine de la sécurité, a vu son niveau de développement s'élever considérablement au cours des dernières années; l'ABS, déjà démocratisé depuis plusieurs années, s'est vu depuis peu épaulé par de nouveaux systèmes de sécurité aussi bien actifs que passifs : airbags de plus en plus nombreux et performants, ESP, amplificateur de freinage, antipatinage, prétensionneurs de ceintures...

Au cours de la même période, le retard pris par la moto n'a cessé de croître : l'ABS, qui existe depuis près de 15 ans, tarde toujours à s'imposer ; le répartiteur de freinage, moins coûteux, perce légèrement mais reste encore marginal sur l'ensemble du marché et les airbags, dont la mise au point semble difficile, ne parviennent pas à s'imposer. La seule innovation récente concerne l'amplificateur de freinage mais sa diffusion reste pour le moment anecdotique.

Ce sont les véhicules et les usagers les plus vulnérables qui devraient être équipés en priorité des systèmes de sécurité et aides à la conduite, or, la réalité est tout autre : ce sont les moins exposés qui bénéficient réellement des dernières innovations.

La problématique du freinage est multiple et peut être envisagée selon deux optiques différentes : le véhicule ou le conducteur. Des travaux sur ce second point ont déjà été menés (surtout dans le domaine de l'automobile mais également dans celui du deux-roues motorisé [23]) et c'est sur la partie matérielle, c'est-à-dire les aides destinées à améliorer le freinage des deux-roues, que notre travail et notre problématique s'orientent.

Ainsi, pourquoi les aides au freinage qui existent sur les deux-roues depuis de nombreuses années restent anecdotiques en terme de chiffres de vente ?

Que peut attendre de ces aides un conducteur de deux-roues à moteur confronté à une situation d'urgence ?

Et la présence de ces aides ne risque t-elle pas de modifier son comportement et l'inciter à prendre plus de risques en lui donnant un sentiment de sécurité supplémentaire?

Afin de mieux répondre à ces problématiques, nous allons dans un premier temps essayer de nous familiariser avec la problématique liée au freinage, en analysant les actions et réactions d'un conducteur et de sa machine en situation de freinage.

Il nous semble ensuite utile d'observer les aides à la conduite actuellement mises à disposition des conducteurs : leur principe de fonctionnement, les phénomènes qu'ils sont sensés combattre et enfin les résultats concrets, chiffrés, qu'ils sont en mesure d'apporter.

Après ce tour d'horizon sur le freinage, nous essaierons de tirer pleinement profit de nos cas cliniques référencés dans les études MAIDS et RIDER ; l'étude approfondie de notre base de données nous permettra notamment d'observer les différences entre les conducteurs utilisant des aides au freinage et les autres : leurs caractéristiques, leurs réactions en situation d'urgence et leur comportement vis-à-vis de leur environnement.

IV. Rappel statistique

IV. Rappel statistique¹

A. Évolution entre 2002 et 2003 et comparaison de la mortalité avec les chiffres de l'automobile.

En 2002, les deux-roues motorisés de plus de 50 cm³ représentaient 973 morts (passagers inclus) et 17 545 blessés dont 3 770 graves, auxquels s'ajoutent 366 morts et 16785 blessés chez les cyclomotoristes. Les résultats 2003 pour la moto sont très encourageants avec 813 morts (-16,4%) et 15 816 blessés (-9,9%) dont 3 161 graves (-16,2%). Ces résultats encourageants doivent cependant être nuancés : la baisse est moins forte que chez les automobilistes (3 509 morts soit une baisse de 23,8%) et les cyclomotoristes n'ont pas suivi la même tendance en 2003 : 772 morts (+1,6%) et 16 258 blessés (-3,1%).

Bien que les résultats 2002 et 2003 pour la moto soient encourageants, la tendance à la baisse ne parvient pourtant pas à faire oublier le fait que ces chiffres restent trop élevés comparés à ceux des quatre roues. En 2002, on a compté 923 tués par million de motocyclettes de plus de 50cm³ en circulation alors que ce chiffre chute à 158 tués par million de véhicule léger en circulation. Ce constat est édifiant : la probabilité de décès pour les motards est 5,8 fois supérieure. Si l'on prend pour base le nombre de kilomètres parcourus (4030 pour les motocyclistes et 14 660 pour les automobilistes), le risque relatif monte à plus de 21.

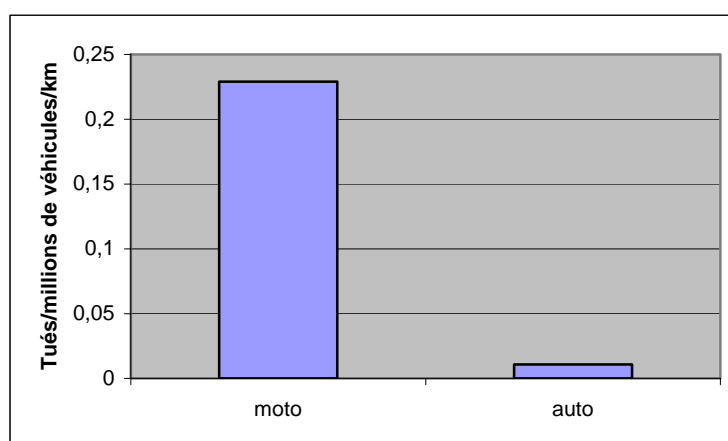


Figure 1 : Tués par million de véhicules en fonction du kilométrage annuel moyen.

La probabilité de se tuer en deux-roues motorisé pour chaque kilomètre parcouru est 21 fois supérieure à celle de l'auto.

¹ D'après -La sécurité routière en France, bilan de l'année 2002, la documentation française, Paris, 2003
-La sécurité routière en France, bilan de l'année 2003, la documentation française, Paris, 2004

B. Évolution depuis 1996 de la mortalité des conducteurs de motocyclettes en fonction de la cylindrée²

L'augmentation du nombre des conducteurs tués au guidon de motocyclettes de 100-125 cm³, après une augmentation continue depuis 1996, à la suite de la réforme de l'accès à la conduite, a été enrayerée en 2000. Malheureusement, la tendance à la hausse a repris en 2001 (+10%) sans atteindre heureusement le niveau de 1999. L'augmentation est moins élevée que celle qui est observée parmi les conducteurs de MTT1³ et MTT2⁴.

Les conducteurs de 125 cm³ représentent ainsi 14% de l'ensemble des conducteurs de motocyclettes tués en 2001. La diminution de cette proportion qui avait été amorcée en 2000 après le maximum observé en 1999 (17%), se poursuit donc en 2001.

La majeure partie de l'accroissement du nombre des tués qui a été constatée en 2001 concerne ainsi les conducteurs de motocyclettes de plus de 125 cm³ (100 tués de plus soit une augmentation de 14%). Pour ces derniers, mis à part la stagnation enregistrée en 1999, la hausse est continue depuis 1996. Le nombre de conducteurs tués au guidon de MTT1 + MTT2 a ainsi augmenté en 5 ans de 40% (plus 226 tués). Certes, cet accroissement est inférieur à celui des motocyclistes tués au guidon de 100-125 cm³ (plus 71%), mais il convient de comparer ces hausses avec celles des parcs.

Sur l'ensemble des cylindrées, le nombre de conducteurs de motocyclettes tués ne cesse d'augmenter depuis 1996 et semble, au vu des résultats pour l'année 2002, enfin fléchir. En cinq ans, la hausse est égale à 275 tués (plus 42%) soit plus de 50 par an (8% en moyenne par an).

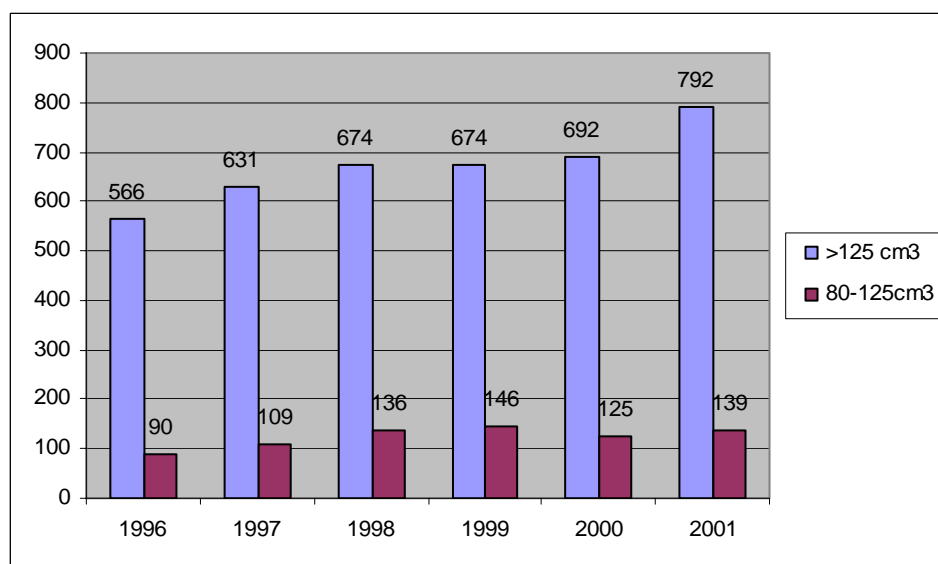


Figure 2 : Evolution depuis 1996 de la mortalité des conducteurs de motocyclettes en fonction de la cylindrée

² Données non disponibles pour 2002 et 2003

³ MTT1 : de puissance à l'origine inférieure ou égale à 25 kW soit 34 chevaux et de rapport puissance/poids inférieur ou égal à 0,16 kW/kg

⁴ MTT2 : de puissance à l'origine pouvant être supérieure à 25 kW et de rapport puissance/poids pouvant être supérieur à 0,16 kW/kg

C. Évolution entre 1996 et 2001 des taux de conducteurs tués par rapport au parc selon la cylindrée⁵.

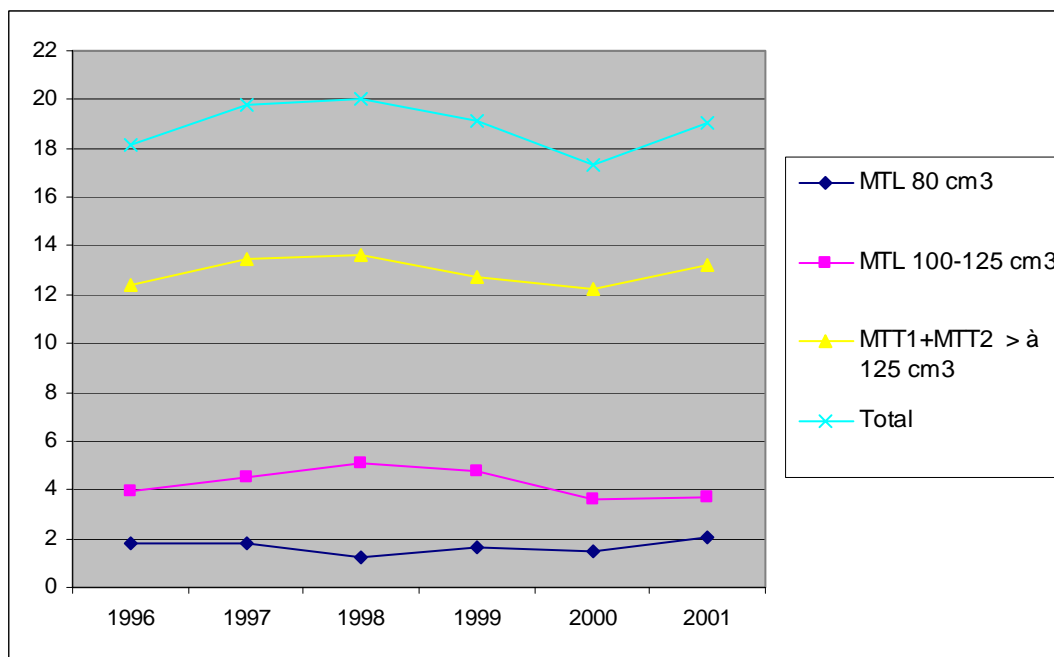


Figure 3 : Evolution entre 1996 et 2001 des taux de conducteurs tués par rapport au parc selon la cylindrée.

Pour que ces chiffres aient un sens, il faut les comparer avec l'évolution du parc ; par rapport au parc de l'ensemble des motocyclettes en circulation (demi somme des parcs au premier janvier et au 31 décembre), le taux de conducteurs tués qui diminuait depuis 1998 s'est accru en 2001. Ceci est la conséquence d'une augmentation de la mortalité supérieure à celle du parc. La hausse est de 7 tués pour 100.000 motos et baisse de 2 tués en 2002, le taux retrouvant sensiblement son niveau de 1999.

Quelle que soit la classe de motocyclette, les taux sont en augmentation. La hausse est cependant plus sensible pour les engins les plus puissants (plus 0,10) que pour les motos légères de 100-125 cm³ (plus 0,01). Ainsi, l'écart entre la gravité de ces deux types de motocyclettes s'est encore accru.

Les taux augmentent avec la cylindrée. Ainsi, en 2001, les MTT1+MTT2 sont 3,6 fois plus meurtrières que les MTL de 100-125 cm³. Depuis 1998 (2,7), l'écart n'a fait que se creuser (2,7 en 1999 et 3,4 en 2000).

Pour être objectif, il faudrait prendre en compte le kilométrage annuel parcouru. Ce dernier est obtenu à partir des enquêtes bi-annuelles de la SOFRES sur les deux-roues motorisés. Les derniers résultats connus relatifs à l'année 1999 montraient que le ratio de gravité entre les motocyclettes de plus de 125 cm³ et celles de 100-125 cm³ diminuait à 1,7 lorsque les parcours étaient pris en compte.

⁵ Données non disponibles pour 2002 et 2003

D. Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque⁶.

Les mesures de port du casque par les conducteurs et les passagers des deux-roues motorisés sont issues d'enquêtes visuelles réalisées par les mêmes enquêteurs, dans les mêmes conditions de circulation que les mesures de vitesse et de taux de port de la ceinture. De fait, le seul critère relevé concerne le port ou le non port du casque et aucune distinction concernant le port correct ou la bon adaptation du casque n'a pu être relevée.

1) Les cyclomotoristes.

Rase campagne

Taux de port (en %)	1999	2000	2001	2002	2003
Sur routes nationales à 2 ou 3 voies	92	93	90	94	98
Sur routes départementales à grande circulation	97	93	70	95	91

En agglomération

Taux de port (en %)	1999	2000	2001	2002	2003
Sur routes nationales en traversée d'agglomérations	98	89	90	97	98
Ensemble grandes agglomérations de province	92	92	92	95	95
Paris	96	97	96	98	98

Tableaux n°1 : taux de port du casque chez les cyclomotoristes.

Sur l'ensemble des réseaux de rase campagne et urbain, les valeurs relevées sont comprises entre 91 % et 98 %.

On observe en 2003 des valeurs de taux de port globalement supérieures ou égales à celles relevées en 2002, sauf en ce qui concerne les routes départementales à grande circulation.

Ces constatations doivent toutefois être utilisées avec prudence au vu du faible effectif de l'échantillon.

Au total, ce sont 408 cyclomoteurs qui ont été observés en 2003, avec 449 occupants (conducteurs et passagers). Le coefficient d'occupation moyen s'établit donc à 1,10 occupant par véhicule contre 1,08 en 2002.

⁶ Source : <http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/>

2) Les motocyclistes.

Rase campagne

Taux de port (en %)	1999	2000	2001	2002	2003
Autoroutes de liaison.	98	96	98	96	98
Autoroutes de d'égagement.	99	97	98	97	97
Routes nationales à 2x2 voies.	88	97	98	94	96
Routes nationales à 2 ou 3 voies.	98	99	99	97	94
Routes départementales à grande circulation.	92	95	97	99	97

En agglomération

Taux de port (en %)	1999	2000	2001	2002	2003
Routes nationales en traversées d'agglomérations	98	98	98	95	94
Ensemble grandes agglomérations de province	96	97	97	97	96
Paris	99	98	98	98	99

Tableaux n°2 : taux de port du casque chez les motocyclistes.

Même si les taux de port du casque constatés restent à un niveau élevé, supérieur à 94 %, on observe en 2003 un repli sensible par rapport à l'année précédente, sur la plupart des réseaux de rase campagne, sauf les autoroutes de liaison et urbains, excepté à Paris. On peut noter par ailleurs, que 2 188 motos ont été observées pour un total de 2 511 occupants recensés (conducteurs et passagers). Cela donne un coefficient moyen de 1,15 occupant par moto, proche de celui relevé en 2002 (1,16 occupant par moto) et supérieur également à celui observé pour les cyclomoteurs (1,10 occupant par cyclomoteur).

E. Typologie des chocs

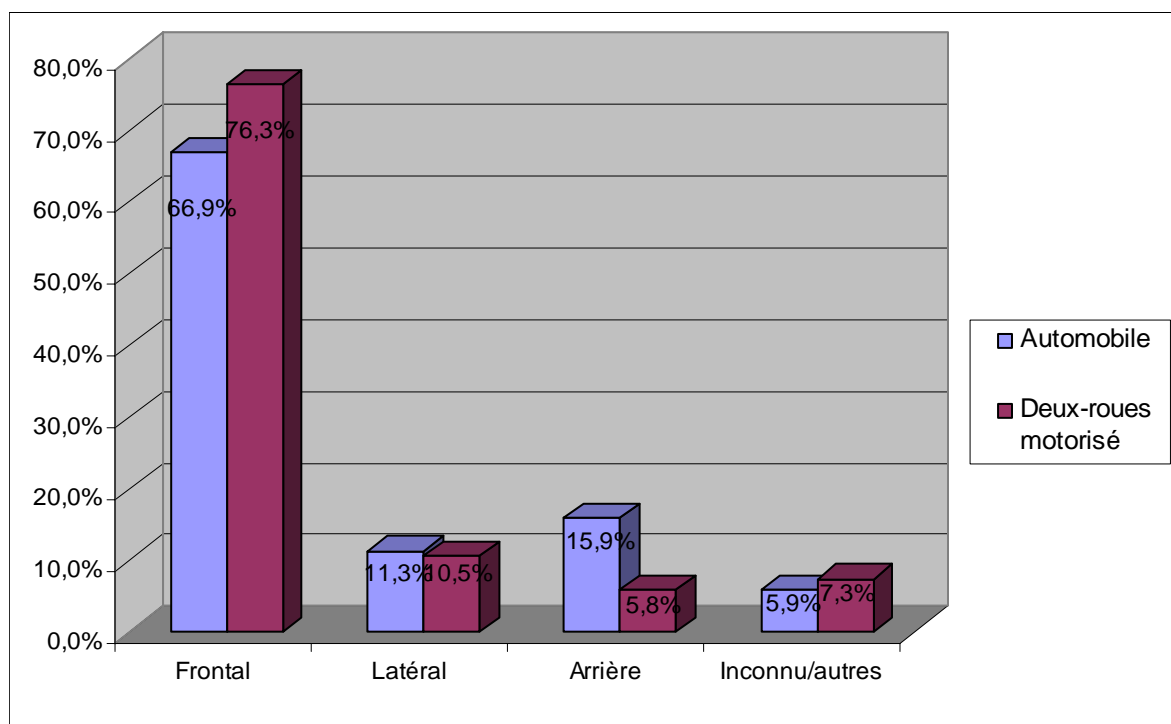


Figure 4: situation du point d'impact sur les véhicules (2003).

Les chocs frontaux représentent la très grande majorité des configurations d'accidents rencontrés par les conducteurs de deux-roues motorisés. En effet, dans près de trois cas sur quatre, les conducteurs de deux-roues impliqués dans un accident ont eu un point de choc initial sur la partie avant de leur véhicule. Dans cette configuration d'accident, il nous apparaît évident que le freinage peut jouer un rôle prépondérant quant à l'issue du scénario, ce qui est nettement moins vrai en cas de choc latéral (10,5%) et encore moins en cas de choc arrière (5,8%).

Enfin, on observe des différences sensibles entre voitures et deux-roues, principalement au niveau de la répartition avant/arrière : 14% de chocs frontaux en plus pour les deux-roues motorisés et surtout trois fois moins de chocs arrière.

V. Le freinage des deux-roues motorisés

V. Le freinage des deux-roues motorisés

A. Le freinage : description et problématique

Si en automobile il est facile de freiner fortement en écrasant la pédale de frein, tenter d'obtenir une décélération maximale sur un véhicule à deux-roues équipé d'un système de freinage conventionnel est plus délicat. En effet, une plus grande habileté est requise car le conducteur doit gérer simultanément son frein avant (avec la main droite) et son frein arrière (avec son pied gauche), et appliquer une pression sur les commandes adaptée au mieux à la situation (état de la chaussée, conditions météorologiques, état des pneus...) pour permettre une décélération maximale sans risque de blocage des roues. De plus, les conséquences d'un blocage de roue sur une automobile sont moins « définitives » : quand un conducteur de deux-roues aura toutes les chances de chuter, celui d'une automobile pourra tenter une autre manœuvre ou affiner son freinage.

Le phénomène le plus problématique en terme de freinage pour les deux-roues motorisés est sans conteste le blocage des roues. En effet, ce type de véhicule y est manifestement plus sensible que les autres véhicules : en cas d'accidents survenus sur chaussée humide, un blocage de roues a été observé dans 28% des cas chez les deux-roues à moteur alors que ce chiffre n'était que de 20% pour l'ensemble des autres véhicules (DETR, 1998).

L'instabilité liée à la caractéristique principale des véhicules (seulement deux roues) ainsi que le manque d'habileté des motocyclistes expliquent à eux seuls un tel résultat. Au cours de leur formation (permis A), les motocyclistes doivent être capables de reproduire sur piste un freinage d'urgence ; sur circuit fermé, plusieurs épreuves s'achèvent par un freinage dont la longueur est déterminée à l'avance et qui constitue, compte tenu de la vitesse initiale imposée, à un freinage d'urgence. Malheureusement, cette technique, apprise rapidement, s'oublie vite si elle n'est pas pratiquée régulièrement.

Tout comme en automobile, ce phénomène doit être évité au maximum ; une roue avant bloquée induit une perte du pouvoir directionnel du véhicule, augmente les distances de freinage et surtout implique une chute quasi systématique si elle perdure plus d'un dixième de seconde

Le blocage de la roue arrière, moins néfaste que celui de la roue avant, entraîne toujours une augmentation des distances de freinage, diminue le pouvoir directionnel du véhicule et peut être à l'origine d'une chute latérale, mais de manière moins systématique qu'avec la roue avant.

Ceci décourage la plupart des conducteurs à oser utiliser toute la puissance de freinage dont ils disposent : bon nombre d'entre eux, de peur d'être confrontés au blocage d'une de leurs roues, sont incapables de freiner en situation d'urgence avec l'intensité nécessaire.

Cette sous-exploitation du système de freinage va souvent de pair avec une mauvaise gestion de la répartition avant/arrière. Sheppard, en 1985, a cherché à comprendre la manière dont freinent les motocyclistes en observant leur comportement à l'abord des intersections. Ainsi, en condition normale de circulation, il a été constaté que 36% des conducteurs avaient utilisé seulement le frein arrière et 11% seulement le frein avant. En situation d'urgence, ces chiffres passent respectivement à 19 et 35%. Or, le meilleur des freinages est obtenu en utilisant les deux freins et les freinages faits uniquement avec le frein arrière offrent une

décélération très nettement inférieure au potentiel maximum. Il n'est donc pas surprenant de constater que, comme Maclean l'a démontré, 30% des accidents de deux-roues pourraient être évités si le potentiel de décélération des machines était utilisé à son maximum.

La problématique est donc multiple : les conducteurs ont du mal à doser la pression à exercer sur les commandes de freinage ce qui se traduit par des freinages trop violents ou trop faibles. Tout ceci est accentué par la difficulté induite par des commandes séparées avant ou arrière.

Ainsi, rendre accessibles au plus grand nombre les différentes aides au freinage, qui répondent directement à la problématique posée ici (voir chapitre VI), pourrait permettre de réduire une grande part d'accidents impliquant une manœuvre de freinage.

