

Projet RIDER

Etude thématique

Le casque



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

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

I.	Remerciements	5
II.	Synthèse.....	7
III.	Introduction.....	9
IV.	Rappel statistique	11
A.	Évolution entre 2002 et 2003 et comparaison de la mortalité avec les chiffres de l'automobile.....	11
B.	Tendances 2003 toutes catégories d'usagers confondues.....	12
C.	Comparaison de l'évolution de la mortalité des conducteurs de motocyclettes par rapport à celle du parc en fonction de la cylindrée de 1997 à 2001.....	13
D.	Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque.....	15
1)	Les cyclomotoristes.....	15
2)	Les motocyclistes.....	16
E.	Répartition des blessures en France et en Ile de France en fonction du port du casque.....	17
V.	Le casque : normes et législation.....	20
A.	Les différentes normes : description, élaboration et critères retenus.....	20
B.	Améliorations nécessaires à la norme ECE 22-05.....	22
C.	Rappel sur la législation sur le port de l'équipement.....	25
1)	En France.....	25
2)	En Europe.....	26
VI.	L'ensemble casque-tête : description et traumatologie.....	28
A.	Description et rôle du casque motocycliste.....	28
B.	Elaboration d'un casque motocycliste.....	37
C.	Traumatologie de la tête.....	40
1)	Traumatisme crânien.....	40
2)	Traumatisme du rachis.....	41
3)	Traumatismes maxillofaciaux.....	41
D.	Améliorations à apporter	42
E.	Bien choisir et porter son casque.....	44

VII.	Etat de l'art.....	46
A.	Le casque : efficacité et incidence sur la traumatologie.....	46
1	Le casque, équipement indispensable.....	46
2	Le casque, élément de protection aux effets secondaires parfois dangereux.....	49
B.	Modélisation casque tête.....	53
VIII.	Blessures et équipements : Etude clinique.....	57
A.	Rappel sur le codage AIS.....	57
B.	Taux d'équipement selon les caractéristiques du motard et de sa machine.....	59
C.	Localisation des chocs.....	68
D.	Expertise des casques en partenariat avec SHARK.....	69
E.	Typologie des lésions et efficacité présumée du casque.....	70
F.	Amélioration de l'équipement grâce aux cas cliniques.....	72
G.	Gain lésionnel apporté par l'équipement.....	73
IX.	Conclusion.....	75
X.	ANNEXES.....	78
A.	Norme ECE 22-04 partielle.....	78
B.	Compte-rendu d'expertise d'un casque d'un impliqué RIDER réalisée par SHARK.....	98
XI.	Bibliographie.....	104
XII.	Sites Internet.....	110
XIII.	Table des figures et des tableaux.....	111
XIV.	Lexique.....	112

I. Remerciements

Le CEESAR tient à remercier SHARK pour les informations fournies ainsi que pour l'autorisation d'utiliser leurs équipements pour nos illustrations.

Merci également à toute leur équipe et particulièrement à M. André TESTON et M. Patrick ROSSO pour leur disponibilité et le partage de leurs connaissances au cours de notre visite dans leur locaux.

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.

Les taux de port du casque varient entre 94 et 99% selon que l'on s'attache à observer les cyclomoteurs ou les motos et dépendent du type de réseau observé.

Les statistiques nationales montrent une augmentation significative de la gravité lorsque le casque est absent : en France, la part des blessés graves est 2,6 fois plus importante chez ceux ne portant pas de casque.

La norme actuelle (ECE 22-05) bien que globalement satisfaisante, mériterait certaines améliorations afin d'homologuer des casques plus à même de répondre aux exigences accidentologiques propres aux deux-roues motorisés : ainsi, la forme de la « fausse tête » (tête-mannequin servant aux tests) devrait être revue dans sa partie maxillaire ; un test d'impact supplémentaire, réalisé sur une zone aléatoirement définie serait judicieux et le positionnement du casque sur la tête devrait être revu.

La bibliographie relative au casque est très abondante : si quelques rares études tentent de remettre en cause certains aspects positifs liés au port du casque (fractures du crâne inhérentes à l'utilisation d'un casque intégral, lésions au cou), l'extrême majorité argumente en faveur du port du casque, tant sur le plan de l'efficacité en général, de la gravité ou encore de la réduction des soins hospitaliers.

Aujourd'hui, les études ont de plus en plus pour thème la mise au point de modèles éléments finis de la tête (tel le projet PROTEUS).

Le taux d'équipement sont dans la norme nationale pour les conducteurs de grosses cylindrées (92%) mais plus problématique pour les passagers en général et pour les utilisateurs de 50cm³ (52% des utilisateurs de 50 cm³ ne portent pas de casque ou ont un casque inadapté

Du point de vue de l'amélioration du casque, la marge de progression en terme d'absorption d'énergie semble limitée avec les moyens actuels : en effet, le volume forcément limité d'un casque ne lui permettra pas à court terme d'offrir des valeurs d'absorption d'énergie plus importantes.

Les points sensibles soulevés par notre étude clinique mériteraient de faire l'objet d'une analyse approfondie : type de casque et vétusté, taux de port correct...Des études approfondies ainsi que des mesures informatives à l'usage des utilisateurs permettraient une évolution positive du problème.

Introduction

III. Introduction

L'usager de deux-roues à moteur ne peut pas compter sur son véhicule pour le protéger en cas d'accident comme c'est aujourd'hui, plus que jamais, le cas en automobile. Une solution alternative consistait à posséder un BMW C1, scooter particulièrement novateur car proposant une « cellule de sécurité » destinée à protéger son conducteur et dispensant ce dernier du port du casque. Malheureusement, cette « exception » n'est plus commercialisée et n'a pas su toucher les conducteurs ; aussi, ces derniers ne peuvent désormais plus compter que sur leur casque pour protéger leur tête en cas d'accident.

Depuis le 1^{er} décembre 1975, le port du casque est obligatoire à moto ; il semblerait qu'il soit, aujourd'hui, parfaitement accepté (le taux de port constaté avoisine toujours 95%). Pourtant, les lésions à la tête sont toujours présentes et ont souvent de lourdes conséquences sur le bilan lésionnel global d'un impliqué.

A ce titre, une étude entière sur ce seul thème est pleinement justifiée. Ceci est d'autant plus vrai qu'une autre étude RIDER traitant de l'ensemble des équipements de sécurité avait permis de travailler pleinement sur tous les équipements (gants, bottes, blousons...) exception faite du casque, équipement pour lequel nous avons dû mettre de côté de nombreuses données mais aussi laisser en suspens de nombreuses questions.

Protéger sa tête semble une évidence pour beaucoup mais pourquoi certaines catégories d'usagers semblent plus réticentes que d'autres ?

Les casques actuels sont-ils vraiment efficaces ou mériteraient-ils d'être améliorés ?

Si oui, quels seraient les objectifs d'amélioration ?

Quelles sont les blessures généralement rencontrées au cours d'un choc à la tête malgré la présence du casque ?

La littérature s'est-elle penchée sur ce thème particulièrement spécifique ?

Pourquoi les blessures à la tête sont-elles toujours aussi graves et nombreuses ?

Afin de mieux répondre à cette problématique, nous avons dans un premier temps essayé d'avoir une connaissance approfondie du matériel actuellement disponible sur le marché. D'abord en se penchant sur les normes et la législation propres au casque puis, ensuite, en essayant de faire une description quasi-exhaustive des équipements disponibles dans le commerce ainsi que de la traumatologie à laquelle la tête est généralement confrontée.

Après cet état des lieux approfondi, un état de l'art nous a semblé indispensable, ce sujet étant, a priori, le plus souvent abordé dans la thématique du deux-roues motorisé.