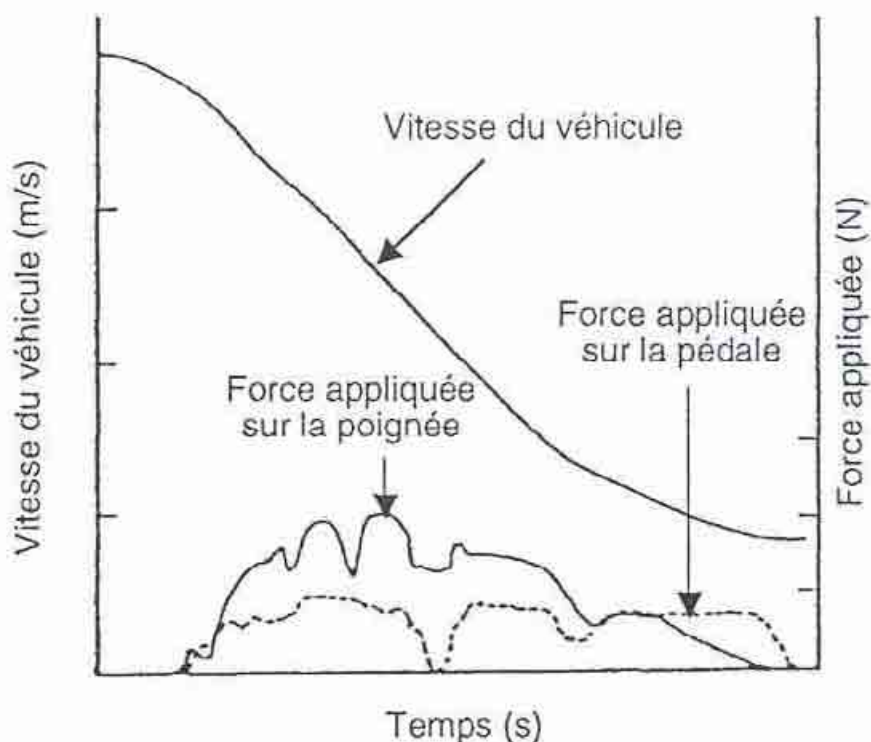


Figure 5⁷: Vitesse du véhicule et force appliquée aux commandes en fonction du temps

Ce schéma met en parallèle la courbe de décélération d'un véhicule au freinage classique utilisé par un conducteur normal avec les efforts appliqués sur les commandes de frein.

⁷ Source : Honda

L'effort appliqué sur les deux commandes doit être modulé continuellement, et, théoriquement, le conducteur devrait appliquer une pression décroissante au fur et à mesure que la vitesse du véhicule diminue, à cause du transfert de masse (cf chapitre IV.B.2). Le graphique retranscrit fidèlement la difficulté qu'a le conducteur à gérer les actions sur les commandes : la force appliquée aussi bien sur la pédale que sur la poignée est irrégulière et inadaptée, surtout au niveau de la pédale (où la pression devrait diminuer).

B. Mieux comprendre la problématique du freinage: notions élémentaires de physique

Afin de prendre pleinement connaissance de la problématique liée au freinage du deux-roues, il nous a semblé indispensable d'aborder le problème sous différents aspects, notamment d'un point de vue physique.

1) L'adhérence

L'adhérence est la force qui résulte du frottement entre deux surfaces (Loi de Coulomb). Le coefficient d'adhérence dépend de la nature du revêtement routier, de celle du pneu et de l'aire du pneu en contact avec la route. En théorie, la force de freinage disponible ne peut dépasser la force d'adhérence.

Selon la loi de Coulomb, la friction d'un objet qui glisse augmente en fonction de la force appliquée. Quand une plus grande force est appliquée aux pneus, la souplesse de la gomme fait que la surface en contact avec le sol épouse mieux les irrégularités de la chaussée ; de plus, la surface de contact devient plus grande grâce à la déformation de pneu rendue possible par l'élasticité de la gomme. La déformation de la gomme n'est pas proportionnelle d'une façon linéaire à la force appliquée, c'est pourquoi il existe une limite à ce constat. C'est aussi pourquoi un pneu plus large offrira plus d'adhérence.

Il a été démontré (Holmes et Stone, 1969) que la force maximale de freinage était atteinte quand le glissement entre la roue et la chaussée était de l'ordre de 15 à 20% : si le système ABS permet au freinage de travailler dans cet intervalle, la stabilité reste non-affectée et l'efficacité de freinage est optimale.

Bien entendu, cette adhérence dépendra également de la souplesse et de l'élasticité de la gomme que nous venons d'évoquer mais la qualité, la « dureté » de cette même gomme n'est donc pas le seul facteur à prendre en compte.

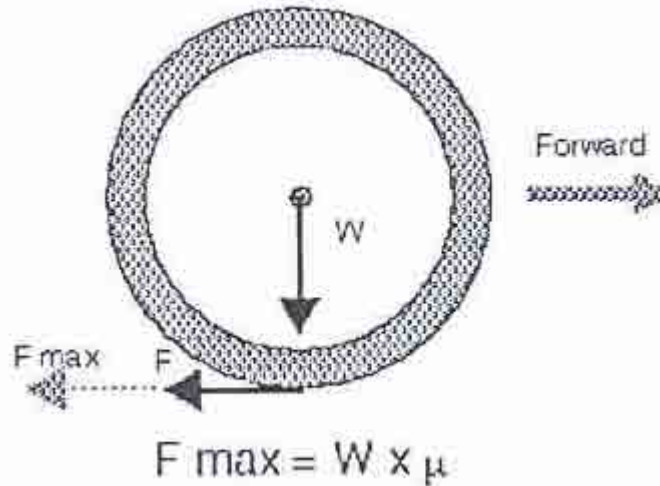


Figure 6 : force de freinage maximum disponible sur chaque roue.

Le poids (W) sur chaque roue et le coefficient de friction (μ) déterminent la force de freinage maximum (F_{max}) disponible sur chaque roue. Lorsque la force de freinage (F) dépasse cette limite, la roue se bloque. Cette situation est particulièrement critique pour la roue avant car elle induit, au contraire de la roue arrière, une chute quasi systématique.

2) Le transfert de masse

Comme nous venons de le voir, l'adhérence disponible est directement proportionnelle au coefficient d'adhérence entre le pneu et la surface de la route et également dépendant de la charge appliquée à chaque pneu. Ce dernier élément complique considérablement le problème compte tenu du phénomène de transfert de masse.

Si l'accélération d'un deux-roues a tendance à faire délester sa roue avant, le freinage, au contraire, fait délester la roue arrière et, par conséquent, « écrase » la fourche et le pneu avant. Ainsi, la charge est transférée progressivement sur la roue avant, ce qui implique, comme l'explique clairement la loi de Coulomb, que la force de freinage disponible diminue progressivement sur la roue arrière et augmente progressivement sur la roue avant.

Ce phénomène a plusieurs conséquences sur le freinage d'un deux roues et le conducteur doit avoir pleinement connaissance de ce phénomène s'il veut éviter la chute et freiner de façon optimale en situation d'urgence. En effet, s'il freine fort de l'avant alors que le transfert de masse est incomplet, la roue avant a de fortes chances de se bloquer (la force, et donc

l'adhérence sur la roue avant étant encore limitée) ; si, au contraire, il privilégie le frein arrière, ses distances d'arrêt seront bien en deçà des capacités maximales de la machine.

La meilleure façon d'effectuer un transfert de masse réside dans l'utilisation idéale des deux freins. Toute la difficulté consiste à répartir idéalement la force de freinage entre les deux-roues : la répartition pour débuter le freinage doit être ajustée une fois le transfert fini afin de tendre vers la répartition optimale (de l'ordre de 30 % sur l'arrière, 70 % sur l'avant). L'importance de ce phénomène explique à elle seule la piètre qualité des freinages réalisés par les conducteurs « moyens » : la répartition avant arrière est délicate à gérer avec deux commandes différentes et les conducteurs ne sollicitent pas assez le frein avant en cas de freinage d'urgence.

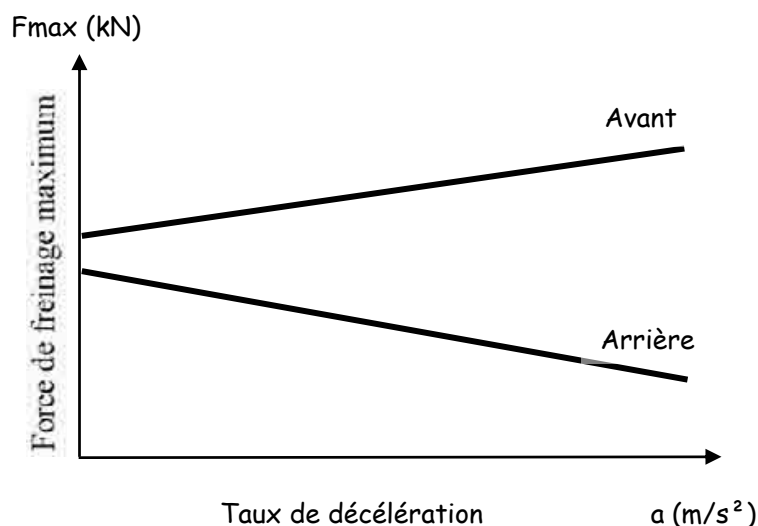
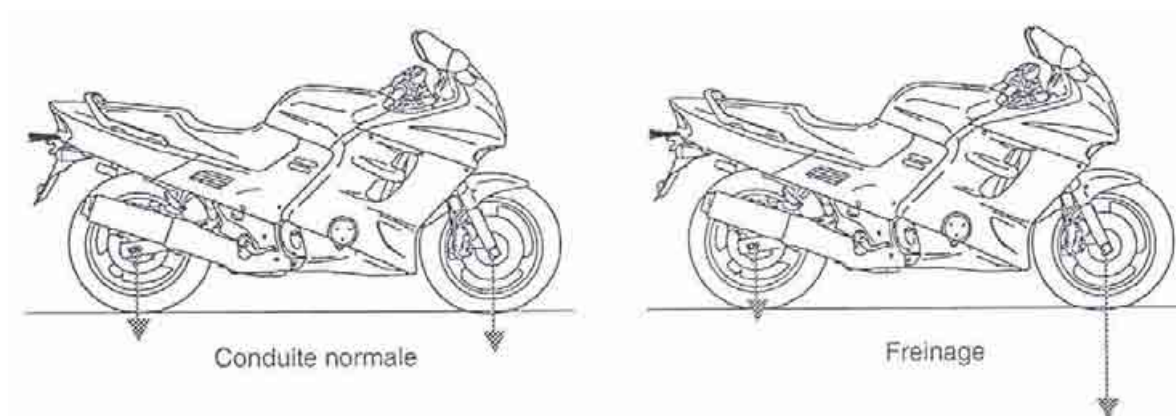


Figure 7 et 8 : Modification de la répartition du poids de la machine et force de freinage

N.B. : Ce graphique décrit le transfert de masse pour un modèle spécifique et pour des conditions particulières de chargement. Plus le centre de gravité de la moto est élevé, plus les courbes sont raides et plus le transfert de masse est important.

Ce schéma illustre parfaitement le phénomène de transfert de masse en présentant la force exercée par les roues sur la chaussée et les effets qui en découlent sur la force maximale de décélération. La force appliquée sur la chaussée diminue progressivement sur la roue arrière et augmente progressivement sur la roue avant, la force de freinage maximale disponible (couplage des décélération avant/arrière) suivant la même tendance.

Ainsi, nous venons de voir que tous les éléments étaient réunis pour faire du freinage une manoeuvre particulièrement délicate à réaliser. En effet, la technique du freinage d'urgence, rapidement enseignée en moto-école est vite oubliée faute « d'entraînement » : rarement confrontés à ce genre de situations, les conducteurs ont tendance à oublier les notions élémentaires (le transfert de masse notamment) et à perdre un niveau d'habileté rapidement acquis.

Le constat est encore plus sévère pour les conducteurs de 125 cm³ circulant grâce à l'équivalence offerte par le permis B : ils n'ont pas reçu ce type d'enseignement propre au deux-roues et le freinage d'urgence n'est pas une technique nécessaire à l'obtention du permis auto.

Lourd de conséquence, le blocage de roues est le phénomène le plus préjudiciable que puisse causer un freinage de mauvaise qualité. Conscients de ce danger, les conducteurs préoccupés par un blocage de roue potentiel ont tendance à relâcher outre mesure la pression sur leurs commandes de frein, ce qui a un effet désastreux sur les distances de freinage.

A ce jour, les trois aides au freinage disponibles sur les deux-roues motorisés ont été conçues pour répondre à cette problématique ; le chapitre VI se propose de présenter leur principe de fonctionnement ainsi que les résultats théoriquement escomptés.

VI. Les aides au freinage: présentation et attentes

VI. Les aides au freinage : présentation et attentes

A. Tour d'horizon de l'existant en matière d'aide au freinage

1) Historique des différents systèmes d'aide au freinage

Encore peu répandus à la fin des années 90, les systèmes d'aides au freinage destinés aux deux-roues motorisés semblent enfin sur le chemin de la démocratisation. Les systèmes actuels existent pourtant depuis de nombreuses années mais les premiers constructeurs les ayant utilisés n'ont guère été suivis par la concurrence.

Le freinage intégral est le plus ancien des systèmes d'aide au freinage puisque la firme italienne Moto Guzzi, proposait un freinage couplé avant arrière dès 1975. Ce système était plus perçu comme une particularité technique de la marque que comme une réelle avancée en matière de sécurité active. Ce répartiteur de freinage était plutôt considéré comme un élément de confort, d'agrément, jusqu'à ce que Honda, dans les années 90, l'utilise de plus en plus pour ses machines en le présentant, légèrement modifié, comme une véritable aide au freinage offrant un plus indéniable en terme de sécurité active.

Il faudra attendre 1988 pour qu'un constructeur équipe l'une de ses machines de l'ABS ; BMW dote alors sa routière haut de gamme de cette option coûteuse au fonctionnement encore imparfait sans pour autant faire réagir à grande échelle la concurrence.

Presque toutes les marques japonaises réagiront -plus ou moins rapidement- en dotant -toujours en option- leur routière haut de gamme : Yamaha en 1991, puis Honda et enfin Kawasaki.

Si BMW persiste en équipant de l'ABS la quasi-totalité de ses modèles -d'abord en option puis aujourd'hui en série-, la concurrence ne proposera jamais plus d'un modèle équipé au sein de sa gamme.

Précurseur en la matière mais financièrement « élitiste », BMW n'a jamais pu être un moteur pour encourager la concurrence à généraliser l'ABS sur sa gamme. Le déclic ne pouvait venir que d'un constructeur généraliste : c'est Honda qui semble aujourd'hui montrer le chemin puisqu'il propose désormais l'option ABS à un prix plus abordable (600€) sur plusieurs de ses véhicules haut de gamme mais également sur des véhicules accessibles au plus grand nombre.

Nul doute qu'en cas de succès commercial, la concurrence se décide, plus de 15 ans après la sortie du premier ABS moto, à généraliser enfin cet équipement de sécurité.

Enfin, BMW est le premier à avoir présenté un système d'amplificateur de freinage, conscient que bon nombre de ses clients n'exploitait pas pleinement les capacités de freinage de leur machine. Proposé sur le marché depuis 2001 par BMW, PEUGEOT Motocycles est actuellement le seul constructeur à avoir suivi cette démarche.

2) Description des différents systèmes

A ce jour, seuls trois systèmes d'aides à la conduite équipent les motos et scooters vendus dans le commerce : l'ABS, qui empêche le blocage des roues, le freinage intégral qui répartit sur les deux roues la force appliquée à une seule des deux commandes de freinage, et enfin l'amplificateur qui fournit aux freins une puissance supérieure.

a) L'ABS (Antilock Braking System)

Le principe fondamental de l'ABS (ou système anti-blocage des roues) consiste à éviter le blocage des roues malgré l'application d'une pression trop importante sur les commandes. Dans ce cas, ce n'est plus le pilote mais l'électronique qui gère les amorces de blocage en modulant la pression exercée la pression sur les freins.

En deux-roues, l'intérêt de ne pas bloquer ses roues est multiple car cela permet de:

- garder le pouvoir directionnel du véhicule
- échapper à une chute latérale souvent inévitable (surtout en cas de blocage de la roue avant)
- s'arrêter plus court qu'en cas de dérapage prononcé en maintenant le coefficient de glissement entre le pneu et la chaussée le plus proche possible du taux idéal (15-20%)
- gommer les effets d'une action trop brusque sur les commandes (instabilité, déséquilibre)

En définitive, l'ABS permet à un conducteur peu doué de se rapprocher facilement du niveau de freinage dont est capable un pilote plus expérimenté

D'un point de vue technique, le principe est sensiblement le même pour tous les systèmes existant : chaque jante est équipée d'une roue dentée et d'un capteur électromagnétique. Si une seule roue se bloque, l'unité de contrôle détecte la différence de rotation entre les deux roues. Elle réagit en diminuant d'abord la pression dans le circuit de freinage, grâce à des électrovannes, puis en rétablissant progressivement la pression quand le blocage a disparu. En cas de blocage des deux roues, le système détecte une valeur de décélération critique et intervient de la même façon.

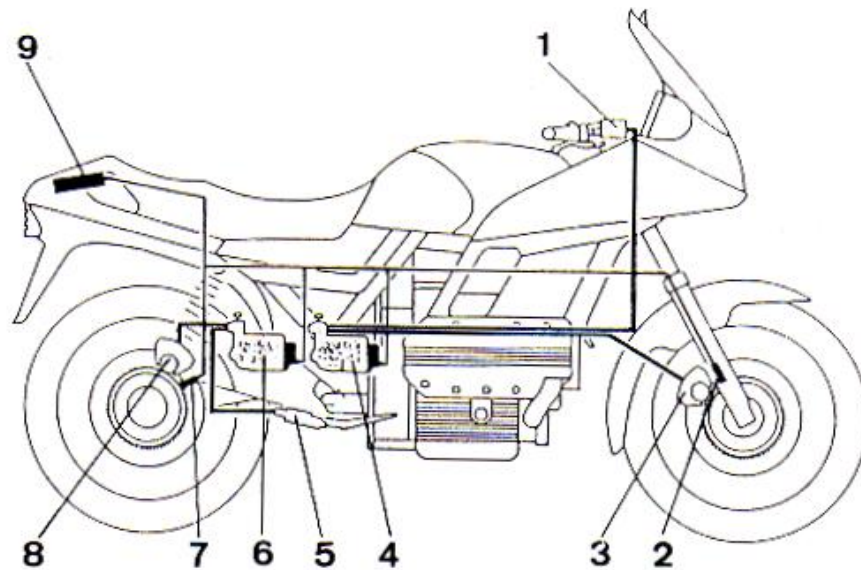


Fig. 2 : Implantation des éléments du capteur de freinage avec ABS
1. Maître-cylindre avant - 2. Capteur avant - 3. Etriers avant - 4. Modulateur de pression avant - 5. Maître-cylindre arrière - 6. Modulateur de pression arrière - 7. Capteur arrière - 8. Etrier arrière - 9. Boîtier électronique ABS

Figure 9: Implantation des différents éléments constitutifs d'un ABS moto⁸

L'ABS offre cependant quelques désagréments : lorsqu'il se déclenche, le conducteur peut être surpris par les vibrations qui sont transmises à la poignée et relâcher ainsi son effort sur les commandes.

Le rendement maximal des systèmes actuels n'est obtenu que lorsque la moto est à la verticale, les paramètres de calcul étant établis dans cette configuration ; avec un angle d'inclinaison prononcé, l'équation de base selon laquelle le système est calibré n'est plus juste, ce qui, mis en relation avec l'adhérence limitée liée à la prise d'angle rend le système bien moins sécurisant.

Enfin, l'ABS est confronté aux effets pervers habituels que rencontre tout système d'aide à la conduite : le conducteur gagne un faux sentiment de confiance et peut avoir tendance à adopter une conduite plus risquée qu'auparavant.

L'expérience acquise en automobile a démontré que les véhicules équipés d'un système de freinage ABS sont autant présents dans les accidents de la route que ceux qui en sont dépourvus. La même constatation s'applique aux véhicules à quatre roues motrices, lourdement représentés dans les accidents survenant lorsque les conditions météo sont difficiles (pluie, neige, verglas...)⁹

⁸ Figure BMW

⁹ Source : <http://www.motocyclistemagazine.net/>

b) Le freinage intégral

Nettement moins sophistiqué que l'ABS, le freinage intégral (ou freinage couplé) n'a recours qu'à des systèmes mécaniques et hydrauliques pour répartir entre les roues avant et arrière la force de freinage.

Sur un système traditionnel, deux commandes distinctes assurent séparément le freinage sur la roue avant (avec la main droite) et le freinage sur la roue arrière (avec le pied droit).

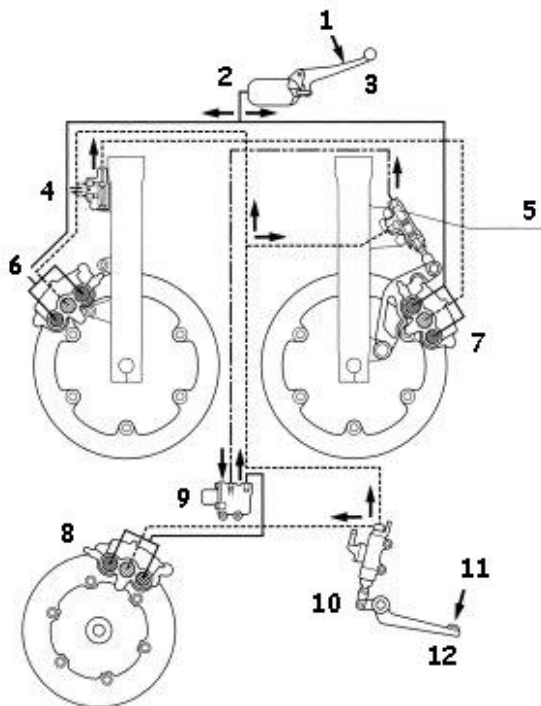
Ce mode de fonctionnement présente théoriquement l'avantage de gérer indépendamment le freinage avant du freinage arrière, ces deux entités ayant des répercussions différentes sur le comportement d'un deux-roues. En pratique, cette « liberté » d'action offerte a tendance à compliquer la tâche du conducteur moyen qui sera difficilement en mesure d'appliquer une répartition avant/arrière idéale.

Bien que chaque constructeur propose des systèmes spécifiques, le principe de fonctionnement global reste généralement le même : le levier au guidon actionne majoritairement le frein avant et légèrement le frein arrière, une action sur la pédale produisant l'effet inverse.

Pour réguler la pression appliquée aux commandes, les mécanismes hydrauliques n'enverront de pression qu'à un seul des deux disques avant ou qu'à un nombre réduit de pistons équipant les étriers. Pour les systèmes plus sophistiqués, une soupape retarde l'entrée en action du frein avant lorsqu'une faible pression est exercée, afin de minimiser le phénomène de plongée.

Le freinage intégral procure un agrément de conduite supérieur en situation de conduite normale : il stabilise la machine au freinage en gérant efficacement le transfert de masse à la place du pilote. L'assiette de la moto reste stable ce qui permet d'effectuer facilement de légères corrections de vitesse sans modifier l'équilibre du véhicule, ce qui est particulièrement appréciable, notamment en courbe.

Le freinage intégral peut permettre de réduire les risques de blocage de roues, notamment lorsque la pression n'est appliquée qu'à une seule des deux commandes, la puissance étant ainsi répartie sur les deux-roues. S'il offre un agrément supérieur à l'ABS en usage courant, il ne remplacera jamais ce dernier lorsqu'un conducteur freinera trop fort ou trop vivement en situation d'urgence. Enfin, ce système nécessite une période d'adaptation, aussi bien en situation d'urgence qu'en usage courant : une action sur un seul des deux leviers n'aura pas l'effet habituellement attendu par un conducteur non habitué et non initié à ce système ce qui pourrait s'avérer, sinon dangereux, tout au moins déstabilisant au cours des premières heures d'utilisation.



- | |
|--|
| 1-Force appliquée |
| 2-Maitre cylindre avant |
| 3-Levier de frein |
| 4-Clapets de temporisation |
| 5-Maitre cylindre auxiliaire |
| 6- Etrier de frein avant droit |
| 7- Etrier de frein avant gauche |
| 8- Etrier de frein arrière |
| 9- Vanne de contrôle proportionnel PCV |
| 10-Maitre cylindre de frein arrière |
| 11-Force appliquée |
| 12-Pédale de frein arrière |

Figure 10:Schéma du système de freinage intégral¹⁰

Chez Honda, en freinant de l'avant, le maître-cylindre commande deux des trois pistons de chaque étrier avant. Un maître-cylindre auxiliaire qui commande le piston central de l'étrier arrière est également actionné. La pression renvoyée à l'étrier arrière est régulée par un clapet qui diminue progressivement la puissance de freinage à l'arrière (freinage dégressif).

En freinant de l'arrière : le maître-cylindre arrière actionne les pistons centraux de chaque étrier.

Comme expliqué plus haut, une soupape retarde la mise en action des étriers avant afin de permettre le transfert de masse.

¹⁰ Source Honda

c) L'amplificateur de freinage

L'amplificateur de freinage a été conçu en partant du constat que la majorité des conducteurs n'osaient pas appliquer d'effort important sur leurs commandes de freinage même lorsque leur véhicule était équipé de l'ABS.

Avec un système traditionnel, la peur de bloquer ses roues est à l'origine du manque de puissance appliqué aux commandes. Lorsque le véhicule est équipé de l'ABS, les conducteurs gardent le même comportement soit par méconnaissance des effets du système antiblocage ou encore parce que les vibrations renvoyées dans les commandes par le système en action déroutent et tendent à modérer la force appliquée.

Il n'est donc pas surprenant de constater que, même en situation d'urgence, les freinages sont peu intenses et que les déclenchements de l'ABS sont rarement constatés[13].

Ainsi, deux constructeurs - BMW et Peugeot Motocycles - proposent aujourd'hui un amplificateur de freinage qui permet d'obtenir une décélération plus importante sans que l'action sur les commandes de freinage soit plus intense. Ce système permet d'atteindre plus facilement des décélérations importantes et donc de se rapprocher des limites d'adhérence maximum ; c'est pourquoi il n'équipe obligatoirement que des véhicules équipés de l'ABS.

Avec un freinage traditionnel et un conducteur moyen, le freinage est hésitant, la réactivité trop lente et le frein arrière est généralement sur-employé au détriment du frein avant, délaissé par peur d'un blocage de roue.

Pour remédier à ces défaillances comportementales, BMW et Peugeot ont adjoint à l'amplificateur, outre le système ABS, le freinage intégral. La combinaison de ces trois aides à la conduite permet ainsi de niveler les différences entre un conducteur moyen et un pilote expérimenté et de se rapprocher des capacités de décélération maximales de la machine, quelles que soient les conditions.

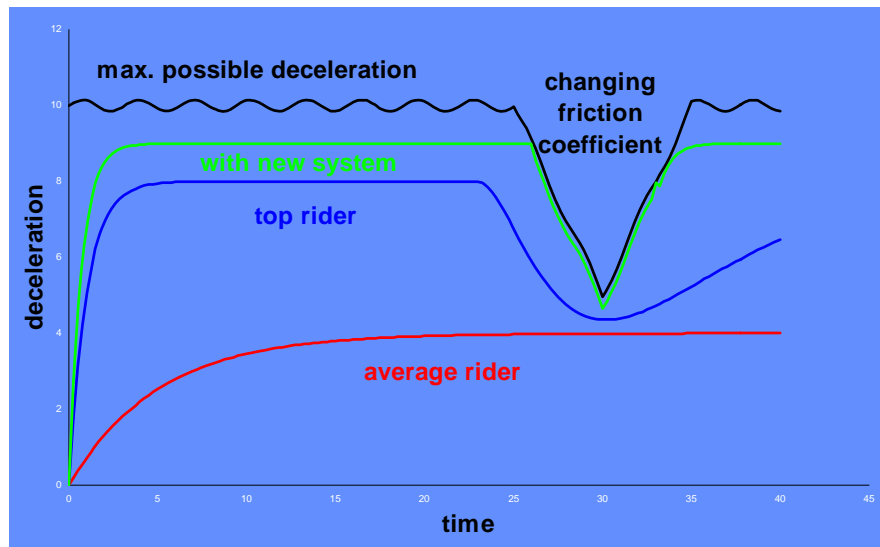


Figure 11: capacités de décélération d'un véhicule en fonction du conducteur et des aides au freinage¹¹

L'association des trois aides au freinage disponibles (ABS, répartiteur et amplificateur) est faite pour permettre à un conducteur moyen d'obtenir des décélérations proches de celle d'un pilote : le répartiteur va simplifier la gestion d'une tâche délicate et permettre au frein avant de jouer pleinement son rôle ; l'amplificateur va permettre une efficacité immédiate et pallier le manque de pression que le conducteur moyen n'aura pas osé appliquer sur ses commandes sans pour autant dépasser les limites d'adhérence de la machine grâce à l'ABS.

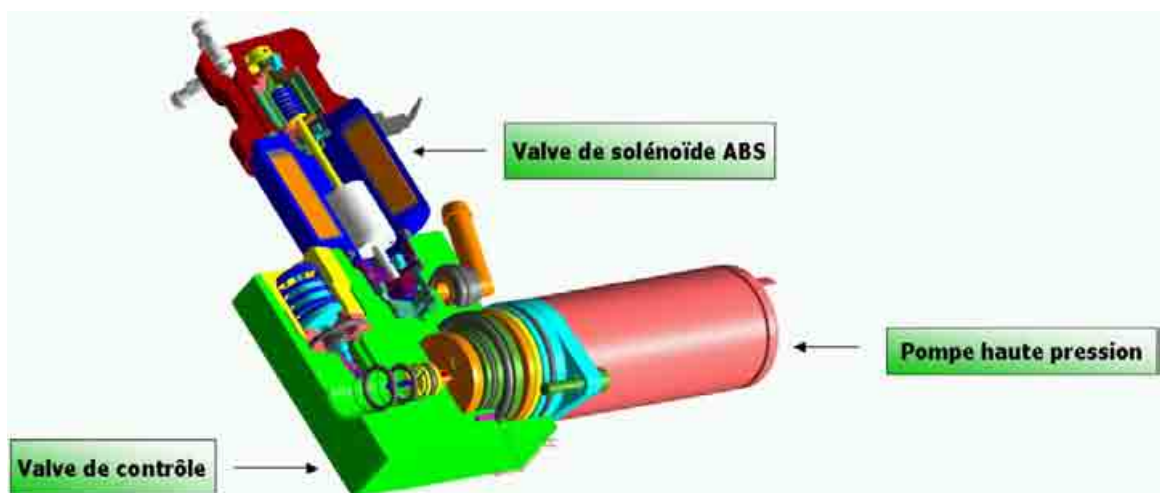


Figure 12: Schéma du mécanisme de freinage ABS+amplificateur (Peugeot Motorcycles)

¹¹ Graphique Peugeot Motorcycles

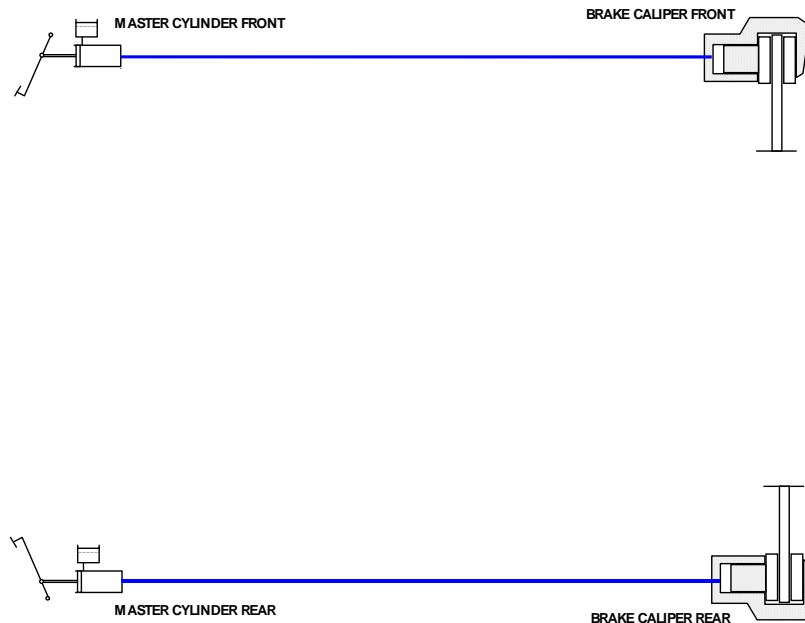


Figure 13 : Schéma d'un système de freinage traditionnelle¹²

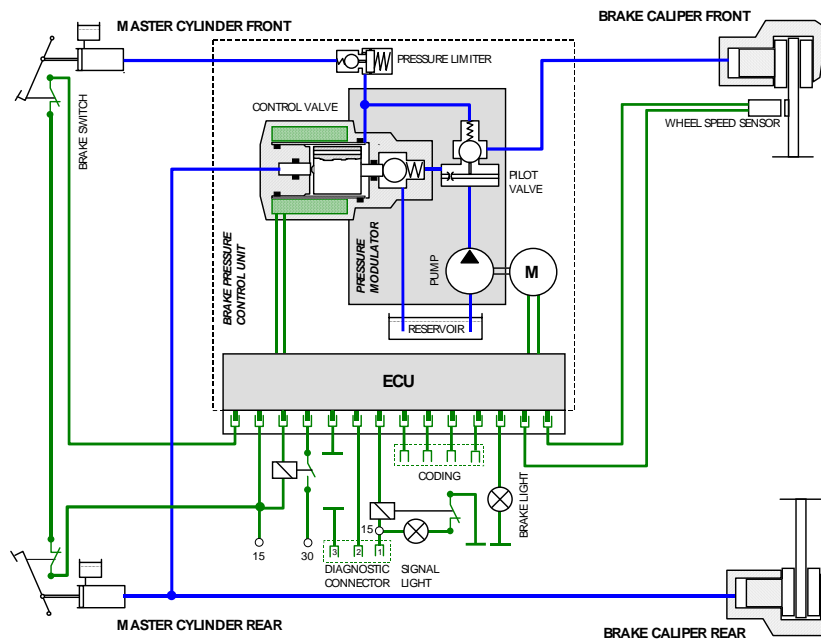


Figure 14: Schéma d'un système de freinage assisté (ABS+répartiteur+amplificateur)¹³

La présence d'aides au freinage implique une sophistication élevée du système de freinage, aussi bien mécanique qu'électronique ; cela a une incidence importante sur le prix total des machines et, dans une moindre mesure, sur leur poids.

¹² Schéma Peugeot Motocycles

B. Les véhicules équipés d'aides au freinage : parts de marché et offre des constructeurs

1) L'offre des constructeurs de deux-roues motorisés

Les aides au freinage sont encore trop rarement proposées par les constructeurs de deux-roues. L'aspect financier est sans aucun doute le premier frein au développement des aides à la conduite. Comparé à l'automobile, le prix de l'option ABS est rédhibitoire : son coût intrinsèque est supérieur aux modèles automobiles alors que le prix d'achat d'un deux-roues est moindre que celui d'une voiture : tout concourt à rendre l'ABS financièrement invendable.

Paradoxalement, les conducteurs les moins expérimentés sont généralement les plus jeunes ; or, les motos qui sont aujourd'hui équipées de ces aides au freinage ne se destinent pas, aussi bien de par leur style que leur coût, à ces conducteurs qui sont pourtant ceux qui en auraient le plus besoin.

L'autre frein vient également de l'utilisateur ; si le conducteur de scooter, qui, généralement, conduit aussi une automobile équipée d'assistances en tous genres, est plus enclin à accepter l'idée d'une aide à la conduite, le motard est quant à lui nettement plus réfractaire à la notion d'aide car attaché à la maîtrise totale de son véhicule, source de plaisir et de liberté.

Les choses semblent enfin décidées à changer et l'année 2003, en accord avec les tendances observées au Mondial du deux-roues de Paris, constitue un véritable tournant.

Jusqu'à cette date, les constructeurs généralistes se contentaient d'équiper en option leur routière haut de gamme d'un coûteux ABS et seul BMW avait généralisé à l'ensemble de sa production son système antiblocage, en option ou en série.

Si 2003 représente un tournant, c'est que de nombreux constructeurs se sont enfin penchés sur la problématique des aides au freinage.

Tout d'abord, la quasi-totalité des gros scooters (dont la cylindrée est supérieure à 125 cm³) présentés cette année sont équipés du freinage intégral (en série), certains d'entre eux pouvant de plus disposer de l'ABS en option.

Peugeot Motorcycle est le premier à proposer des aides au freinages jusqu'à présent inédites sur des petites cylindrées : le freinage intégral sur un 50cm³ et l'ABS (associé à un amplificateur) sur un 125 cm³. De plus, soucieux de promouvoir les aides à la conduite, le système amplificateur+ABS simplifié (n'agissant que sur la roue avant) est proposé sans marge bénéficiaire (300€).

Enfin, Honda, qui équipait déjà plusieurs de ses modèles du freinage intégral, décide d'en faire de même avec l'antiblocage de roue : il propose désormais l'ABS sur des machines de toutes catégories (de la 500cm³ basique à la routière grand tourisme), sa gamme comptant désormais 8 machines équipées, de série ou en option.

Les conducteurs utilisateurs d'une aide au freinage devraient donc se multiplier entraînant dès lors une diminution des coûts : les prix de production des systèmes électroniques sont en baisse constante, tout comme le seraient ceux d'un ABS deux-roues aux volumes de production considérablement augmentés. Nul doute que freinage intégral et ABS seront à court terme disponibles sur la majorité des machines, comme c'est aujourd'hui le cas en automobile, ce que laisse présager l'évolution de l'offre constructeur présentée dans les tableaux suivant.

	Freinage intégral	ABS	Freinage intégral+ ABS
BMW		F650 GS R850R R850C R850GS R850RT R1100S R1150GS R1100R R1100RS R1100RT R1200C K1200LT K1200RS	
HONDA	Foresight 250 Panthéon 125 VFR 800 CBR 1000F CBR 1100 XX Varadero 1000		Pan-european ⁽³⁾ 1100 GL 1500 Goldwing
MOTO GUZZI	1000 California		
YAMAHA		250 Majesty	

Tableau 3: Offre des constructeurs en aides au freinage (2000)¹³

	Freinage intégral	ABS	Freinage intégral+ ABS
BMW		F650 GS F650 CS R850R R850C R850GS R850RT R1100S R1150GS R1150R R1200C R1200 CL	K1200LT K1200RS R1150RT R1150RS
HONDA	Panthéon 125 Foresight 250 Silverwing 600 NTV650 Deauville CBR 1100 XX Varadero 1000 VFR800		Pan-european ⁽³⁾ 1100 GL 1800 Goldwing
MOTO GUZZI	1000 California		
PEUGEOT	SV 250		
SUZUKI	Burgman 400 IE		

Tableau 4: Offre des constructeurs en aides au freinage (2001)¹⁴

¹³ Source officiel du cycle.

	Freinage intégral	ABS	Freinage intégral+ ABS
APRILIA	Atlantic 125 Atlantic 500 Scarabéo 500		
BMW		F650 GS F650 CS R850R R850RT R1100S R1150GS R1150R R1200C R1200 CL	R1150RT R1150RS K1200LT K1200RS
HONDA	Dylan 125 SH 125 Panthéon 125 Foresight 250 Silverwing 600 NTV650 Deauville CBR 1100 XX Varadero 1000 VFR800 VTEC		VFR 800 VTEC ⁽¹⁾ Pan-european ⁽³⁾ 1300 GL 1800 Goldwing
MALAGUTI	Madison 400		
MOTO GUZZI	1000 California		
PEUGEOT	Elystar 50 Looxor 100F SV 250		Elystar ⁽²⁾ 125 Elystar ⁽²⁾ 150
SUZUKI	Burgman 400 IE		
YAMAHA		250 Majesty	

Tableau 5: Offre des constructeurs en aides au freinage (2002)¹⁴

	Freinage intégral	ABS	Freinage intégral+ ABS
APRILIA	Atlantic 125 Atlantic 200 Atlantic 500 Scarabéo 500		
BMW		F650 GS F650 CS R850R R1100S R1150R R1200C R1200 CL	K1200 GT K1200LT K1200RS R850RT R1150RT R1150GS R1150RS
GILERA	500 NEXUS		
HONDA	Dylan 125 SH 125 Panthéon 125 Foresight 250 Silverwing 600 NTV650 Deauville CBR 1100 XX Varadero 1000 VFR800 VTEC VTX 1800C		VFR 800 VTEC ⁽¹⁾ Silverwing 600 ⁽¹⁾ Pan-european ⁽³⁾ 1300 GL 1800 Goldwing
MALAGUTI	Madison 400		
MOTO GUZZI	California EV		
PEUGEOT	Elystar 50 SV 250 Looxor 100F		Elystar ⁽²⁾ 125 Elystar ⁽²⁾ 150
PIAGGIO	X9 125 Evolution X9 200 Evolution X9 500 Evolution Beverly 500 5650		
SUZUKI	Burgman 400 IE		
YAMAHA		250 Majesty FJR 1300	

Tableau 6: Offre des constructeurs en aides au freinage (2003)¹⁴

	Freinage intégral	ABS	Freinage integral + ABS
APRILIA	Atlantic 125 3799€ Atlantic 200 4299€ Atlantic 500 6089€ Scarabéo 500 7539€		
BMW		F650 GS 7490€ F650 CS 7950€ R850R 10670€ R1150R 11390€ R1100S 12600€ R1200C 13490€ R1200 CL 16100€	R850RT 14390€ R1150RT 15990€ R1150RS 12650€ R1200GS 13820€ K1200 GT 16750€ K1200LT 21790€ K1200RS 15890€
DUCATI		996 ST4S 14195€	
GILERA	500 NEXUS 6990€		
HONDA	Dylan 125 2900€ SH 125 2900€ @ 125 3200€ Panthéon 125 3700€ Silverwing 600 8530€ NTV650 Deauville 8380€ CBR 1100 XX 13400€ Varadero 1000 10760€ VFR800 VTEC 11700€ VTX 1800C 16870€	CBF 500 (600€) 6400€ CBF 600N (600€) 7100€ CBF 600S (600€) 7400€	VFR 800 VTEC ⁽¹⁾ 12300€ Silverwing 600 ⁽¹⁾ (470€) 9000€ Varadero 1000 ⁽¹⁾ (1000€) 11760€ Pan-european ⁽³⁾ 1300 16900€ GL 1800 Goldwing 25920€
MALAGUTI	Madison 200 4690€ Madison 400 6350€		
MOTO GUZZI	California EV 12500€ Calif. EV touring 13200€ California titanium 11500€		
PEUGEOT	Jet force 50 SBC (100€) 2699€ Elystar 50 2599€ Looxor 100F 2499€ Looxor 125F 2799€ Looxor 150F 2899€ SV 250 5309€	Jet force 125 ⁽¹⁾⁽²⁾ (300€) 3999€	Elystar ⁽²⁾ 125 3999€ Elystar ⁽²⁾ 150 4299€
PIAGGIO	X9 125 Evolution 4399€ X9 200 Evolution 4599€ X9 250 4699€ X9 500 Evolution 6799€ Beverly 500 5650€		
SUZUKI	Burgman 400 IE 6095€	BURGMAN 650 (700€) 9699€	
YAMAHA		250 Majesty 6409€ FJR 1300 (785€) 14208€	

Tableau 7: Offre des constructeurs en aides au freinage (2004)¹⁴

(1) Freinage intégral de série, ABS en option

(2) Amplificateur de freinage en série avec l'ABS

(3) Antipatinage de série

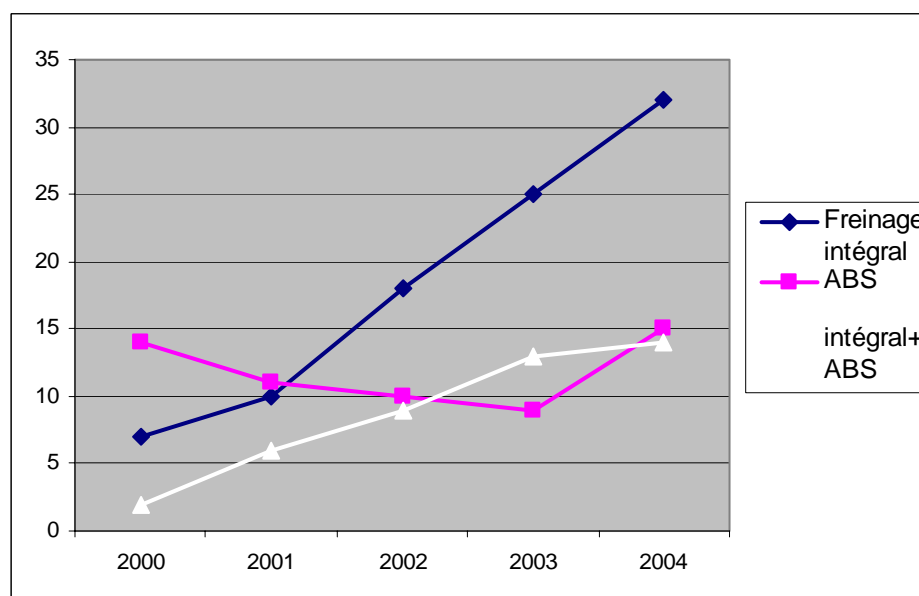


Figure 15: Nombre de véhicules équipés d'aides au freinage proposés dans le commerce.

Comme on peut le constater sur ce graphique, les aides au freinage connaissent un véritable essor depuis 2001. Avant cette date, seuls Honda et BMW étaient réellement présents sur ce marché: le premier équipait quelques uns de ses véhicules du freinage intégral et le second proposait déjà l'ABS (en option ou en série) sur l'intégralité de sa gamme. Le surcoût était acceptable pour ces machines haut de gamme, la clientèle ciblée et le produit très bien accepté.

A partir de 2001, Honda propose son système intégral (CBS) sur bon nombre de ses nouveautés sans négliger pour autant ses modèles bon marché et de petite cylindrée; surtout, c'est à partir de cette date que les autres constructeurs de scooters vont suivre Honda dans la généralisation du freinage intégral, les deux-roues équipés du freinage couplé passant ainsi de 10 en 2001 à 32 en 2004.

Concernant l'ABS, l'année charnière se situe plutôt en 2003. Avant cette date, les choses évoluaient peu et si le nombre de véhicules équipés du système intégral+ABS croît, c'est au détriment des véhicules équipés du simple ABS, BMW adjoignant progressivement à l'antiblocage le freinage intégral à partir de 2001.

A partir de 2003, les choses commencent à changer ostensiblement: d'autres constructeurs, plus généralistes se tournent enfin vers l'ABS: Ducati, mais surtout Peugeot Motocycles et Honda qui proposent un ABS relativement économique sur des machines de grande diffusion (notamment sur une moto de type "routière basique" de 500 cm³ ou encore sur un scooter de 125cm³)

2) Parts de marché des véhicules équipés d'aides au freinage

Concernant la part de véhicules équipés d'aides, il nous a semblé intéressant d'aborder le problème en comparant ce que les conducteurs avaient la possibilité d'acheter (la part de véhicules équipés d'aides proposée par les constructeurs) et ce qu'ils achetaient réellement.

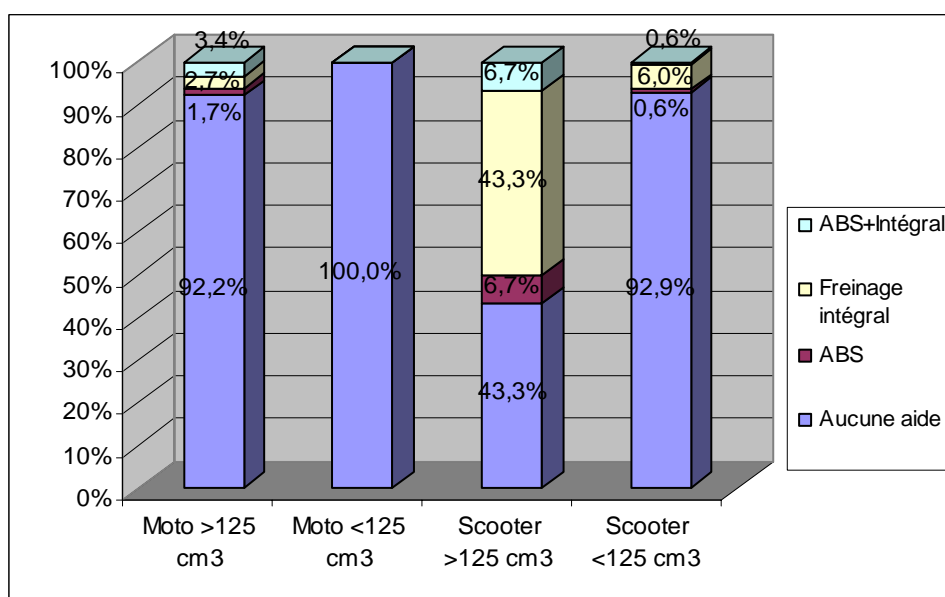


Figure 16: Véhicules proposés dans le commerce en janvier 2004: répartition en % selon le type d'aide au freinage

Globalement, on constate que très peu de véhicules sont aujourd'hui proposés à la vente avec des aides au freinage : seulement 9,6%.