Enfin, nous avons essayé de tirer pleinement partie de la base de données accidentologique deux-roues du CEESAR : l'étude approfondie de nos cas cliniques nous permettant notamment de mettre en relation le taux d'équipement des impliqués avec leur bilan lésionnel, nous serons en mesure de tirer des conclusions sur l'efficacité présumée de l'équipement porté, sur le gain lésionnel qu'il pourrait théoriquement apporter et de faire enfin des propositions d'amélioration sur le matériel.

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 (23,8% de tués en moins) 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 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.

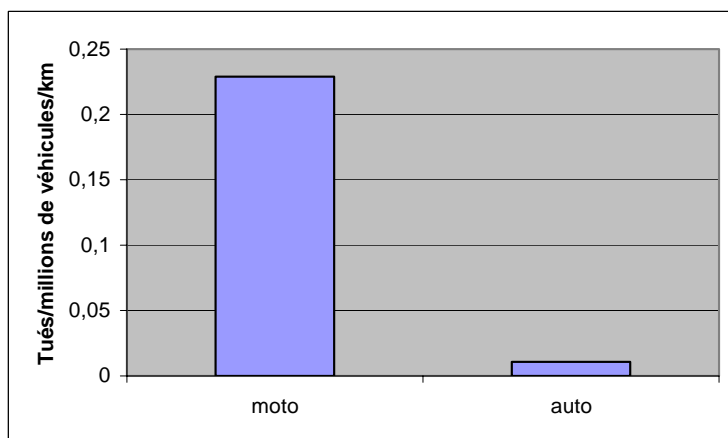


Fig 1 : Tués par million de véhicules en fonction du kilométrage annuel moyen.

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 2001, la documentation française, Paris, 2002
-La sécurité routière en France, bilan de l'année 2002, la documentation française, Paris, 2003

Il est à noter que Le risque particulier des motocyclettes et de l'âge sont particulièrement corrélés : les jeunes choisissent la moto à cause du risque (83% des tués en motos ont entre 15 et 44 ans et 54% entre 20 et 34ans) et la pratique du deux-roues motorisé par des usagers plus intrépides augmente le risque des motos. Les 125 cm³ ont un taux de tués par km parcouru deux fois inférieur à celui des cylindrées plus importantes.

B. Tendances 2003 toutes catégories d'usagers confondues

La sécurité routière étant depuis 2002 une « priorité nationale », il nous a semblé intéressant de connaître les résultats de la sécurité routière suite aux nombreuses mesures prises par le gouvernement dans ce domaine.

Nous ne disposons à ce jour que des chiffres concernant l'ensemble des usagers de la route ; d'après les premières informations, il semblerait que les deux-roues motorisés suivent cette tendance à la baisse mais dans des proportions légèrement inférieures aux automobiles.

En 2003, les premiers chiffres de l'insécurité publiés par l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, ont considérablement diminués : le nombre de tués en 2003 a baissé de 20,9 % par rapport à 2002 pour s'établir à 5 732. Le nombre de tués passe pour la première fois sous la barre des 6 000 ; au total, ce sont 1 510 vies qui ont ainsi été sauvées ; le nombre de blessés en 2003 a quant à lui diminué de 19,4 % par rapport à 2002 pour s'établir à 111 135. Les perspectives de baisse semblent encore bonnes : après six mois de diminutions supérieures à 11 %, et même à 23 % en octobre et novembre, le mois de janvier 2004 présentait une stabilité du nombre de tués par rapport à janvier 2003. Le mois de février 2004, bien qu'il compte un jour de plus que l'an dernier, atteint une baisse, similaire à la période précédente, de -10,7 % de tués par rapport à février 2003 alors que ce mois avait déjà connu une diminution proche de 36 % par rapport à février 2002.

Les conditions météorologiques du mois de février 2004 ont été défavorables à la sécurité routière puisqu'elles ont majoré les résultats de 3,7 % alors que l'année dernière, elles avaient été quasiment neutres. Après trois mois avec une tendance en équivalent annuel proche de 5 000 tués, le mois de février est nettement en dessous de cette barre et confirme l'évolution favorable.