Sur le graphique, on constate que seules 8% des motos de grosse cylindrée commercialisées possèdent une aide au freinage, les motos de petite cylindrée (125cm³ et moins) en étant quant à elles toujours dépourvues.

Les scooters de petite cylindrée sont mieux pourvus en aides que les motos ; c'est surtout le freinage intégral qui est représenté, l'ABS, quasi inexistant dans cette gamme (exception faite de Peugeot Motocycles), est encore trop cher pour des véhicules dont le prix reste contenu.

La véritable exception provient des scooters de grosse cylindrée (125cm³ et plus) : plus de la moitié des scooters proposés à la vente sont équipés d'une aide au freinage (principalement le freinage intégral, bien que l'ABS soit de plus en plus proposé).

Comme nous l'avons vu plus haut, la démarche des constructeurs à équiper d'aides au freinage ce type d'engins est très récente et part du constat que la clientèle des gros scooters est issue de l'automobile et donc déjà familiarisée et plus réceptive aux aides à la conduite. De plus, le prix de ces scooters est relativement élevé à la base, le surcoût induit par la présence d'une aide au freinage est donc plus facilement acceptable.

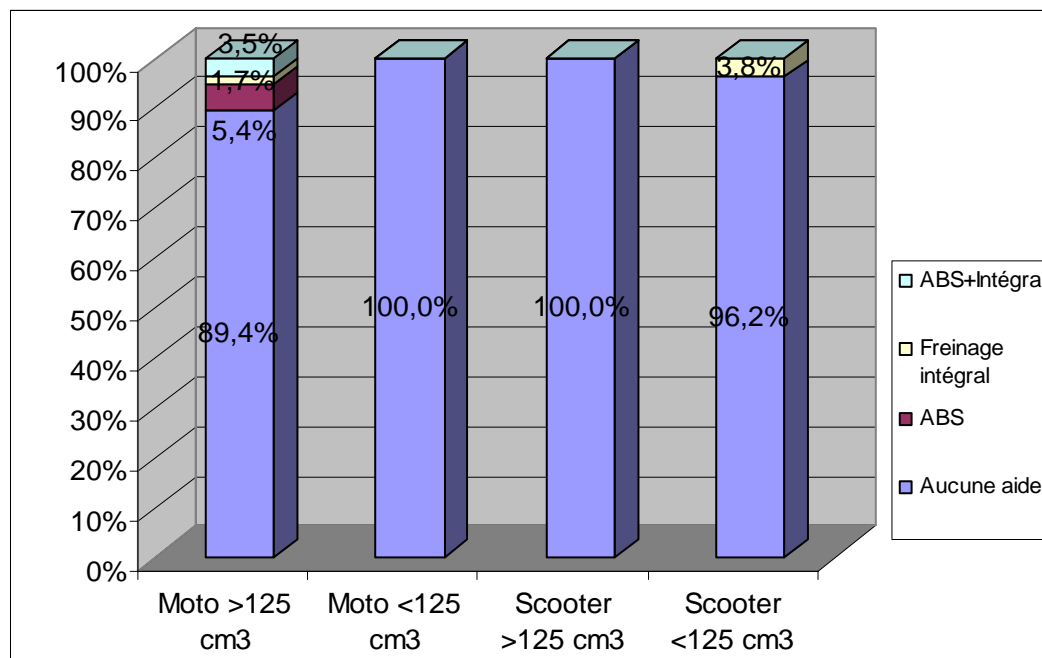


Figure 17: Les 50 premières immatriculations à 4 mois en 2004: répartition en % selon le type d'aide au freinage

Le graphique ci-dessus s'appuie sur les immatriculations des 50 modèles les plus vendus en France sur les quatre premiers mois de l'année 2004.

Exception faite des scooters de grosse cylindrée, on retrouve globalement la même répartition que pour les véhicules proposés à la vente par les constructeurs : peu de véhicules équipés d'aides à la conduite pour les motos de grosse cylindrée et les scooters de 125cm³ et moins, et, bien sûr, aucune moto de cylindrée inférieure ou égale à 125cm³.

On notera cependant que presque 9% des motos de grosse cylindrée immatriculées sont dotées de l'ABS (ABS ou ABS+intégral) alors que seulement 5% des véhicules commercialisés en sont équipés. On peut sans doute voir dans cette différence le signe d'un intérêt de la part des utilisateurs de motos de grosse cylindrée pour les aides au freinage.

Comme nous l'avons dit, les scooters de grosse cylindrée constituent un cas à part : ce sont eux qui sont le plus souvent proposés avec des aides au freinage, or, aucun des gros scooters figurant parmi les 50 meilleures ventes françaises n'est équipé ni du freinage intégral ni de l'ABS.

La raison en est simple : les scooters équipés sont des modèles très récents et encore peu répandus ; de plus, la majeure partie des ventes est constituée de modèles conçus il y a déjà plusieurs mois, à une époque où les aides au freinage n'étaient pas encore un argument de vente décisif ; c'est pourquoi on ne trouve aucun scooter équipé d'aides au freinage.

Aujourd'hui, les modèles plus anciens ont été réactualisés et, comme nous l'avons vu avec le graphique précédent, la plus grande partie des scooters de grosse cylindrée s'équipe de ces aides ; ce qui se ressentira assurément pour les immatriculations à venir.

Du point de vue des ventes, 2004 constitue donc une année charnière : de plus en plus de véhicules équipés d'aides au freinage ont été présentés récemment et devraient logiquement se retrouver sur les routes. Les graphiques présentés auparavant sont déjà différents des années précédentes et la part de véhicules équipés d'aides devrait être de plus en plus présente dans les années à venir.

On notera pour conclure que la comparaison avec l'automobile est sans appel : le taux de véhicules à quatre roues proposés et vendus avec l'ABS étant aujourd'hui proche des 100%.

Concernant les ventes de véhicules, le freinage intégral étant presque toujours proposé en série, il est difficile de faire une comparaison de vente entre modèles équipés et non équipés. A contrario, l'ABS est toujours proposé en option (exception faite de BMW) et il nous a donc semblé intéressant de voir comment les utilisateurs accueillaient cette option encore coûteuse.

Modèle	Sans ABS	Avec ABS
Honda silverwing 600 (scooter)	334	117
Honda VFR 800 (routière sportive)	700	488
Honda Pan European ST 1300 (routière)	237	263
Yamaha FJR 1300 (routière)	386	1529
TOTAL	1657	2397

Tableau 8 : part de marché de l'option ABS.

Pour l'année 2003, les véhicules disponibles avec et sans ABS sont encore trop peu nombreux pour pouvoir en tirer des conclusions.

Même si globalement les acheteurs choisissent plus souvent la version équipée de l'ABS, on constate que ce résultat est uniquement dû au plus vendu des quatre véhicules: la Yamaha FJR qui se vend très majoritairement (à 80%) avec l'option antiblocage.

A contrario, les Honda silverwing et VFR se vendent le plus souvent sans ABS; l'antiblocage de la Pan European a quant à lui été confronté à des problèmes techniques qui ont contraint Honda à le retirer momentanément de la vente. En 2002 alors que les problèmes n'étaient pas encore apparus, c'était la version avec ABS qui avait la faveur du public (769 ventes contre 231).

En 2003, on constate donc que seules les versions très haut de gamme peuvent "absorber" le surcoût occasionné par un ABS (BMW en étant la parfaite illustration). Yamaha en a profité avec sa FJR, Honda étant momentanément hors course à cause de défaillances techniques. Il sera intéressant d'observer les données de 2004 où seront présents de nouveaux modèles nettement plus abordables et équipés de systèmes ABS moins coûteux.

C. Résultats attendus

Comme nous l'avons vu précédemment, sur un système de freinage traditionnel, les freins avant et arrière sont actionnés par deux commandes distinctes, ce qui augmente le niveau de pilotage nécessaire à l'obtention d'un freinage optimal : le plus court possible et sans blocage de roues.

Le manque d'habileté des conducteurs génère trois réactions néfastes : un blocage des roues (le conducteur freine trop fort), une distance d'arrêt trop longue (le conducteur ne freine pas assez fort de peur de bloquer ses roues) et une mauvaise gestion de la répartition avant arrière (risque de blocage des roues et distances d'arrêt trop longue).

Les trois aides à la conduite disponibles à ce jour sont une réponse directe et efficace à ces trois problèmes : le répartiteur va gérer au mieux la répartition avant arrière, l'amplificateur va pallier le manque de pression que le conducteur moyen n'aura pas osé appliquer sur ses commandes sans pour autant aller au-delà des limites d'adhérence de la machine grâce à l'ABS.

Des études, issues de sources différentes (presse spécialisée, organismes d'accidentologie, constructeurs) ont été réalisées afin d'observer et parfois quantifier le gain que pouvait apporter ces différentes aides.

1) Risque de chute

En ce qui concerne la réduction du risque de chute, seul le TRL[24] a travaillé afin d'évaluer l'efficacité de l'ABS contre les effets d'un blocage de roues.

Les tests, réalisés « à l'aveugle » (i.e. le conducteur n'a pas pu se familiariser avec un freinage sur ce type de surface : $\mu=0.3$ approx.) ont permis de constater que trois des six sujets impliqués dans les essais sans ABS ont chuté. Sur ces trois conducteurs, entre 14 et 40% de leurs tentatives de freinage se sont soldées par une chute alors qu'aucun conducteur équipé de l'ABS n'a chuté.

Si l'efficacité de l'ABS pour éviter le blocage des roues et les risques qui en découlent est indéniable, ses performances en terme de distance de freinage reste cependant à quantifier.

Avant d'aborder plus en profondeur les distances de freinage à proprement parler, il nous a semblé intéressant de comprendre l'incidence d'un système ABS sur les courbes de décélération de véhicules en phase de freinage.

2) Courbes de décélération

Le test a été réalisé par la presse spécialisée¹⁴ et permet d'observer les courbes de décélération (exprimée en m/s^2) de véhicules équipés ou non de l'ABS.

¹⁴ Moto journal n°1574, 26 juin 2003

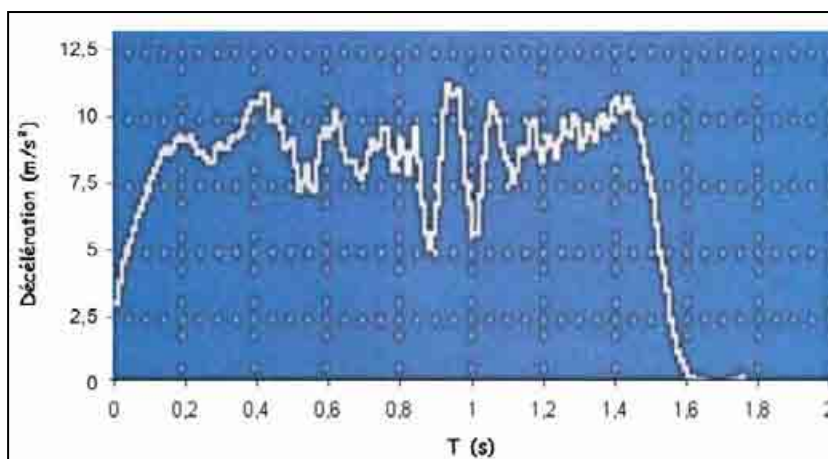


Figure 18: Décélération sans ABS (Kawasaki ZZR 1200), Pilote expérimenté

Cette première courbe concerne une machine équipée d'un freinage traditionnel (aucune aide) et conduite par un pilote expérimenté.

Dans ce premier cas, c'est le pilote qui gère la pression exercée sur les commandes : dès qu'il perçoit une amorce de blocage, il relâche la pression, puis refreine au maximum de ses capacités, et ainsi de suite. La tâche pour réaliser un freinage efficace est multiple et complexe : il faut d'abord percevoir que la roue avant va se bloquer, relâcher la pression à temps (mais ni trop ni trop peu) et recommencer à freiner le plus rapidement possible.

Cela explique pourquoi la courbe est aussi irrégulière et comporte des pics très importants.

Les valeurs maximales de décélération sont importantes (jusqu'à 11m/s^2) mais rarement atteintes alors que les valeurs minimales atteignent elles aussi des valeurs « extrêmes » (jusqu'à 5m/s^2)

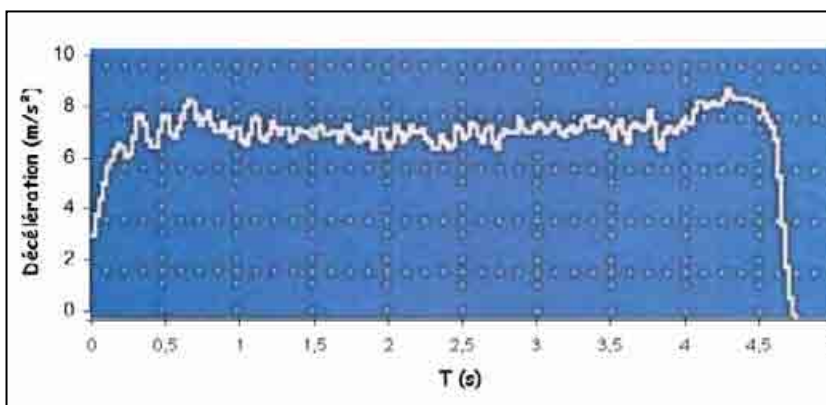


Figure 19: Décélération avec ABS (Honda VFR 800 VTEC)

Dans le cas de ce véhicule équipé du système antiblocage, c'est l'électronique qui gère elle-même la pression sur les freins. La capacité de réaction d'un capteur électronique efficace est nettement plus rapide que celle de l'être humain, ce qui explique la plus grande régularité de la courbe de décélération présentée ci-dessus. On constate que les valeurs de décélération maxi sont moins importantes (environ 8m/s^2) qu'avec un freinage traditionnel, ce qui s'explique par le fait que le système présenté ici (tout comme la majorité des systèmes actuellement disponibles sur le marché) a tendance à relâcher trop tôt la pression sur les freins dès qu'il perçoit un éventuel blocage de roue. A contrario, les valeurs mini n'atteignent pas des chiffres aussi bas que sur la première courbe grâce à la rapidité d'action du système électronique: il perçoit plus

rapidement que l'adhérence sur le pneu n'est plus à un seuil critique et qu'il est donc possible de remettre une pression conséquente sur le système de freinage.

Les décélérations (et donc les distances de freinage) seront abordées en profondeur dans le chapitre suivant, mais il est intéressant de noter que les deux véhicules observés obtiennent des résultats relativement similaires; pour ce faire, le conducteur de la moto sans ABS devra avoir un niveau de pilotage élevé et disposer de conditions de circulation favorables. Präeckel a travaillé sur ce sujet et a montré que l'obtention de distances de freinage similaires avec et sans ABS n'est possible que lorsque toutes les conditions suivantes sont respectées avec le véhicule ne disposant pas de cette aide au freinage :

- le conducteur doit être très expérimenté
- le conducteur sait où et quand il doit commencer à freiner
- le conducteur est préparé à réaliser le freinage le plus court possible
- la chaussée doit être sèche
- la trajectoire du véhicule doit être droite

Si seulement une de ces conditions n'est pas respectée, ce qui est quasi systématique en circulation de conduite normale, alors le véhicule équipé de l'ABS sera le plus efficace.

Malheureusement, beaucoup de conducteurs pensent encore que l'ABS ne se destine qu'aux utilisateurs peu doués et qu'un bon conducteur freine mieux sans ABS ; cela dessert les aides au freinage qui ont toujours du mal à se faire accepter par bon nombre de motards. Cela a pour effet direct d'augmenter le coût de ces aides (en évitant les économies d'échelle) et de décourager les constructeurs à en équiper leur modèle. Heureusement, les récents efforts consentis par quelques constructeurs devraient mettre un terme à ce cercle vicieux.

3) Effacité chiffrée de l'ABS et du freinage intégral

L'étude de Toyofuku [22] a permis de démontrer l'influence de l'ABS sur les distances de freinage. Deux conducteurs (un expérimenté et un novice) ont réalisé des tests de freinage d'urgence sur deux machines équipées de systèmes déconnectables, ce qui permettait de mesurer des distances de freinage avec et sans ABS sur un même véhicule.

Pour les deux conducteurs, les distances de freinage étaient plus courtes lorsque l'ABS était enclenché. Selon le véhicule utilisé, les distances mesurées étaient supérieures de 5 à 19% avec l'ABS déconnecté pour le conducteur expérimenté et de 19 à 25% pour le conducteur novice.

Le résultat essentiel de leur étude était le fait qu'un système de freinage traditionnel (contrôle séparé sans ABS) était loin d'offrir les conditions optimales de sécurité.

L'étude la plus poussée à ce jour sur la décélération des deux-roues motorisés équipés ou non d'aides au freinage a été réalisée par la fondation PROMOCYCLE pour la fédération motocycliste du Québec. Cette étude [7] visait à mesurer l'efficacité des deux principales aides au freinage disponibles : l'ABS et le freinage intégral.

Pour ce faire, plusieurs séries de mesures ont été réalisées avec des véhicules équipés de systèmes de freinage différents : traditionnel, avec ABS, avec répartiteur et avec ABS + répartiteur.

La variable observée était la décélération maximale offerte par les différents systèmes ; pour mesurer l'efficacité du freinage couplé, les freinages étaient réalisés avec les deux commandes puis avec une seule des deux commandes. Enfin, des tests sur chaussée mouillée et avec un

passager ont également permis de mesurer l'incidence de ces facteurs sur la capacité de décélération des deux-roues motorisés.

Contrôle(s) actionnés	Système(s) activés	f	Accélération Moyenne (-G)	Écart Type(-G)	Accélération maximale (-G)	Accélération minimale (-G)	Capacité de freinage %
Levier et pédale	avant et arrière	82	0.774	0.144	0.984	0.417	100
Levier	avant	68	0.711	0.107	0.920	0.438	92
Pédale	arrière	72	0.425	0.029	0.500	0.370	55

F = nombre d'essais

Tableau 9: Décélération observées avec un système de freinage indépendant, sans ABS, sans passager et sur surface sèche.

L'ensemble des essais enregistrés lors d'une application combinée des deux freins a engendré une décélération moyenne de 0.774 G alors que l'utilisation du seul frein avant a permis une décélération moyenne de 0.711 G. Dans cette situation le frein avant a donc généré 92% de la capacité totale de freinage disponible sur les motocyclettes équipées d'un système de freinage indépendant. En comparaison, le frein arrière confirme son efficacité théoriquement inférieure: avec une décélération moyenne de 0.425 G, il n'est capable de générer que 55% de la capacité totale de freinage disponible sur les motocyclettes équipées d'un système de freinage indépendant.

Ce premier test permet de confirmer l'importance du frein avant dans la phase de freinage.

Contrôle(s) actionnés	Système(s) activés	f	Accélération Moyenne (-G)	Écart Type(-G)	Accélération maximale (-G)	Accélération minimale (-G)	Capacité de freinage %
Levier et pédale	avant et arrière	26	0.869	0.155	1.009	0.399	100
Levier	avant	17	0.725	0.093	0.868	0.558	83
Pédale	arrière	20	0.424	0.032	0.526	0.365	49

F = nombre d'essais

Tableau 10: Décélération observées avec un système de freinage indépendant, avec ABS, sans passager et sur surface sèche.

L'ensemble des essais enregistrés avec ABS lors d'une application combinée des deux freins a engendré une décélération moyenne de 0.869 G alors que l'utilisation du seul frein avant a produit une décélération moyenne de 0.725 G avec. Dans cette situation le frein avant a donc généré 83% de la capacité totale de freinage disponible. En comparaison, le frein arrière est là encore moins efficace puisqu'il ne génère qu'une décélération moyenne de 0.424 G (soit 49% de la capacité totale de freinage disponible).

On constate d'abord qu'une motocyclette équipée d'un système de freinage indépendant avec ABS peut générer des forces de freinage supérieures ou égales à un système sans ABS tout en éliminant toute possibilité de chute causée par un blocage des roues.

Contrôle(s) actionnés	Système(s) activés	f	Accélération Moyenne (-G)	Écart Type(-G)	Accélération maximale (-G)	Accélération minimale (-G)	Capacité de freinage %
Levier et pédale	avant et arrière	6	0.740	0.075	0.787	0.592	100
Levier	avant	5	0.474	0.023	0.494	0.441	64
Pédale	avant et arrière	6	0.583	0.022	0.616	0.553	79

F= nombre d'essais

Tableau 11: Décélérations observées avec un système de freinage intégral, sans ABS, sans passer et sur surface sèche.

L'ensemble des essais enregistrés lors d'une application combinée des deux freins a engendré une décélération moyenne de 0.740 G. Sur la moto de test, l'utilisation exclusive du frein avant n'a permis de générer que 64% de la capacité totale de freinage disponible (soit une décélération moyenne de 0.474 G ce qui est inférieur aux valeurs précédemment observées. A contrario, l'utilisation de la seule commande de freinage arrière a permis cette fois de générer une décélération moyenne de 0.583 G, soit 79% de la capacité totale de freinage disponible.

Le freinage intégral démontre là tout son intérêt : la majorité des conducteurs moyens ont tendance à mettre trop peu de pression sur leur levier de frein avant et le système intégral semble gérer au mieux ce manque ; en effet, avec une action sur la seule pédale arrière, le frein avant est tout de même utilisé et la décélération est grandement améliorée : 79% de la capacité totale contre 55% sur un système dépourvu du couplage.

Contrôle(s) actionnés	Système(s) activés	f	Accélération Moyenne (-G)	Écart Type(-G)	Accélération maximale (-G)	Accélération minimale (-G)	Capacité de freinage %
Levier et pédale	avant et arrière	10	0.853	0.103	0.983	0.692	100
Levier	avant	8	0.756	0.028	0.795	0.714	89
Pédale	avant et arrière	3	0.805	0.015	0.818	0.789	94

F= nombre d'essais

Tableau 12: Décélérations observées avec un système de freinage intégral avec ABS, sans passer et sur surface sèche.

L'ensemble des essais enregistrés sur une moto équipée de l'ABS lors d'une application combinée des deux freins a engendré une décélération moyenne de 0.853 G. Au cours de ce test, l'utilisation exclusive du frein avant a permis d'obtenir une décélération moyenne de 0.756 G (soit 89% de la capacité totale de freinage disponible) et celle du frein arrière une décélération de 0.805 G (94% de la capacité totale de freinage).

On constate donc que le système intégral avec ABS affiche un des meilleurs résultats absolu en matière de freinage et les meilleurs résultats lorsqu'une seule commande est actionnée. Il offre

ainsi la plus grande tolérance face aux deux erreurs les plus fréquentes en freinage : le blocage des roues et la sous utilisation du frein avant.

Contrôle(s) actionnés	Système(s) activés	f	Accélération Moyenne (-G)	Écart Type(-G)	Accélération maximale (-G)	Accélération minimale (-G)	Capacité de freinage %
Levier et pédale	avant et arrière	3	0.685	0.073	0.741	0.603	100
Levier	avant	2	0.483	0.075	0.536	0.430	71
Pédale	arrière	2	0.410	0.022	0.425	0.394	60

F= nombre d'essais

Tableau 13: Décélérations observées avec un système de freinage indépendant, sans ABS, sans passager et sur surface mouillée.

L'ensemble des essais enregistrés lors d'une application combinée des deux freins sur une surface mouillée a engendré une décélération moyenne de 0.685 G alors que l'utilisation du seul frein avant a engendré une décélération moyenne de 0.483 G (92% de la capacité totale de freinage) soit une valeur cette fois proche de celle enregistrée avec l'utilisation du seul frein arrière (décélération de 0.410 G soit 60% de la capacité totale).

On constate donc qu'une surface mouillée réduit la capacité totale de freinage disponible d'environ 10% quand les deux freins sont utilisés et qu'elle nivelle les différences entre les freins avant et arrière lorsqu'ils sont utilisés séparément (71 et 60% contre 92 et 55% sur le sec).

Contrôle(s) actionnés	Système(s) activés	f	Accélération Moyenne (-G)	Écart Type(-G)	Accélération maximale (-G)	Accélération minimale (-G)	Capacité de freinage %
Levier et pédale	avant et arrière	5	0.745	0.076	0.868	0.682	100

F= nombre d'essais

Tableau 14: Décélérations observées avec un système de freinage indépendant, sans ABS, avec passager et sur surface sèche.

Les essais enregistrés avec des motocyclettes transportant un passager lors d'une application combinée des deux freins sur une surface sèche a engendré une décélération moyenne de - 0.745: la présence d'un passager ne semble donc pas affecter d'une façon significative la capacité de freinage maximale d'une motocyclette en ligne droite

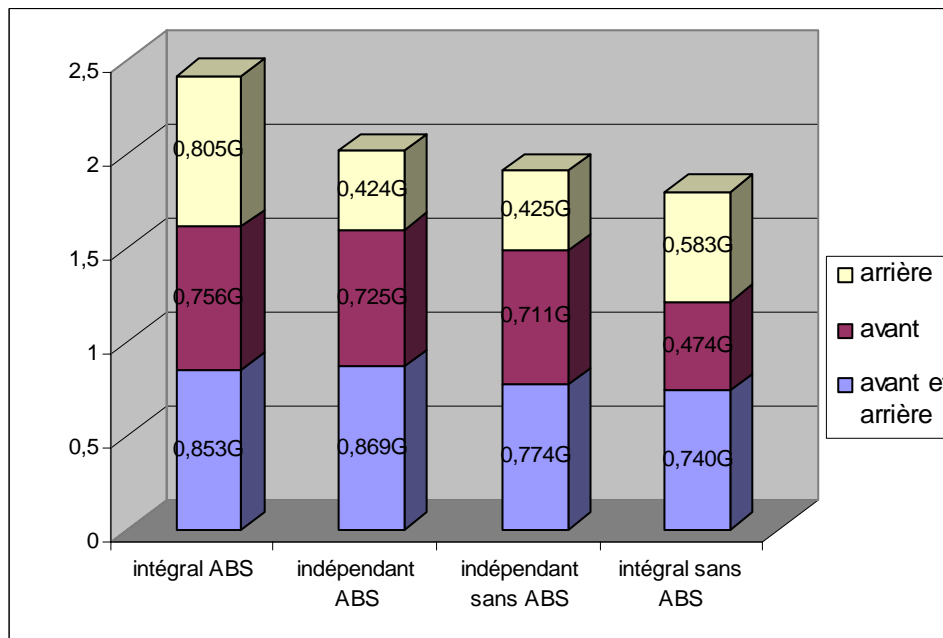


Figure 20: efficacité globale des différentes aides au freinage

Ce graphique présente le cumul des décélérations pour chaque type de freinage testé. On constate que c'est le freinage le plus sophistiqué (intégral + ABS) qui se démarque très nettement. Celui-ci n'offre pas la meilleure décélération absolue et la machine équipée d'un freinage indépendant et de l'ABS a permis une meilleure décélération lorsque les deux commandes ont été actionnées. Mais cette différence est minime (0,869G contre 0,853G) alors que les différences sont considérables lorsque une seule commande est actionnée.

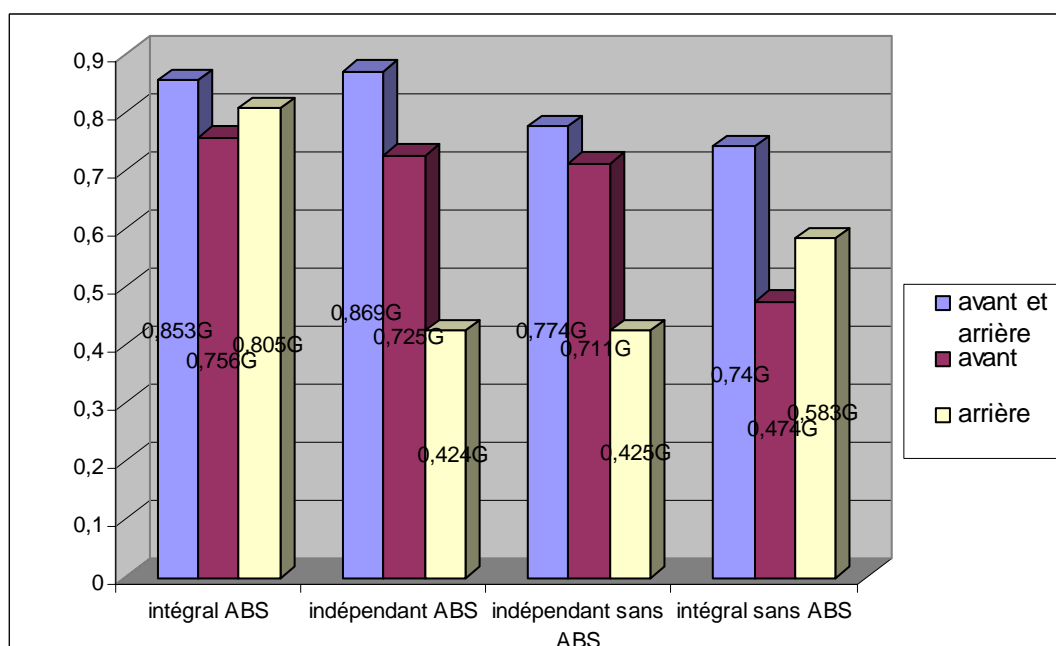


Figure 21: efficacité des différentes aides au freinage en fonction de l'action sur les commandes

Comme nous avons pu l'observer sur le graphique précédant, la moto équipée du système intégral et de l'ABS est celle qui offre les meilleures décélérations. Ce graphique permet de nuancer ce constat : en effet, on constate que la meilleure décélération absolue est obtenue avec la machine équipée de l'ABS et d'un freinage indépendant. L'action sur les deux leviers est très légèrement plus efficace qu'avec la machine équipée de l'ABS et du freinage intégral. A contrario, on constate que cette dernière est nettement plus efficace dès lors que le pilote n'utilise qu'un seul frein à la fois. Comme nous l'avons vu précédemment, l'une des erreurs les plus fréquemment commise consiste à privilégier un des deux freins (généralement l'arrière) aux dépens de l'autre. La puissance disponible en actionnant uniquement la pédale de frein avec le freinage intégral+ABS correspond à 94% de la capacité maximale de freinage contre 49% pour le freinage indépendant+ABS.

Les autres données disponibles permettent de confirmer les qualités attendues des différents systèmes : l'ABS permet d'augmenter le pouvoir de décélération et le freinage intégral augmente la décélération d'un véhicule lorsqu'une seule de ses commandes de freinage est actionnée.

Lorsqu'une seule commande est actionnée par le conducteur, on notera enfin que sur un véhicule au freinage indépendant, c'est l'action sur le levier (et donc sur le seul frein avant) qui procure la meilleure décélération alors que pour un véhicule au freinage couplé, c'est l'action sur la pédale (et donc sur les deux freins) qui est la plus efficace.

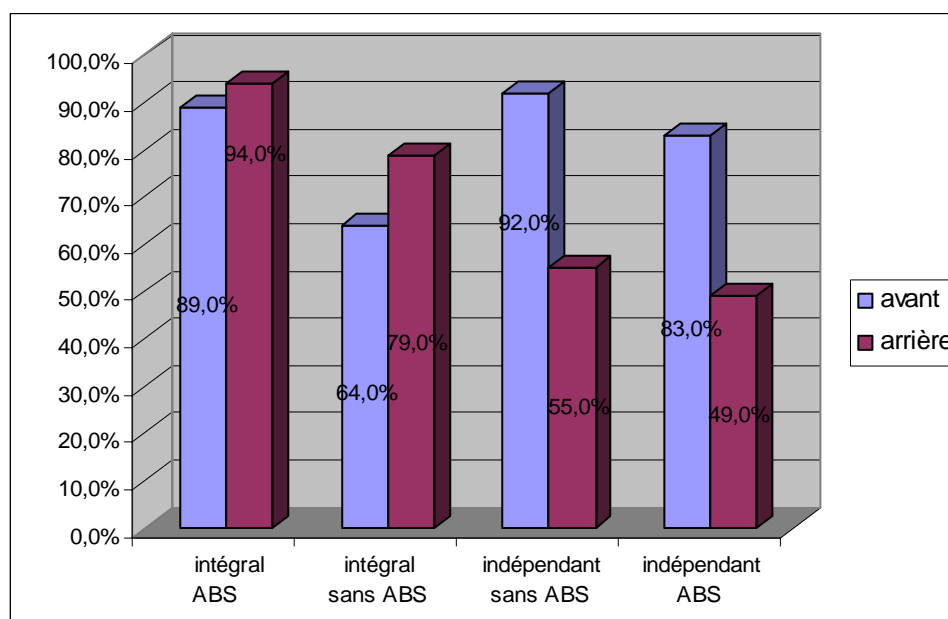


Figure 22: capacités de freinage des seules commandes avant et arrière selon le type d'aide au freinage

IL nous a semblé important d'insister sur ce point car cela permet de mesurer concrètement l'efficacité du freinage intégral. Comme nous venons de le voir, une action sur le seul frein avant sera légèrement plus efficace avec un freinage indépendant qu'avec un freinage intégral alors qu'une action sur la seule pédale arrière sera largement plus efficace avec un freinage intégral qu'avec un freinage traditionnel.

Au final, le freinage intégral est nettement plus sécurisant : si le conducteur persiste à n'utiliser qu'une seule commande, le freinage sera toujours satisfaisant, alors que dans le cas d'un système

indépendant, le freinage induit par la seule pression de la pédale de frein est réellement insuffisant (entre 55 et 49% des capacités maximales de la machine).

Cette étude québécoise nous a donc permis d'obtenir une évaluation de l'efficacité réelle des aides au freinage en terme de décélération.

L'ABS confirme ainsi sa capacité à réduire la capacité de décélération des machines et ce, quel que soit le conducteur. Le gain est d'environ 10% lorsque les conditions idéales de test sont présentes au cours d'une expérimentation ; comme nous l'avons vu plus haut, cet écart ira en grandissant au fur et à mesure que les conditions se dégraderont (niveau de pilotage inférieur, effet de surprise, chaussée dégradée...).

Le gain observé grâce au freinage intégral mérite quant à lui d'être nuancé : sans intérêt si l'on s'attache à ne regarder que les décélérations potentielles maximales, le freinage couplé présente des résultats nettement plus flatteurs une fois les véhicules remis aux mains des conducteurs lambdas qui ont tendance à n'utiliser qu'une seule des deux commandes existantes.

4) Efficacité de l'amplificateur de freinage

Comme nous l'avons vu, Peugeot Motocycles commercialise depuis peu des scooters équipés du freinage ABS ainsi que du système amplificateur de freinage (PBS).

Les chiffres fournis par Peugeot Motocycles concernent des véhicules pilotés par des conducteurs « moyens ».

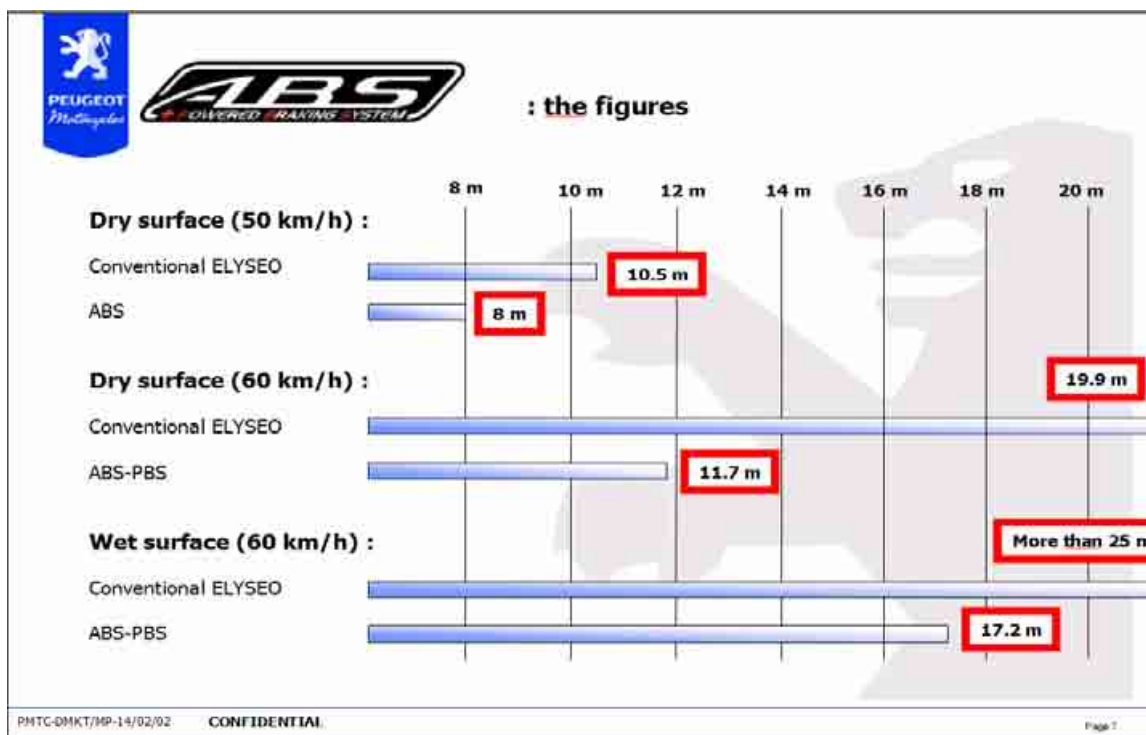


Figure 23: Comparaison des distances de freinage selon le type d'aide au freinage¹⁵

Le premier test oppose deux scooters circulant sur une surface sèche à 50 km/h ; le véhicule équipé de l'ABS a eu besoin de 2,5 mètres de moins pour s'arrêter (soit une réduction de 24%) que son homologue qui en est dépourvu.

A noter que cette valeur est confirmée par le TRL [24] qui avait constaté une réduction moyenne de 22% des distances de freinage pour les véhicules équipés de l'ABS comparé aux résultats mesurés sur des machines dépourvues de système antiblocage.

Le deuxième test, effectué à 60 km/h, oppose cette fois un véhicule au freinage classique à un autre équipé de l'ABS et de l'amplificateur ; Peugeot annonce un gain de 41% grâce à ces aides au freinage.

Le gain est plus difficilement quantifiable sur surface mouillée puisque la distance d'arrêt du scooter disposant d'un freinage classique n'a pas été mesurée. Cependant, le bénéfice semble là encore conséquent.

Comme nous l'avons déjà dit, l'amplificateur est conçu pour pallier le manque de pression qu'un conducteur moyen n'ose pas appliquer sur ses commandes sans pour autant aller au-delà des limites d'adhérence de la machine grâce à l'ABS. Ces systèmes permettent d'égaliser les différences de niveaux entre un pilote expérimenté et un conducteur « lambda », il est donc logique de trouver des différences plus importantes lorsque les conditions de circulation sont plus difficiles (vitesse ou pluie) : le conducteur expérimenté sera toujours capable de gérer correctement la situation alors que le conducteur lambda finira par être dépassé.

Ainsi, les aides au freinage destinées aux deux-roues motorisés semblent enfin commencer à combler le retard pris sur les automobiles. L'ABS, le répartiteur et maintenant l'amplificateur de freinage commencent à se généraliser : de plus en plus vendus et ce, sur des machines moins haut de gamme qu'avant, ils répondent à une demande nouvelle de la part des conducteurs de deux-roues à moteur.

Leur efficacité est indéniable et elles permettent à n'importe quel conducteur de s'approcher des capacités maximales de décélération des deux-roues actuels. A ce jour, plusieurs études ont été menées pour tenter de quantifier leur efficacité mais seulement sur un thème particulier (la valeur de décélération notamment). La connaissance en ce domaine reste encore à approfondir, d'autant plus que les véhicules et les aides proposées sont en pleine mutation et évoluent considérablement d'une année sur l'autre. Une étude complète portant sur tous les paramètres du freinage reste à mener et étudierait notamment l'efficacité de l'ABS en condition de circulation normale (et non plus sur piste avec des utilisateurs chevronnés) ou encore lorsque le véhicule est en virage.

¹⁵ Source Peugeot Motocycles

VII. Aides au freinage: Etude clinique

VI. Aides au freinage : étude clinique

Entre Mai 2000 et Décembre 2001, 150 accidents corporels ou mortels impliquant au moins un véhicule à deux-roues motorisé (motocyclettes, cyclomoteurs, scooters) ont été recueillis dans une large zone située dans le sud de la banlieue de PARIS (département de l'Essonne, 91). Cette étude s'est inscrite dans le cadre du programme européen MAIDS (Motorcycle Accident In-Depth Study), financé par la Communauté Européenne (CE) et l'Association Européenne des Constructeurs de Motocycles (ACEM). Cette étude détaillée d'accidents a été menée dans 5 pays européens (Allemagne, Espagne, Pays-Bas, France et Italie) et confiée en France au Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques (CEESAR).

Un réseau de recueil des données a été mis en place sur le territoire concerné, s'appuyant sur le dispositif des forces de police et de gendarmerie d'une part, sur les pompiers et secouristes qui interviennent en premier sur les lieux d'accidents d'autre part.

Les bilans médicaux des personnes impliqués ont été recueillis grâce à un ensemble de médecins hospitaliers des services d'urgence, après consentement des patients afin de pouvoir accéder à leur dossier médical. Cette étude a reçu l'ensemble des autorisations exigées par les lois de bioéthique.

Ce recueil a abouti à un échantillon de 166 victimes d'accidents de deux-roues, d'âge moyen 28 ans, et présentant un total de 700 lésions. Il comprend 16 tués, 45 blessés graves, et 105 blessés légers. Chacun des bilans médicaux a été codé selon l'échelle de sévérité des lésions (voir III.2.B.b). L'ensemble des lésions a été regroupé par territoire corporel ainsi que par degré de gravité. L'étude s'est poursuivie par la mise en relation des lésions subies par les motards avec leurs circonstances de survenue. De plus, chaque accident a été « reconstruit », c'est à dire que nous avons estimé les vitesses au choc de chaque impliqué pour tous les accidents, à l'aide des éléments disponibles (déformation des véhicules, traces de freins sur la chaussée...). Ces connaissances doivent à terme, contribuer à améliorer la protection de cette catégorie d'usagers de la route.

Le rapport final du projet MAIDS qui regroupe les données collectées par tous les participants européens du projet est disponible depuis juillet 2004 sur le site de l'ACEM (<http://maids.acembike.org/>) et fait référence aux 921 cas d'accidents collectés.

La faiblesse de l'échantillon recueilli implique que ces cas cliniques ne peuvent nullement avoir valeur de statistique mais permettent cependant de détailler certains aspects particuliers (lésionnels notamment), ce qui serait irréalisable avec les données macro-accidentologiques généralement disponibles. Cependant, le projet RIDER qui apportera, à terme, 200 nouveaux cas, va permettre de rendre notre base de données plus représentative. Au moment de l'élaboration de cette étude, 94 nouveaux cas d'accidents issus de RIDER étaient exploitables et ont été insérés à la base de données qui compte actuellement 244 cas d'accidents.

A Rappel sur le codage AIS.

Les premières équipes pluridisciplinaires réalisant des enquêtes sur les accidents de véhicules à moteur ont produit dès 1971 la première **Abbreviated Injury Scale** dans le but d'obtenir une classification appropriée des lésions par type et par gravité. Cette "échelle de classifications lésionnelles", fondamentale pour l'étude étiologique des blessures, se regroupe en deux catégories :

- ✓ d'une part, les échelles concernant l'état physiologique des victimes qui peut évoluer au cours du traitement de la blessure ;
- ✓ d'autre part, celles qui décrivent les blessures suivant leur localisation, la nature des lésions et leur gravité relative.

Depuis 1971, le besoin d'un niveau de détails plus grand a conduit à différentes révisions de l'AIS. Par ces révisions, le champ des lésions recensées a été élargi non seulement pour inclure une liste plus étendue des lésions décrites, mais surtout pour inclure des blessures qui ne font pas partie de la traumatologie routière. L'augmentation de la sophistication des lésions décrites a permis que l'échelle AIS soit utilisée dans un plus grand nombre de recueils de données qu'auparavant. Nos accidentologues ont, pour leur part, eu recours à l'A.I.S. révisé en 1990 (avec mise à jour en 1998)

Le répertoire AIS est divisé, par commodité en neuf sections selon l'ordre suivant : Tête (crâne et cerveau), Face, Cou, Thorax, Organes internes de l'Abdomen et du Bassin, Colonne vertébrale, Membres supérieurs, Membres inférieurs, Surfaces externes et Lésions non mécaniques.

Chaque blessure s'est vu attribuer un code numérique à 6 caractères :

- le premier caractère identifie le territoire corporel
- le second caractérise la structure anatomique
- les troisième et quatrième caractères identifient :
 - . la nature de la blessure si une région entière est concernée
 - . dans les autres cas, une structure anatomique spécifique ou dans le cas de lésions externes, la nature particulière de la blessure.
- les cinquième et sixième identifient le type d'atteinte lésionnelle au sein d'un même territoire corporel
- enfin, le dernier caractère donne l'AIS proprement dit, à savoir un chiffre compris entre 1 et 6 et se rapportant à une échelle de sévérité dont voici la description.

CODE AIS	DESCRIPTION
1	Mineure
2	Modérée
3	Sérieuse
4	Sévère
5	Critique
6	Maximale
9	Inconnue

Tableau 15 : échelle de gravité du codage AIS

B Caractéristiques de l'échantillon

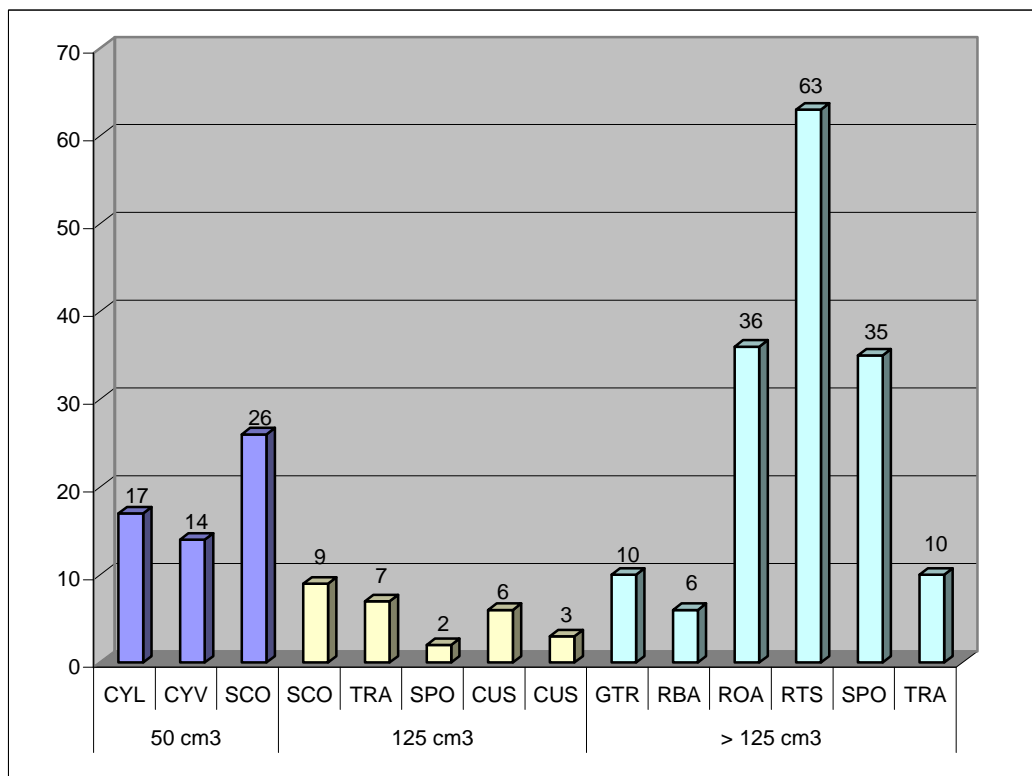


Figure 24: Type de deux roues

Notre échantillon est composé de l'intégralité des cas collectés au sein du projet MAIDS [2], soit 150 cas, auxquels s'ajoutent les 94 premiers cas exploitables du projet RIDER, soit un total de 244 cas d'accidents.