C. Comparaison de l'évolution de la mortalité des conducteurs de motocyclettes par rapport à celle du parc en fonction de la cylindrée de 1997 à 2001²

		MTL 80 cm ³		MTL 100-125 cm ³		MTT1+MTT2 > à 125 cm ³		Total	
		Nombre	Evolution ³	Nombre	Evolution	Nombre	Evolution	Nombre	Evolution
1997	Tués	12	-8%	97	+26%	631	+11%	740	+13%
	Parc	60 800	-12%	231 700	+17%	478 200	+4%	770 700	+6%
1998	Tués	7	-42%	129	+33%	674	+7%	810	+9%
	Parc	51 900	-15%	270 800	+17%	509 000	+6%	831 700	+8%
1999	Tués	8	+14%	138	+7%	674	0%	820	+1%
	Parc	43 900	-15%	312 900	+16%	549 500	+8%	906 300	+9%
2000	Tués	6	-25%	119	-14%	692	+3%	817	0%
	Parc	36 600	-17%	344 500	+10%	581 800	+6%	962 900	+6%
2001	Tués	7	+17%	132	+10%	792	+14%	931	+14%
	Parc	30 300	-17%	368 900	+7%	615 100	+6%	1 014 300	+5%

Tableau n°1: Evolution de la mortalité des conducteurs en fonction de la catégorie de deux-roues de 1997 à 2001

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 enrayée 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 MTT1 et MTT2. 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 (98 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 70%), mais il convient de comparer ces hausses avec celles des parcs.

Sur l'ensemble des cylindrées, le nombre de conducteurs de motocyclette tués ne cesse d'augmenter depuis 1996 et semble, au vu des résultats pour l'année 2002 (dont le détail par cylindrée n'est pas disponible), enfin fléchir. En 4 ans, la hausse est égale à 191 tués (plus 21%) soit presque de 50 par an.