Notre échantillon est majoritairement constitué de grosses cylindrées : les 2/3 des véhicules impliqués (66%) ont une cylindrée supérieure à 125 cm³, 11% sont des 125 cm³ et près d'un quart sont des 50 cm³ (23%).

Pour les petites cylindrées (50 et 125 cm³), ce sont les scooters qui sont le plus fréquemment rencontrés ; les grosses cylindrées sont majoritairement des routières sportives (40% des deux-roues de plus de 125 cm³ soit plus de 25% du total de notre échantillon) et, dans une moindre mesure des roadsters et des sportives.

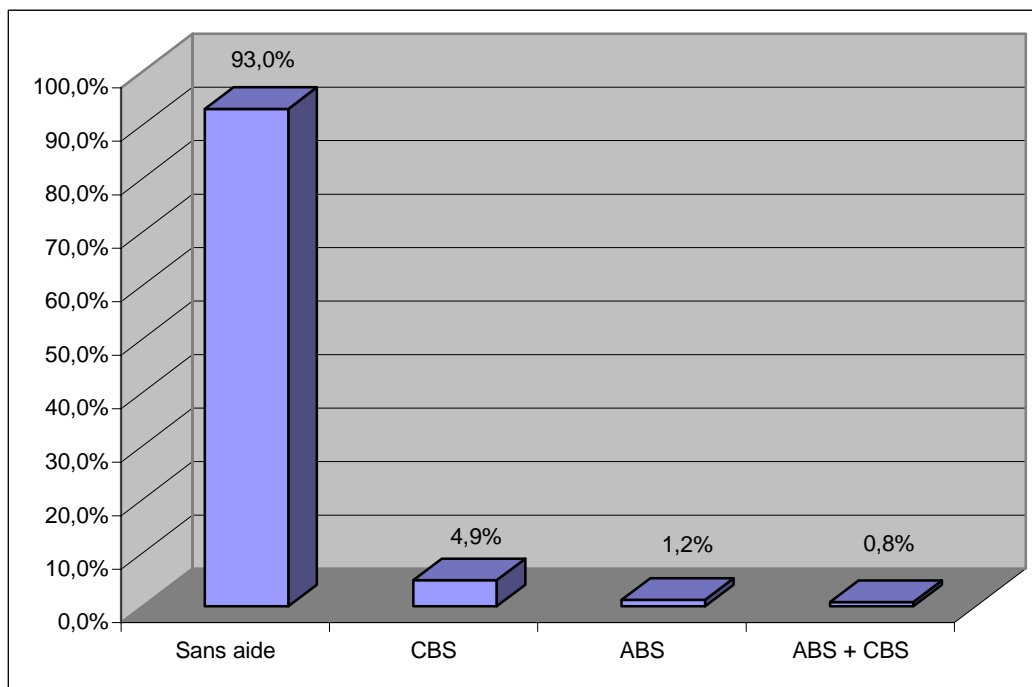


Figure 25: Type d'aide au freinage

La part de véhicules équipés d'aides au freinage est faible : 7% ce qui est par ailleurs proche des valeurs nationales.

Système le plus économique, le répartiteur de freinage (CBS) est celui que l'on retrouve le plus fréquemment. L'ABS et l'ABS+répartiteur de freinage ne représentent qu'une très faible part de notre échantillon (5 cas sur 244 soit à peine 2%).

Excepté un scooter 125 cm³ équipé du freinage intégral, les véhicules équipés d'aides au freinage ne sont que des routières et routières sportives de grosse cylindrée.

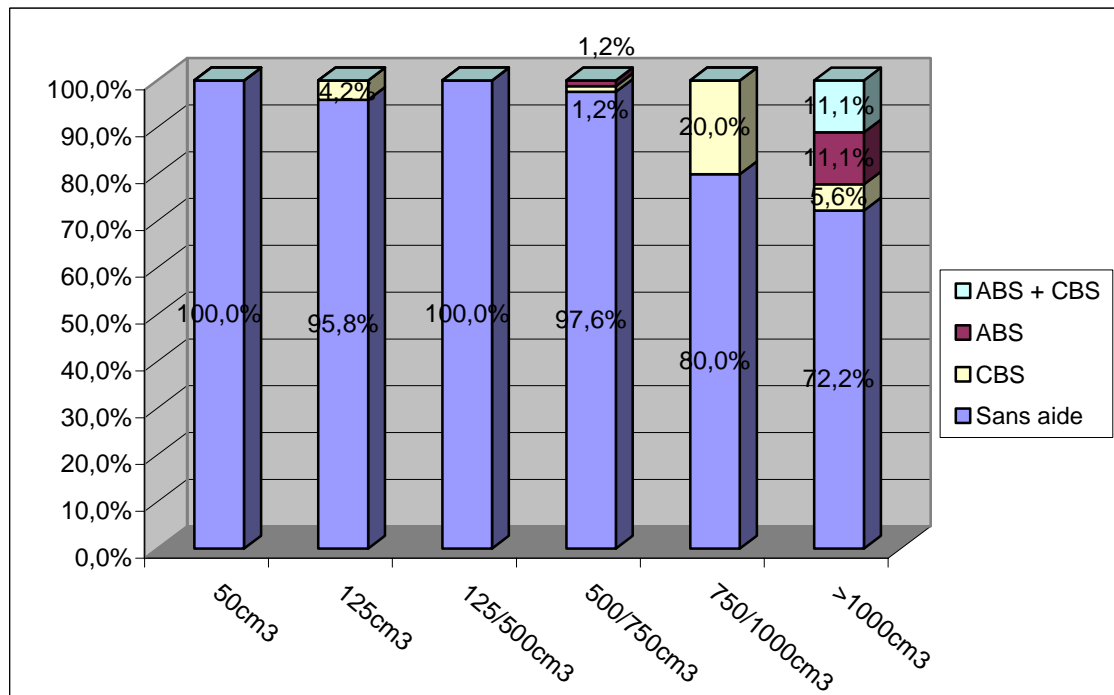


Figure 26: Aides au freinage en fonction de la cylindrée

Excepté le scooter 125 cm³ équipé du répartiteur de freinage, les machines équipées d'aides sont toutes de cylindrées importantes : une routière et une routière sportive de 750 cm³ 9 Routières sportives de 800 à 1100cm³, 4 routières de plus 1000cm³ et enfin un side-car de 900cm³.

Ainsi, on retrouve, sauf exception, ces aides sur des véhicules plutôt coûteux et destinés aux grands trajets. Comme nous l'avons vu précédemment, les modèles équipés d'aides au freinage sont aujourd'hui plus nombreux et touchent désormais toutes sortes de catégories de véhicules ; le scooter de notre échantillon illustre bien cette transition : c'est un cas issu du projet RIDER qui n'était pas commercialisé à l'époque de MAIDS.

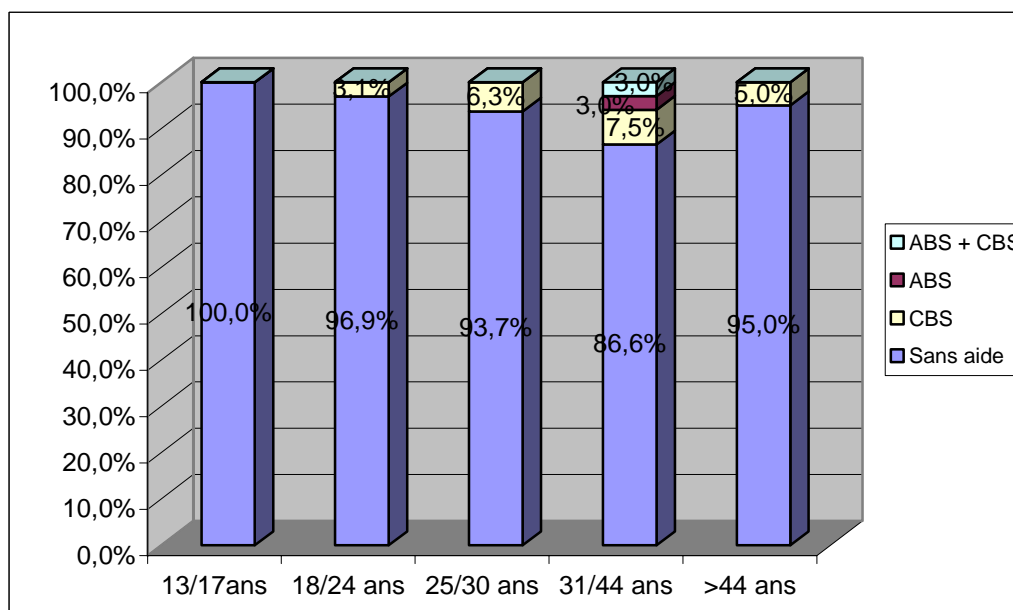


Figure 27: Aides au freinage en fonction de l'âge

Nous avons ensuite essayé de connaître les caractéristiques principales des utilisateurs d'aide au freinage.

Concernant leur âge, on constate que ce sont les conducteurs les plus âgés qui disposent le plus souvent des aides au freinage ce qui peut s'expliquer de deux manières différentes.

L'aspect financier semble la raison la plus évidente : les conducteurs plus âgés ont généralement des ressources financières plus importantes et l'ajout d'une option avoisinant 1.000 euros sur l'achat d'une routière neuve sera plus facilement acceptée que chez un conducteur novice s'achetant sa première moto d'occasion.

L'autre hypothèse consiste à penser que les conducteurs, avec l'âge et l'expérience, prennent conscience des dangers de la route et éprouvent plus le besoin d'assistance que les autres.

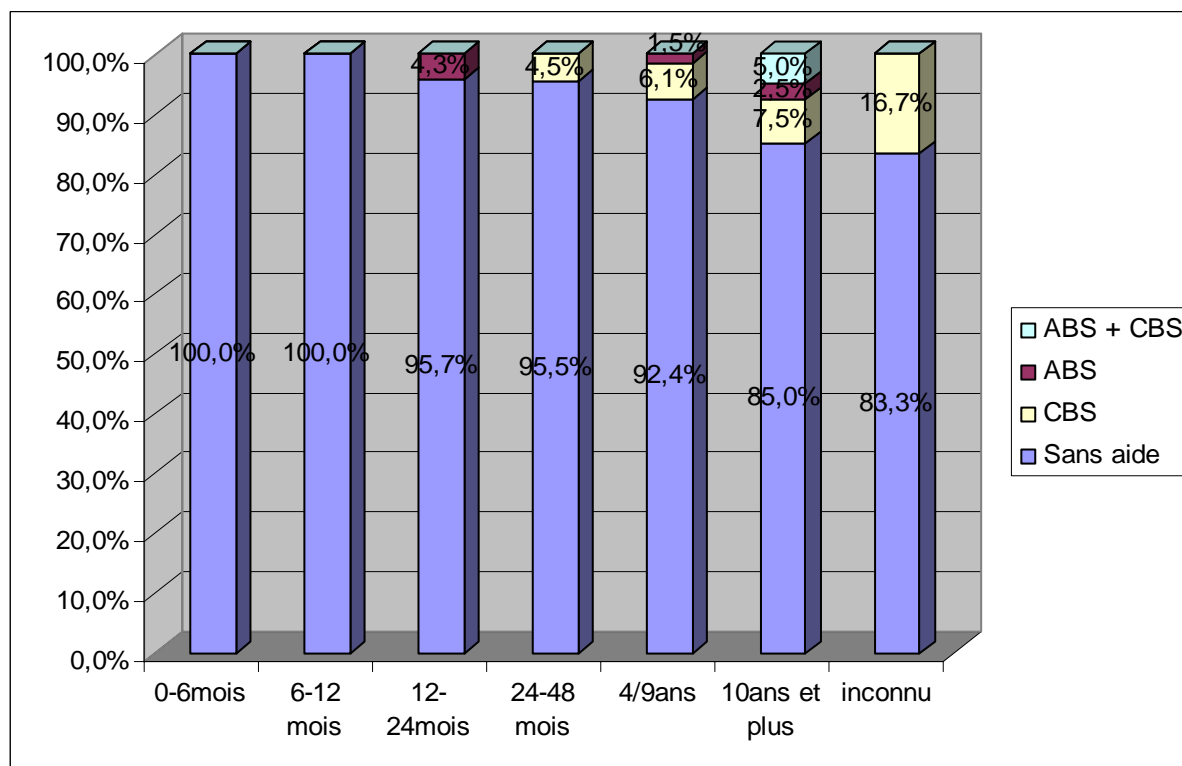


Figure 28: Aides au freinage en fonction de l'expérience

Les impliqués dont le véhicule est équipé d'une aide au freinage ont dans la grande majorité une expérience assez élevée : peu nombreux avec moins de 4 ans d'expérience, ils pratiquent généralement la moto depuis plus de dix ans. De plus, si l'on prend le conducteur le moins expérimenté possédant un ABS (23 mois de conduite moto), on constate que celui-ci a un âge relativement élevé au sein de notre échantillon : 51 ans.

Ceci appuie les commentaires faits pour le graphique précédent: les aides se retrouvent chez les conducteurs les plus expérimentés qui sont, là aussi généralement plus à l'aise financièrement et peut être plus conscients des risques encourus à circuler à deux-roues.

C Manœuvres d'urgence tentées par les conducteurs

Il nous a semblé intéressant de savoir de quelle manière et dans quelle mesure le freinage était utilisé par les conducteurs de notre échantillon.

Cette variable, obtenue après analyse par nos accidentologues, est le fruit de la mise en relation de plusieurs variables : déclarations des impliqués, des témoins, traces sur la chaussée, déformation et positionnement des véhicules après impact... ; tous ces indices permettent une reconstruction fidèle et une connaissance complète du scénario de l'accident qui comprend notamment les manœuvres d'urgence effectuées.

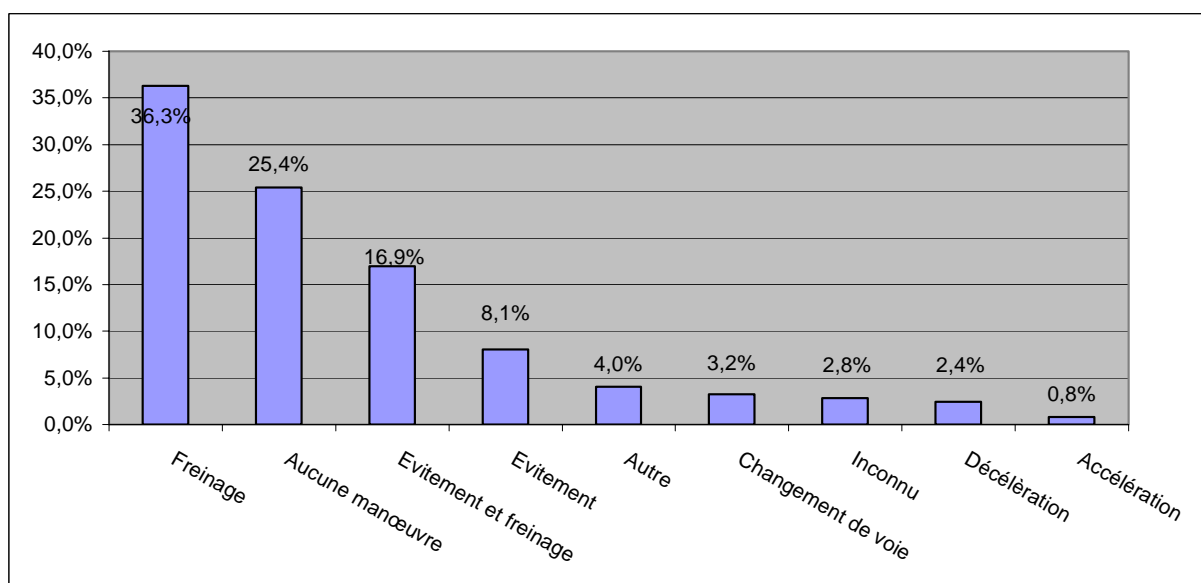


Figure 29: Manœuvres d'urgence tentées par les conducteurs

L'intérêt d'une étude reposant exclusivement sur le freinage est ici démontré : cette manœuvre a été réalisée par plus de la moitié des impliqués pour tenter de se sortir de la situation d'urgence dans laquelle ils se trouvaient. Ainsi, on retrouve 53,2% de freinages tentés (36,3% de freinages et 16,9% d'évitement et freinage), ce qui est largement supérieur à la variable « aucune manœuvre » (le conducteur n'a pas eu le temps ou n'a pas pensé qu'il était nécessaire de réagir)

On retrouve ensuite comme manœuvres l'évitement, tenté par 8,1% des impliqués puis d'autres manœuvres d'urgences moins fréquemment employées.

Le freinage méritait bien à ce titre une étude tant cette manœuvre semble être la réaction « réflexe » ou, tout du moins, celle que les conducteurs tentent le plus facilement et le plus souvent.

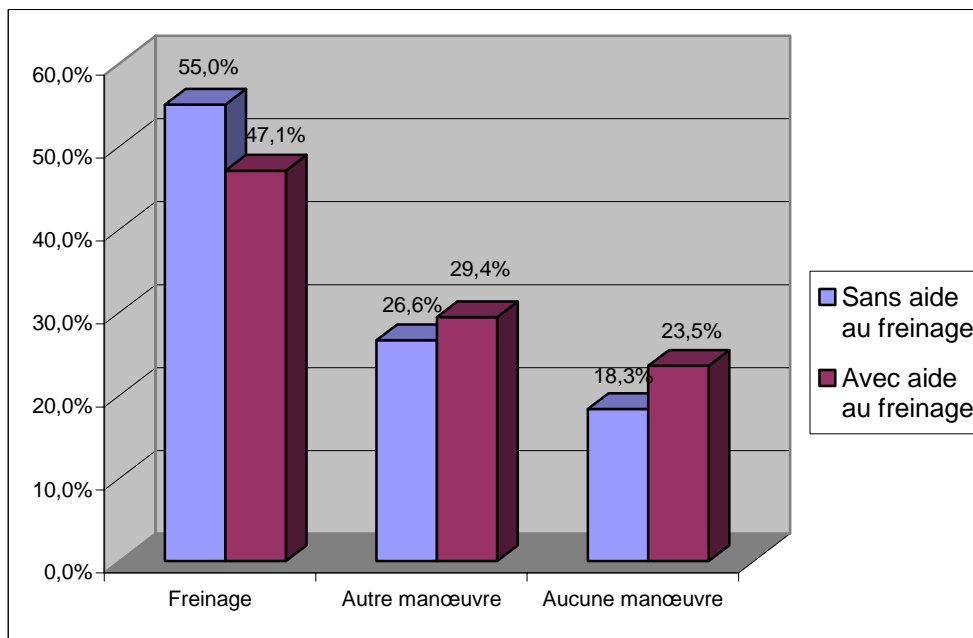


Figure 30: Manœuvres d'urgence tentées par les conducteurs en fonction de l'aide au freinage

Il aurait été commode de constater que les conducteurs équipés d'une aide au freinage avaient plus fréquemment recours au freinage en situation d'urgence que les autres. Pourtant, ce sont bien les conducteurs de véhicules équipés de freinages traditionnels qui ont le plus tenté de freiner pour échapper à leur accident.

Si chaque accident présente des caractéristiques uniques et des situations accidentelles totalement différentes, l'observation d'une configuration particulière propre à déclencher une manœuvre de freinage (le véhicule adverse coupe la route au deux-roues à une intersection) a permis d'observer les mêmes différences.

Le freinage semble être une réaction « réflexe » pour la majorité de nos impliqués et il est surprenant que ceux disposant d'une assistance au freinage n'y recourent pas plus souvent. Notre échantillon ne comprend à ce jour que 17 véhicules équipés d'aides au freinage (5% de l'échantillon). L'ajout des 156 cas RIDER à venir parmi lesquelles figureront d'autres véhicules avec assistance permettront sans doute de mieux comprendre cette situation inattendue.

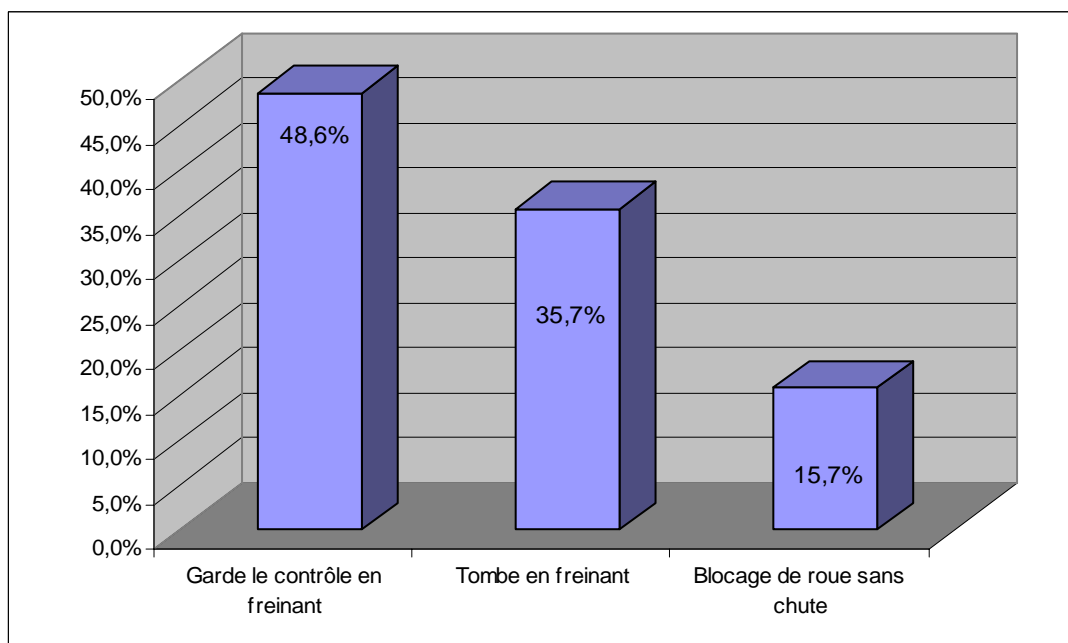


Figure 31: conséquences de la manœuvre de freinage

Ce graphique est destiné à appréhender le niveau de maîtrise des conducteurs une fois que ceux-ci ont choisi le freinage comme manœuvre d'urgence

La moitié d'entre eux gardent le contrôle en freinant (48,6%) et un peu plus d'un tiers (35,7%) bloquent une ou deux de leurs roues ce qui provoque leur chute.

Ils sont moins nombreux (15,7%) à bloquer leurs roues et réussir à garder le contrôle de leur véhicule.

On constate ainsi que dans plus d'un cas sur trois, une aide au freinage, (l'ABS surtout) aurait permis au conducteur de garder le contrôle du véhicule en freinant. La généralisation de l'ABS ne permettrait pas pour autant d'éviter 1 accident sur 3 : cela permettrait seulement à 1 conducteur sur 3 ayant réalisé un freinage comme manœuvre d'urgence de rester sur ses roues et pouvoir ainsi tenter d'éviter l'accident.

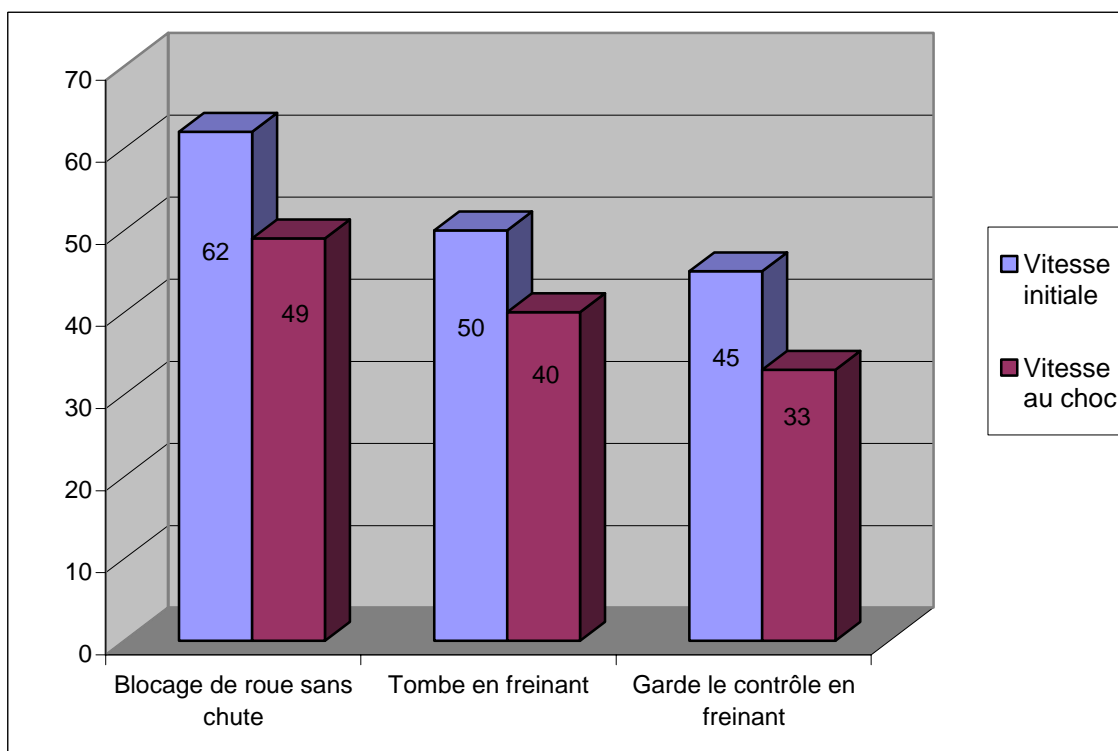


Figure 32: vitesse des véhicules impliqués, en Km/h¹⁶

Ce graphique permet d'observer les vitesses initiales et les vitesses au choc des véhicules ayant freiné.

On constate ainsi que le groupe d'impliqués ayant la plus faible vitesse au moment de l'accident sont ceux qui sont restés maîtres de leur véhicule et ceux qui ont éprouvé des difficultés à gérer leur freinage roulaient à des vitesses sensiblement plus élevées.

Bien sûr, la vitesse est inférieure au moment du choc chez les conducteurs ayant gardé le contrôle en freinant car la vitesse initiale était inférieure.

Cependant, si l'on observe les différences entre vitesses initiales et au moment du choc, on constate que l'écart est proportionnellement plus important chez les conducteurs ayant gardé le contrôle (diminution de 27% de la vitesse) que pour ceux ayant bloqué leurs roues sans chuté (-21%) et ceux étant tombé en freinant (-20%).

Enfin, il n'est pas absurde de penser que c'est parce que leur vitesse initiale était peu importante (ou tout du moins inférieure à celle des autres) que certains conducteurs ont pu rester maîtres de leur véhicule.

¹⁶ Cas MAIDS uniquement

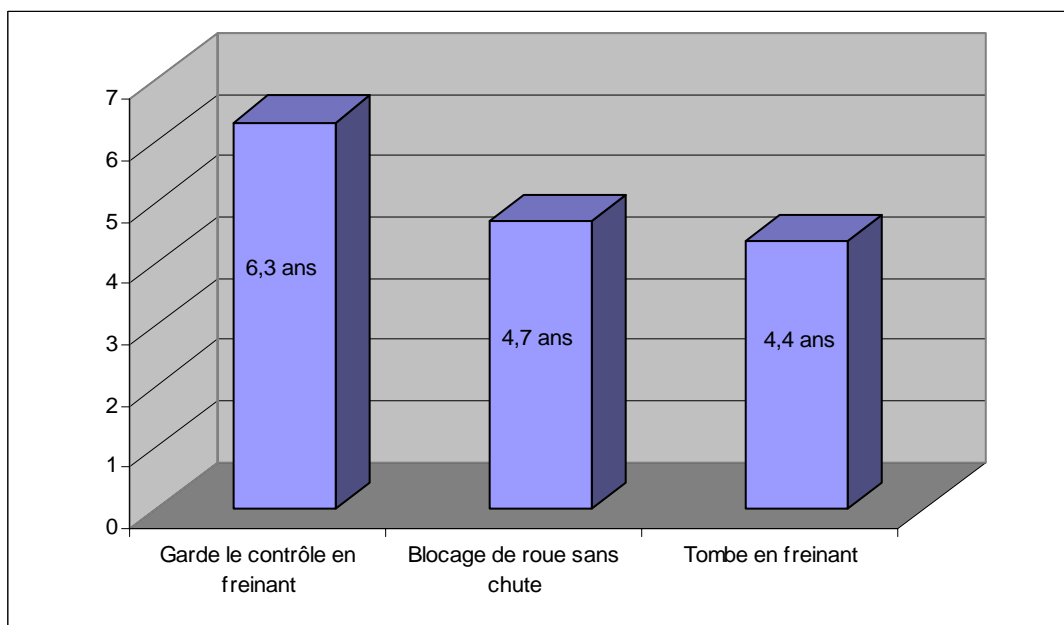


Figure 33: expérience du conducteur

Le freinage est une action relativement délicate à réaliser. Comme semblent l'indiquer les résultats obtenus ici, cette manœuvre d'urgence nécessite une certaine expérience avant d'être totalement maîtrisée. Ainsi, les impliqués qui parviennent à garder totalement le contrôle de leur véhicule en freinant ont entre 33 et 44% d'expérience supplémentaire que les autres.

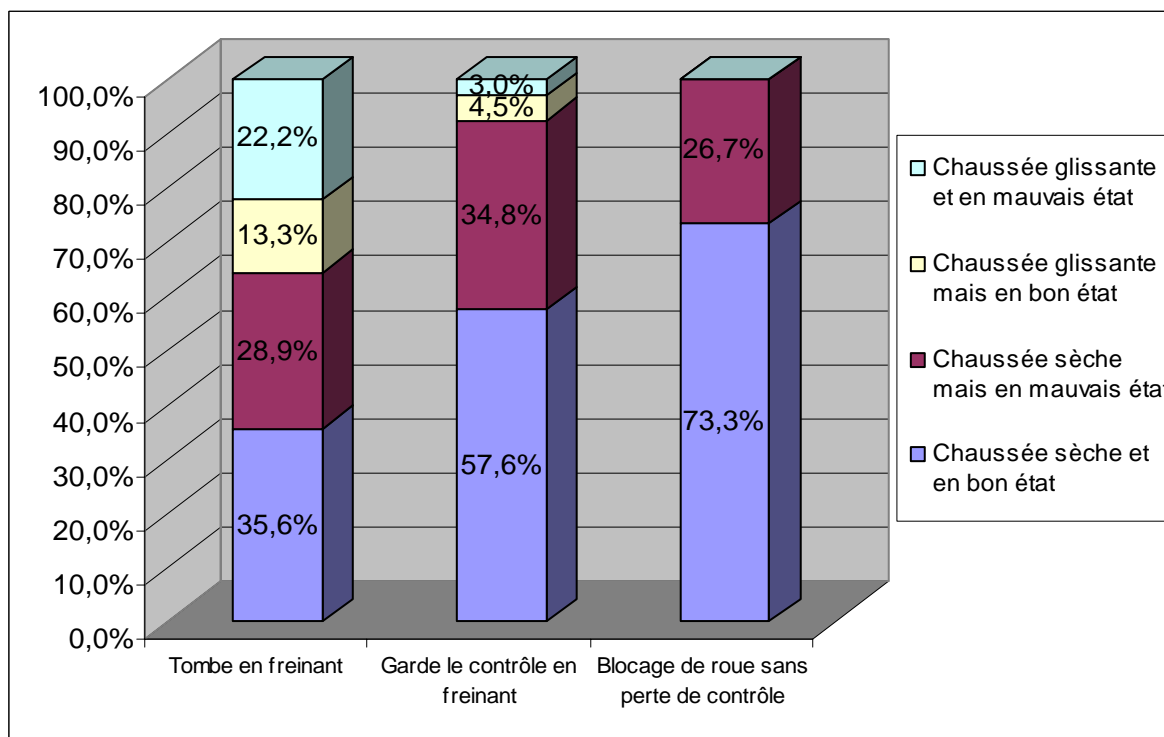


Figure 34: conséquences du freinage en fonction de l'état de la chaussée

On observe que les impliqués qui sont tombés en freinant bénéficiaient des moins bonnes conditions de circulation avec des conditions « idéales » dans seulement 35,6% des cas. Il est délicat de tirer des conclusions définitives compte tenu des données propres aux autres catégories : si ceux qui ont gardé le contrôle en freinant circulaient dans de bonnes conditions (57,6% de chaussée sèche et en bon état) ceux qui ont bloqué leurs roues (mais sans perte de contrôle) bénéficiaient de conditions encore meilleures (chaussée sèche et en bon état dans 73,3% des cas).

On constate surtout que si la différence majeure entre les impliqués étant tombés et les autres réside dans la glissance de la chaussée : une chaussée glissante (humide ou sale) semble avoir des répercussions importantes sur la chute dès que le système de freinage est activé.

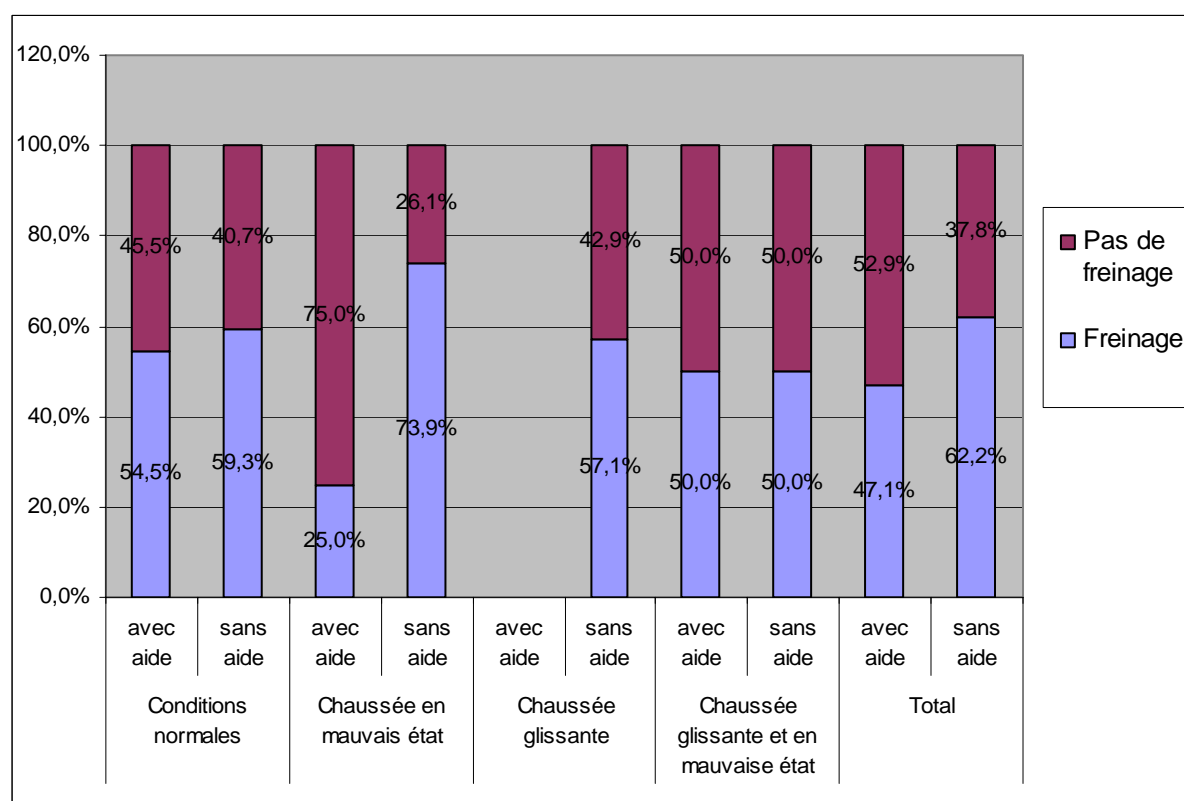


Figure 35: manœuvre tentée en fonction de l'état de la chaussée et du système de freinage

Avec ce graphique, nous avons voulu savoir si les conducteurs équipés d'aides au freinage avaient « conscience » de leur utilité et si cela avait des répercussions sur leur réaction en cas de situation d'urgence.

Ainsi, il aurait été rationnel de penser que les impliqués équipés d'une assistance auraient tendance, en cas d'urgence, à privilégier le freinage plutôt qu'une autre manœuvre.

Globalement, cette affirmation est fautive puisque 62,2% des impliqués utilisant un système de freinage traditionnel ont eu recours au freinage lors de la situation d'urgence contre seulement 47,1% pour les utilisateurs de systèmes assistés.

Si les différences ne sont guère significatives dans les conditions normales et sur chaussée glissante et en mauvais état, on constate une différence très nette lorsque la chaussée est en mauvais état. Nous nous abstenons pour le moment d'émettre des commentaires sur cette observation, notre échantillon de conducteurs « assistés » sur chaussée en mauvais état -tout comme ceux sur chaussée glissante- étant à ce jour trop restreint. A terme, l'ajout des 156 cas RIDER à venir nous permettront de valider ou non certaines théories.

D. Estimation du gain apporté par la présence d'un ABS

Il nous a semblé indispensable d'essayer de quantifier le gain accidentologique qu'était en mesure d'offrir un dispositif aussi efficace -lorsqu'il peut entrer en action- que l'ABS.

La solution consiste donc à observer notre échantillon afin de savoir quel part de conducteur a tenté de freiner au cours de l'accident et surtout quelles ont été les répercussions de ce freinage sur la suite de l'accident.

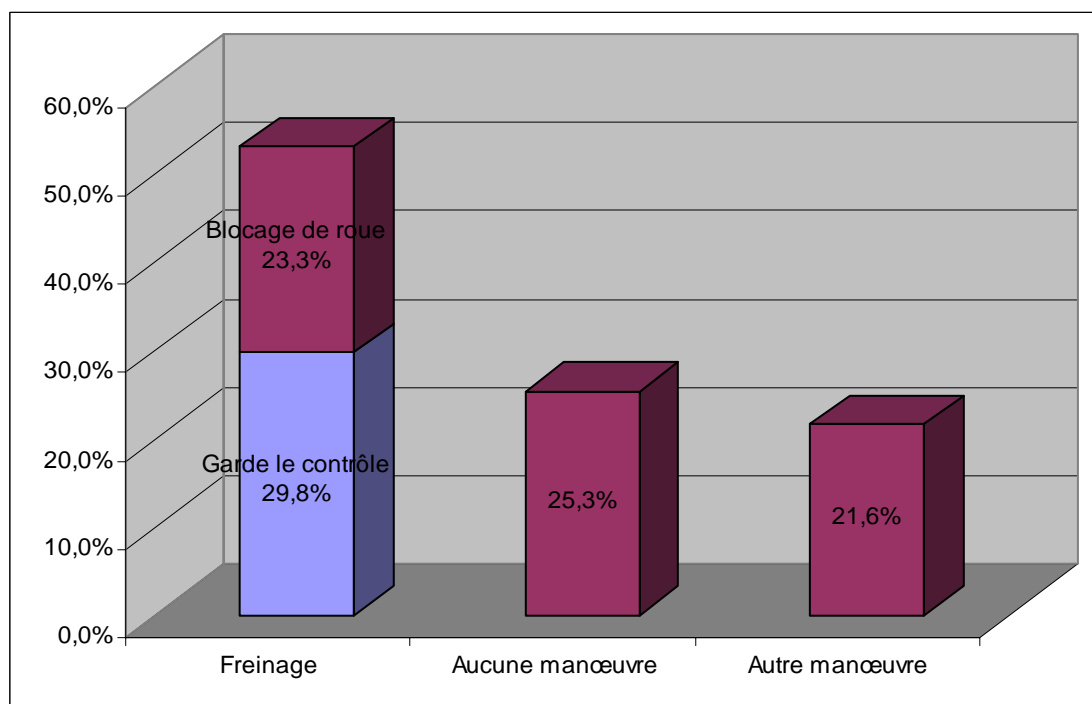


Figure 36: Part du freinage dans les manœuvres d'urgences réalisées par les impliqués.

Comme nous l'avons vu précédemment, 53,1% des conducteurs ont tenté un freinage d'urgence pour se sortir de leur situation de pré-accident (quelques uns ayant également tenté un évitement avant). Après analyse des variables les plus pertinentes de notre base de données (manœuvres effectuées, traces de freinages, situations de pré-accident...), nous avons extrait de cet échantillon les cas pour lesquels le conducteur a mal dosé la pression sur ses freins ce qui s'est traduit par un blocage de la roue avant ou arrière, blocage à l'origine de la perte de contrôle.

Ainsi, 23,3% des conducteurs de notre base de données ont chuté à cause d'un blocage de roues, soit 43,8% des personnes ayant décidé de freiner.

Comme nous l'avons vu, l'ABS est une solution existante et efficace pour remédier à ce genre de problème (le blocage de roues) mais il serait utopique de penser que 23,3% de nos accidents auraient pu être évités par la seule présence d'un ABS.

La connaissance approfondie de ces cas (sans ABS) nous a permis d'estimer les gains potentiels qu'aurait pu offrir un système antiblocage.

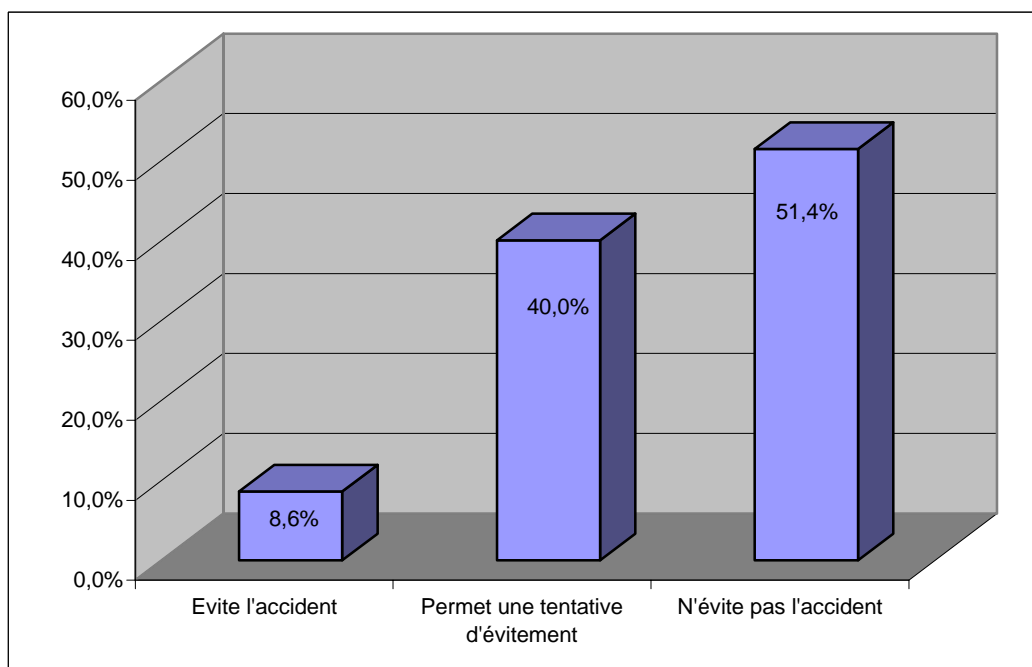


Figure 37: Estimation des effets de l'ABS sur l'issue d'un accident avec freinage

Pour 8,6% des cas observés (2% de l'ensemble de notre base de données), nous estimons que l'ABS aurait pu éviter totalement l'accident ; dans 40% des cas (soit 9,3% de toute la base), l'ABS aurait pu permettre au conducteur, n'ayant pas bloqué ses roues et chuté, de tenter un évitement, sous couvert d'une bonne maîtrise de son véhicule et des particularités inhérente à l'utilisation d'un dispositif anti-blocage.

Pour les 51,4% restants (12%), la présence d'un ABS n'aurait pas empêché l'accident, la survenue de l'événement initiateur, trop brusque et trop rapide, ne laissant pas de marge de manœuvre suffisante avant impact.

Ainsi, lorsque le freinage a été la stratégie retenue pour tenter d'éviter l'accident, la présence d'un dispositif ABS autoriserait la possibilité d'empêcher l'accident. Pour l'autre moitié, le

meilleur des freinages n'aurait pas été en mesure de pallier les effets d'une situation « désespérée » en terme de temps de réaction.

Ainsi, il apparaît difficile d'avancer des chiffres fermes quant à l'efficacité théorique d'un freinage ABS. Les seules certitudes concernent le fait que 2% des accidents seraient vraisemblablement supprimés grâce à sa présence.

Dans 12% des cas, la présence de l'ABS, pourtant sollicité, n'aurait eu aucune incidence sur l'issue de l'accident.

Bien entendu, les 46,9% d'accidents pour lesquels aucune manœuvre de freinage n'a été tenté excluent encore l'ABS comme solution efficace.

Restent ainsi 9,3% des cas pour lesquels l'ABS pourrait constituer une aide conséquente car permettant au conducteur en difficulté de continuer sa tentative de retour à situation de conduite normale. La part d'issues favorables au sein de ce pourcentage reste inconnue et malheureusement difficile à évaluer.

E. Facteurs accidentels

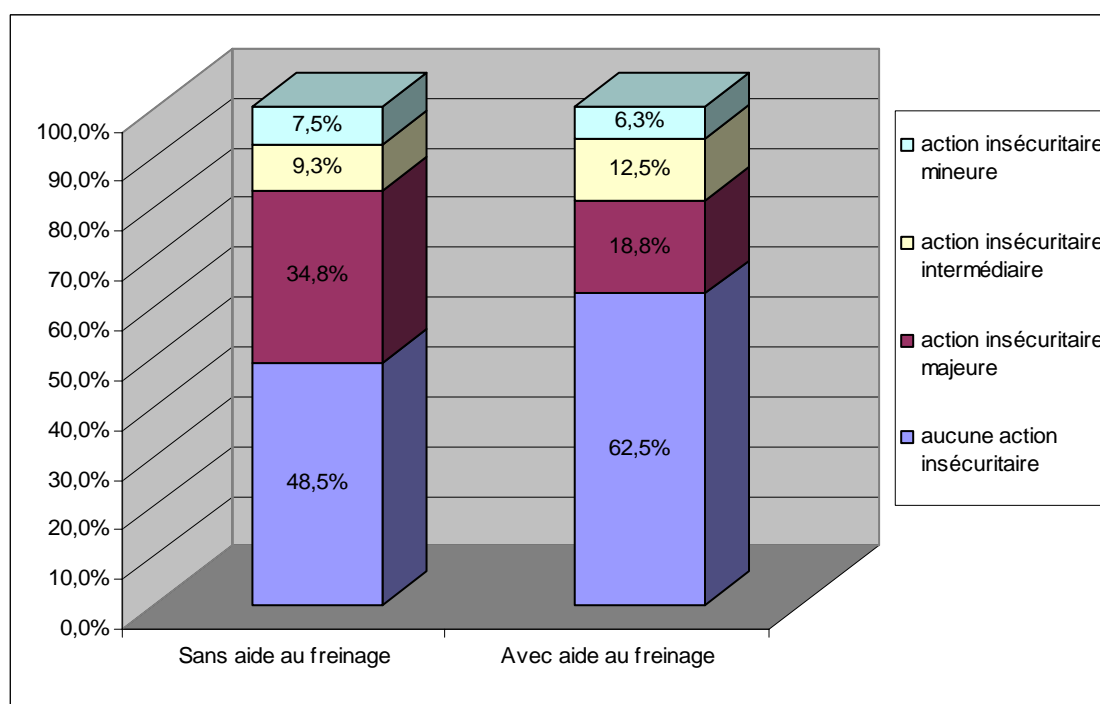


Figure 38: actions insécritaires du pilote

Cette variable est plus difficile à obtenir et s'obtient encore grâce aux déclarations des impliqués, des témoins ainsi qu'à la reconstruction (trajectoire et vitesse notamment) faite par les accidentologues.

Si l'action est parfois facile à percevoir et à qualifier (un feu grillé par exemple), l'expérience et les « impressions » des accidentologues sont souvent mises à contribution pour cerner des

actions insécritaires moins flagrantes comme une vitesse légèrement inadaptée au contexte ou un conducteur dont la vigilance aurait été détournée.

Ainsi, nous pouvons observer grâce à ce graphique que les conducteurs équipés d'aides au freinage ont moins tendance à prendre de risques sur la route.

Si la part de conducteurs réalisant des actions insécritaires « mineures » et « intermédiaires » sont relativement proches pour les deux catégories, on constate que les conducteurs ne disposant pas d'un freinage assisté ont été proportionnellement presque deux fois plus nombreux à commettre une action insécritaire majeure, c'est-à-dire une action ayant « probablement causé l'accident » selon notre système de codage.

Nous retombons ici sur notre hypothèse du début : les conducteurs qui se dirigent vers ces véhicules à priori plus sûrs sont sensibilisés aux dangers de la route, sont plus âgés et un peu plus expérimentés et semblent prendre moins de risque que les autres.

F. Bilan lésionnel¹⁷

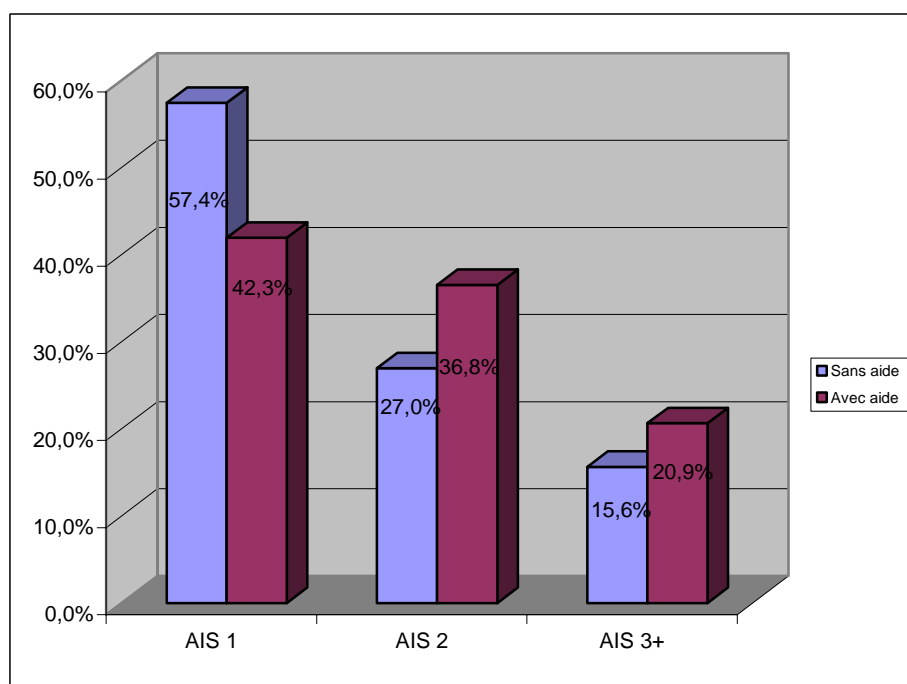


Figure 39: répartition du taux de lésions en fonction de l'AIS

Ce graphique n'a ici qu'une valeur informative et doit être mis en relation avec la vitesse des véhicules au moment du choc.

Ainsi, nous avons pu constater que les conducteurs de véhicules équipés d'aides avaient une vitesse plus élevée au moment du choc¹⁸ ; comme une vitesse au choc plus importante est synonyme de gravité lésionnel plus élevée, la présence d'un AIS plus élevé chez les utilisateurs de freinages assistés est tout à fait logique (près de 58% d'impliqués souffrant de lésions dont l'AIS est supérieur ou égal à 2 contre seulement 42,6% pour les conducteurs de véhicules au freinage traditionnel).

¹⁷ Cas MAIDS uniquement

¹⁸ due à une vitesse initiale supérieure résultant de la circulation sur un réseau plus rapide.

Conclusion

VII. Conclusion

Cette étude nous a ainsi permis, dans un premier temps, de nous familiariser avec la problématique liée au freinage des deux-roues et nous avons pu ainsi remarquer que le blocage des roues était le phénomène qui posait le plus de problèmes aux conducteurs. Non content d'être à l'origine d'une grande part des chutes à moto, ce phénomène agit également à l'autre extrémité du problème en allongeant considérablement les distances de freinage, les conducteurs n'osant plus freiner suffisamment de peur d'être confrontés à un éventuel blocage.

Ces mêmes conducteurs, par méconnaissance des techniques optimales de freinage, ont tendance à sur employer leur frein arrière au détriment du frein avant, pourtant nettement plus efficace.

Après avoir pris connaissance de ces difficultés rencontrées par les conducteurs et pour répondre à la problématique de l'étude, il nous a semblé indispensable de présenter les différentes aides au freinage et de savoir comment et pourquoi elles pouvaient répondre efficacement aux problèmes soulevés précédemment.

Les aides au freinage actuellement disponibles sont au nombre de trois :

- L'ABS (ou système anti-blocage des roues) qui a pour rôle d'éviter le blocage des roues malgré l'application d'une pression trop importante sur les commandes de frein
- Le freinage intégral (ou freinage couplé) répartie efficacement entre les roues avant et arrière la force de freinage alors qu'avec un freinage traditionnel, ce sont deux commandes distinctes qui assurent séparément le freinage sur la roue avant (avec la main droite) et le freinage sur la roue arrière (avec le pied droit).
- L'amplificateur de freinage qui permet d'obtenir une décélération plus importante sans que l'action sur les commandes de freinage soit plus intense.

Un deux-roues idéalement équipé serait doté de ces trois aides, ce qui permettrait à un conducteur moyen d'obtenir des décélérations proches de celle d'un pilote expérimenté : le répartiteur simplifiant la gestion d'une tâche délicate en permettant au frein avant de jouer pleinement son rôle ; l'amplificateur palliant le manque de pression que le conducteur moyen n'aura pas osé appliquer sur ses commandes sans pour autant dépasser les limites d'adhérence de la machine grâce à l'ABS.

Si les assistances au freinage offrent des qualités indéniables en terme de stabilité, de contrôle du véhicule et des distances de freinage, il nous restait à connaître l'incidence qu'elles avaient sur les conducteurs, chose permise grâce à notre base de données qui comprend à ce jour 16 cas de véhicules équipés d'aides au freinage.

Notre étude micro-accidentologique nous a permis de constater que les conducteurs possédant un véhicule équipé d'une aide au freinage étaient généralement plus âgés et expérimentés que la moyenne de notre échantillon. Plus à l'aise financièrement pour s'équiper d'options encore coûteuses, leur expérience leur permet sans doute une meilleure prise de conscience des dangers inhérents à la pratique du deux-roues, ce qui expliquerait leur besoin d'assistance.

Ceci est confirmé par une tendance à prendre des risques et à commettre des infractions inférieure aux autres, ce qui se ressent dans leur passé accidentel, moins chargé que pour le reste de notre échantillon.

A contrario, ils semblent s'autoriser une certaine liberté avec la vitesse (par excès de confiance ?), et leur vitesse avant et au moment de l'accident est sensiblement supérieure, ce qui se ressent dans leur bilan lésionnel dont la gravité est plus élevée que pour le reste des impliqués.

A ce jour, les aides à la conduite sont encore très rares sur l'ensemble du parc de deux-roues motorisé mais les choses évoluent sensiblement depuis quelques mois grâce à quelques constructeurs généralistes ayant décidé de démocratiser les aides au freinage.

Ce développement des aides, associé au respect du code de la route (ce qui semble en voie d'amélioration), pourrait avoir un effet bénéfique sur l'accidentologie des deux-roues à moteur sous réserve que les conducteurs qui en disposent les utilisent correctement ; ceci passe par une meilleure information sur l'intérêt du système ainsi que par une meilleure formation vis-à-vis de ces aides parfois déroutantes et dont l'intérêt est souvent mal compris. Lorsque l'ABS a commencé à se généraliser sur les automobiles, les taux d'accidents des véhicules en étant équipés n'ont pas baissé significativement en dépit des possibilités de contrôle et de freinage accrues. Pour rendre viable cette généralisation et progresser en terme d'accidentologie, les conducteurs devront veiller à ne pas tomber dans l'effet pervers classique induisant une prise de risque supplémentaire sous couvert d'une bonne assistance à la conduite.

Si la part de véhicules équipés d'aides au freinage croît sans cesse depuis quelques mois, elle devrait « exploser » d'ici quelques années. En effet, les constructeurs européens de deux-roues à moteur ont signé en avril 2004 la « Charte européenne de sécurité routière », s'engageant ainsi à développer l'offre de véhicules équipés de systèmes d'aides au freinage (ABS, répartiteur, amplificateur). L'objectif de cette charte étant d'atteindre 50% de l'offre en 2010.

Les pouvoirs publics ont tout intérêt à voir le nombre de victimes de la route baisser ; dès lors, ils pourraient soutenir cette charte et inciter le développement de ces aides au freinage, grâce par exemple à une fiscalité avantageuse, ce qui, associé à une baisse de coûts induits par cette généralisation, rendrait cette option définitivement abordable pour l'utilisateur.

VIII Bibliographie

- [1] B. AMANS, T. HERMITTE, H. GUILLEMOT, A. MARTIN, M. MOUTREUIL, *Lien accident-
infrastructure pour les deux-roues motorisés*, Centre Européen d'Etudes de Sécurité et
d'Analyse des Risques, (juillet 2003).
- [2] B. AMANS, T. HERMITTE, H. GUILLEMOT, A. MARTIN, M. MOUTREUIL, *Projet
MAIDS, rapport final*, Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques,
(mai 2003).
- [3] B. AMANS, T. HERMITTE, H. GUILLEMOT, A. MARTIN, M. MOUTREUIL, *Protection du
pilote par l'équipement*, Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques, (mai
2004).
- [4] ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF AUTOMOTIVE MEDICINE
abbreviated Injury scale, Revision 1990 et 1994, version française, traduction effectuée
par le Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique, (juin 1994)
- [5] JP. BELMONTE, *Evaluation du temps de réaction au freinage sur une motocyclette*, Fondation
PROMOCYCLE, (Janvier 2003)
- [6] JP. BELMONTE, *Les étapes à suivre pour effectuer un freinage intensif à motocyclette en
ligne droite*, Fondation PROMOCYCLE, (Janvier 2004)
- [7] JP. BELMONTE, *Rapport d'évaluation de rendement des différents systèmes de freinage sur
les motocyclettes de route*, Fondation PROMOCYCLE, (Février 2003)
- [8] J. Cart, J., Pickenhahn.: *ABS und das Motorrad. VDI-Report 875 of the 4th Experts'
Conference « Motorrad »*, Düsseldorf, p305-322 (1991)
- [9] D. COGAN, *Accidentologie et traumatologie des deux-roues à moteur*, thèse pour le doctorat
de médecine, 1978
- [10] H. GUILLEMOT, T. HERMITTE, A. MARTIN, M. MOUTREUIL, *Mécanismes lésionnels chez
les motocyclistes en France*, Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference XIII, Banff,
Alberta, (8-11 juin 2003).

- [11] W. HAGSTOTZ, W. LUDSTECK, *Motorcycle braking*, IATSS Research, p18-26, (1995)
- [12] P. KAMINA, *Petit atlas d'anatomie*, Editions Maloine, (1999)
- [13] D. LECHNER, P. VAN ELSLANDE, JL. JOURDAN Utilisation d'un système ABS par des conducteurs non professionnels lors d'un freinage en courbe, rapport Inrets n°94 (Avril 1989)
- [14] The NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION, *Motorcycle Safety Program*, (Janvier 2003)
- [15] M. KATO, T. MATSUTO, K. TANAKA, H. ISHIHARA, T. HAYASHI, W. HOSODA, *Combinaison de Système de Freinage à Disque (ABS) et de Système de Freinage Combiné (CBS) pour les motos*, SAE technical paper series, (Février 1996)
- [16] Laboratoire de physiologie et de biomécanique PSA/Renault, *Fréquence de gravité des lésions « tête » des usagers de deux-roues à moteur selon la géométrie et la raideur estimée des obstacles rencontrés*, (Août 1980).
- [17] *Moto journal* n°1574, (26 juin 2003)
- [18] E. Müller, W.D., Jonner, B. Bonning : *Antiblockiersystem für Motorrädern*. VDI report 779 of the 3rd Experts' Conference « Motorrad », Düsseldorf, p281-302 (1989)
- [19] M. SCHOONBOROODT., *Le casque motocycliste : son rôle lors d'un accident de la route, implications médico-légales*, Université Libre de Bruxelles - Faculté de Médecine, p. 142. (1998)
- [20] *Sécurité routière, la sécurité routière en France, bilan de l'année 2001*, la documentation française, Paris, (2002).
- [21] *Sécurité routière, la sécurité routière en France, bilan de l'année 2002*, la documentation française, Paris, (2003).
- [22] Toyofuku, Matsushima, Irie, Yonezawa et Mizuno, *Study effect motorcycle anti lock braking system for skilled and less skilled riders regarding braking turn*, JSAE Review, p 223-228, (1994)
- [23] P. VAN ELSLANDE, *Analyse approfondie d'accidents de deux-roues à moteur: Défaillances fonctionnelles et scénarios d'erreurs*, Rapport d'avancement INRETS/RE-01-904-FR (Mars 2002)
- [24] C.D. WALKER., *TRL Report 196, Development of an anti-lock brake system for light-weight motorcycles*, Transport Research Laboratory, (1996)

IX Sites Internet

<http://www.afnor.fr/>

<http://www.anatomie-humaine.com/>

<http://www.aprilia.com/>

<http://www.bering.fr/>

<http://www.bike.bmw.com/>

<http://www.cagiva.it/>

<http://www1.certu.fr/>

<http://www.ducati.com/>

<http://www.equipement.gouv.fr/>

<http://www.enserr.org/>

<http://www.fmq.qc.ca/> (fédération motocycliste du Québec)

<http://www.fr.piaggio.com/>

<http://moto.honda.fr/>

<http://www.inrets.fr/>

<http://www.motocyclistemagazine.net/>

<http://www.motoguzzi.fr/>

<http://www.nhtsa.gov/> (National Highway Traffic Safety Administration)

<http://www.peugeot-motocycles.fr/>

http://www.promocycle.com/promo_f.html (organisation pour la conduite sécuritaire à moto)

<http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/>

<http://www.setra.fr/>

<http://www.shark-helmets.com/>

<http://www.sra.asso.fr/> (sécurité et réparation automobile)

www.suzuki-moto.com/

<http://www.trl.co.uk/> (laboratoire de recherche sur les transports)

X. Table des figures

<u>Figure 1</u> : Tués par million de véhicules en fonction du kilométrage annuel moyen	p.13
<u>Figure 2</u> : Evolution depuis 1996 de la mortalité des conducteurs de motocyclettes en fonction de la cylindrée	p.14
<u>Figure 3</u> : Evolution entre 1996 et 2001 des taux de conducteurs tués par rapport au parc selon la cylindrée.	p.15
<u>Figure 4</u> : situation du point d'impact sur les véhicules (2003).	p.18
<u>Figure 5</u> :Vitesse du véhicule et force appliquée aux commandes en fonction du temps	p.21
<u>Figure 6</u> : force de freinage maximum disponible sur chaque roue.	p.23
<u>Figure 7 et 8</u> :_Modification de la répartition du poids de la machine et force de freinage	p.24
<u>Figure 9</u> : Implantation des différents éléments constitutifs d'un ABS moto	p.29
<u>Figure 10</u> : Schéma du système de freinage intégral	p.31
<u>Figure 11</u> :capacités de décélération d'un véhicule en fonction du conducteur et des aides au freinage	p.33
<u>Figure 12</u> :Schéma du mécanisme de freinage ABS+amplificateur (Peugeot Motocycles)	p.33
<u>Figure 13</u> : Schéma d'un système de freinage traditionnel	p.34
<u>Figure 14</u> : Schéma d'un système de freinage assisté (ABS+répartiteur+amplificateur)	p.34
<u>Figure 15</u> : Nombre de véhicules équipés d'aides au freinage proposés dans le commerce.	p.40
<u>Figure 16</u> : Véhicules proposés dans le commerce en janvier 2004: répartition en % selon le type d'aide au freinage	p.41
<u>Figure 17</u> : Les 50 premières immatriculations à 4 mois en 2004: répartition en % selon le type d'aide au freinage	p.42
<u>Figure 18</u> : Décélération sans ABS (Kawasaki ZZR 1200), Pilote expérimenté	p.45
<u>Figure 19</u> : Décélération avec ABS (Honda VFR 800 VTEC)	p.45
<u>Figure 20</u> : efficacité globale des différentes aides au freinage	p.50
<u>Figure 21</u> : efficacité des différentes aides au freinage en fonction de l'action sur les commandes	p.50
<u>Figure 22</u> : capacités de freinage des seules commandes avant et arrière selon le type d'aide au freinage	p.51
<u>Figure 23</u> : Comparaison des distances de freinage selon le type d'aide au freinage	p.52
<u>Figure 24</u> : Type de deux roues	p.57
<u>Figure 25</u> : Type d'aide au freinage	p.58
<u>Figure 26</u> : Aides au freinage en fonction de la cylindrée	p.59
<u>Figure 27</u> : Aides au freinage en fonction de l'âge	p.60
<u>Figure 28</u> : Aides au freinage en fonction de l'expérience	p.61

<u>Figure 29</u> : Manœuvres d'urgence tentées par les conducteurs	p.62
<u>Figure 30</u> : Manœuvres d'urgence tentées par les conducteurs en fonction de l'aide au freinage	p.63
<u>Figure 31</u> : conséquences de la manœuvre de freinage	p.64
<u>Figure 32</u> : vitesse des véhicules impliqués, en Km/h	p.65
<u>Figure 33</u> : expérience du conducteur	p.66
<u>Figure 34</u> : conséquences du freinage en fonction de l'état de la chaussée	p.66
<u>Figure 35</u> : manœuvre tentée en fonction de l'état de la chaussée et du système de freinage	p.67
<u>Figure 36</u> : Part du freinage dans les manœuvres d'urgences réalisées par les impliqués.	p.68
<u>Figure 37</u> : Estimation des effets de l'ABS sur l'issue d'un accident avec freinage	p.69
<u>Figure 38</u> : actions insécuritaires du pilote	p.70
<u>Figure 39</u> : répartition du taux de lésions en fonction de l'AIS	p.71

XI Table des tableaux

<u>Tableau 1</u> : taux de port du casque chez les cyclomotoristes	p.16
<u>Tableau 2</u> : taux de port du casque chez les motocyclistes.	p.17
<u>Tableau 3</u> : Offre des constructeurs en aides au freinage (2000)	p.36
<u>Tableau 4</u> : Offre des constructeurs en aides au freinage (2001)	p.36
<u>Tableau 5</u> : Offre des constructeurs en aides au freinage (2002)	p.37
<u>Tableau 6</u> : Offre des constructeurs en aides au freinage (2003)	p.38
<u>Tableau 7</u> : Offre des constructeurs en aides au freinage (2004)	p.39
<u>Tableau 8</u> : part de marché de l'option ABS.	p.43
<u>Tableau 9</u> : Décélérations observées avec un système de freinage indépendant, sans ABS, sans passager et sur surface sèche	p.47
<u>Tableau 10</u> : Décélérations observées avec un système de freinage indépendant, avec ABS, sans passager et sur surface sèche	p.47
<u>Tableau 11</u> : Décélérations observées avec un système de freinage intégral, sans ABS, sans passager et sur surface sèche.	p.48
<u>Tableau 12</u> : Décélérations observées avec un système de freinage intégral avec ABS, sans passager et sur surface sèche	p.48
<u>Tableau 13</u> : Décélérations observées avec un système de freinage indépendant, sans ABS, sans passager et sur surface mouillée	p.49
<u>Tableau 14</u> : Décélérations observées avec un système de freinage indépendant, sans ABS, avec passager et sur surface sèche.	p.49
<u>Tableau 15</u> : échelle de gravité du codage AIS	p.56

XII Lexique

Les véhicules

Cyclomoteur : véhicule à deux ou trois roues dont la vitesse maximale par construction ne dépasse pas 45 Km/h et équipé d'un moteur d'une cylindrée ne dépassant pas 50 cm³.

Deux-roues motorisés : ensemble des véhicules à deux-roues et à propulsion mécanique.

Motocyclettes légères : cylindrée limitée à 125 cm³ et d'une puissance maxi de 11 kW (15 ch).

Motocyclette (ou moto) : véhicule à deux roues à moteur ne répondant pas à la définition du cyclomoteur et dont la puissance n'excède pas 73,6 kilowatts (100 ch) ; l'adjonction d'un side-car à une motocyclette ne modifie pas le classement de celle-ci.

Les motocyclettes regroupent les deux catégories suivantes :

-les MMT1 (de puissance à l'origine inférieure ou égale à 25 kW (34 chevaux) et de rapport puissance/poids inférieur ou égal à 0,16 kW/kg), accessibles aux permis A « progressif ».

-les MTT2 (de puissance à l'origine pouvant être supérieure à 25 kW et inférieure à 73,6 kW (100 chevaux) et de rapport puissance/poids pouvant être supérieur à 0,16 kW/kg), accessibles aux permis A « direct ».

NB : Les scooters, dont l'architecture est sensiblement différente de celle des autres deux-roues, s'insèrent cependant dans chacune des catégories mentionnées précédemment en fonction de leur cylindrée et de leur puissance.

Les permis

L'ASSR (Attestation Scolaire de Sécurité Routière) :

Les épreuves de l'ASSR de 1er et 2e niveau dépendent de l'Éducation nationale, de la Justice, de l'Agriculture, de la Défense et ne sont ainsi pas délivrées par les auto-écoles.

Les épreuves consistent à vérifier les aptitudes des collégiens à identifier les dangers qu'ils peuvent rencontrer en tant que piétons, cyclistes, cyclomotoristes, passagers d'une voiture et de tester leurs connaissances en matière de sécurité routière.

- L'ASSR de 1er niveau est passée par les élèves en classe de 5e. Elle constitue la partie théorique du Brevet de Sécurité Routière.

Pour les élèves intéressés par la conduite d'un cyclomoteur, l'obligation de posséder l'ASSR de 1er niveau pour avoir accès à la formation pratique du BSR implique de pouvoir passer les épreuves de 5ème :

- dès la 6ème, s'ils doivent atteindre l'âge de 14 ans avant la date des épreuves de l'année suivante ;

- ou en 4ème, voire en 3ème, s'ils ont échoué aux épreuves en classe de 5ème.

L'ASSR de 2e niveau est passée en classe de 3ème.

Pour ceux qui sont nés à partir du 1er janvier 1988, l'ASSR de 2e niveau est obligatoire pour s'inscrire à l'examen du permis de conduire (AAC, A1, A, B).

Le BSR (Brevet de Sécurité Routière)

Le brevet de sécurité routière est, depuis 1997, obligatoire en France métropolitaine, dans les départements d'Outre-mer mais ne concerne pas les Territoires d'Outre-mer:

- pour la conduite des cyclomoteurs

- pour les personnes de 14 à 16 ans ayant atteint l'âge de 14 ans depuis le 17 novembre 1997

- pour les personnes nées à partir du 1er janvier 1988 (pour eux, le BSR est donc obligatoire après 16 ans)

Le BSR est composé de l'ASSR de 1er niveau (partie théorique) et d'une partie pratique composée de trois heures de conduite.

Le Permis A1

Nommé AL avant le 8 février 1999, cet examen nécessite d'avoir 16 ans minimum et autorise à conduire les motocyclettes légères. Ces mêmes véhicules sont accessibles à tout conducteur titulaire d'un permis B délivré depuis plus de deux ans.

Permis A

Cet examen nécessite d'avoir 17 ans et demi au minimum (épreuve théorique), de 18 ans pour l'épreuve pratique. Le permis A « direct » autorise à conduire toutes les motocyclettes dont la puissance n'excède pas 100 CV. Il est nécessaire d'avoir obtenu son permis depuis plus de deux ans ou avant l'âge de 21 ans pour conduire une motocyclette dont la puissance est supérieure à 25 KW (34 chevaux), ou dont le rapport puissance/poids est supérieur à 0,16 KW par kilogramme. Le cas contraire, le conducteur est soumis à la réglementation du permis A « progressif ».

Pour les personnes atteignant l'âge de 16 ans à partir du 1er janvier 2004, l'ASSR de 2e niveau ou l'ASR seront obligatoires pour passer le permis de conduire (aussi bien moto que voiture).