² Données indisponibles pour 2002 et 2003

³ Par rapport à l'année précédente

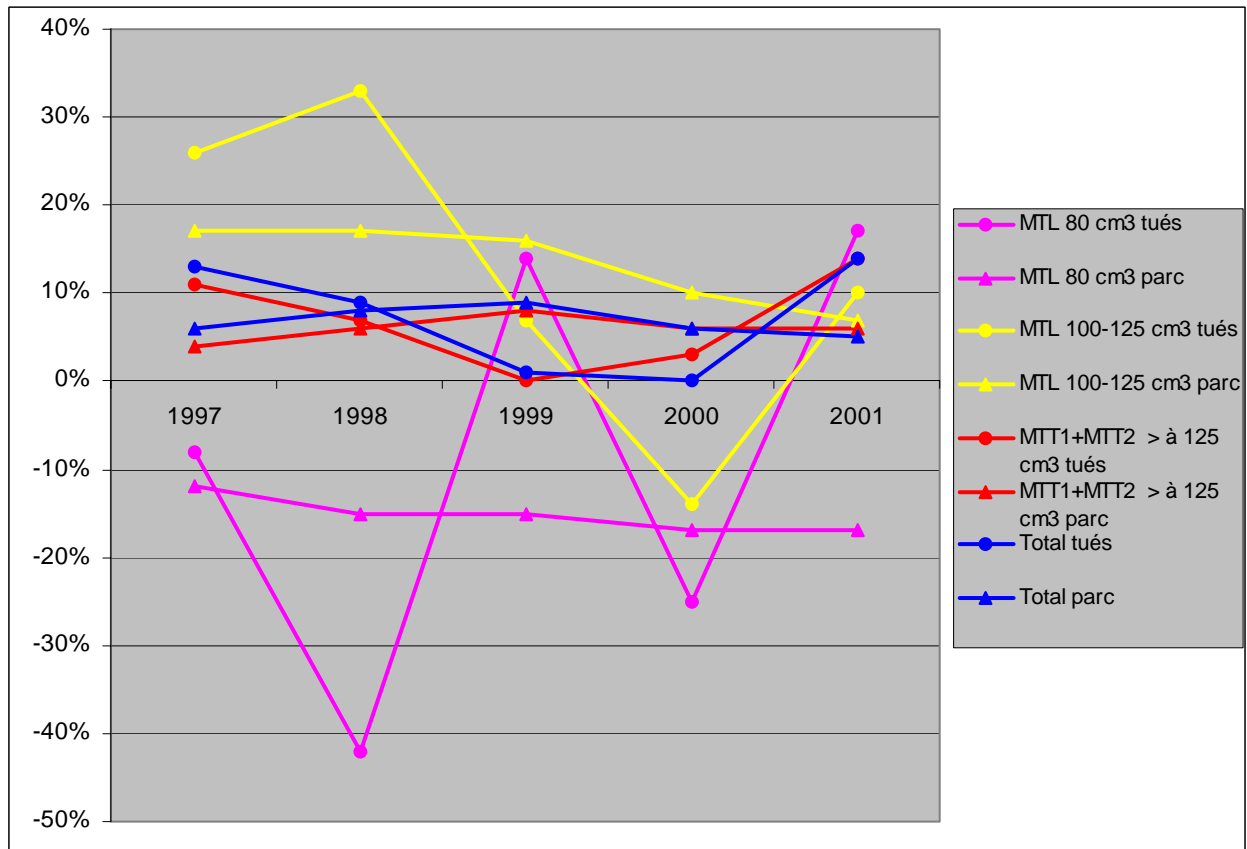


Fig n°2 : Comparaison de l'évolution entre parc et tués en fonction de la catégorie de deux-roues de 1997 à 2001

Pour permettre une comparaison équitable, il était nécessaire de comparer ces données avec l'évolution du parc ;

D'une manière globale, le bilan était plutôt positif jusqu'en 2001 puisque la courbe de l'évolution du nombre de tués était, depuis 1998, en deçà de celle de l'évolution du parc. Si 2001 constituait une rupture dans cette tendance continue à la baisse, il n'est pas risqué de croire que les bons résultats de 2002 en terme d'accidentologie mis en parallèle avec un parc relativement stable, aboutissent à un bilan toutes cylindrées confondues plutôt positif pour 2002.

Si l'on observe séparément les différentes catégories, on constate des résultats hétérogènes ; la catégorie des 80 cm³ semble relativement problématique avec de fréquentes hausses du nombre de tués alors que le nombre de machines constituant le parc ne cesse de décroître.

Les 100-125 cm³ offraient un bilan très positif jusqu'en 2001 : l'évolution du nombre de tués était passé de +33% en 1998 à -14% en 2000 alors que le parc de deux-roues ne cessait de croître. Le résultat offert par les grosses cylindrées était plus mitigé jusqu'en 2001, qui fut, comme pour toutes les autres catégories, une très mauvaise année.

D. Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque⁴

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

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

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

Tableau n°2: Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque chez les cyclomotoristes en rase campagne et en agglomération

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.

⁴ Source : <http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/>

2) Les motocyclistes

Taux de port (en %)	1999	2000	2001	2002	2003
Autoroutes de liaison.	98	96	98	96	98
Autoroutes de dégagement.	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

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

Tableau n°3: Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque
chez les motocyclistes en rase campagne et en agglomération

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. Répartition des blessures en France et en Ile de France en fonction du port du casque.

Les données statistiques utilisées pour réaliser le graphique qui suit proviennent de la base de données du SETRA, réalisée à partir des fichiers BAAC (bulletin d'analyse d'accident corporel de la circulation). Il s'avère que les informations concernant les catégories cyclomoteurs/motocyclettes légères et motocyclettes lourdes sont quasiment similaires, c'est pourquoi elles n'ont pas été séparées.

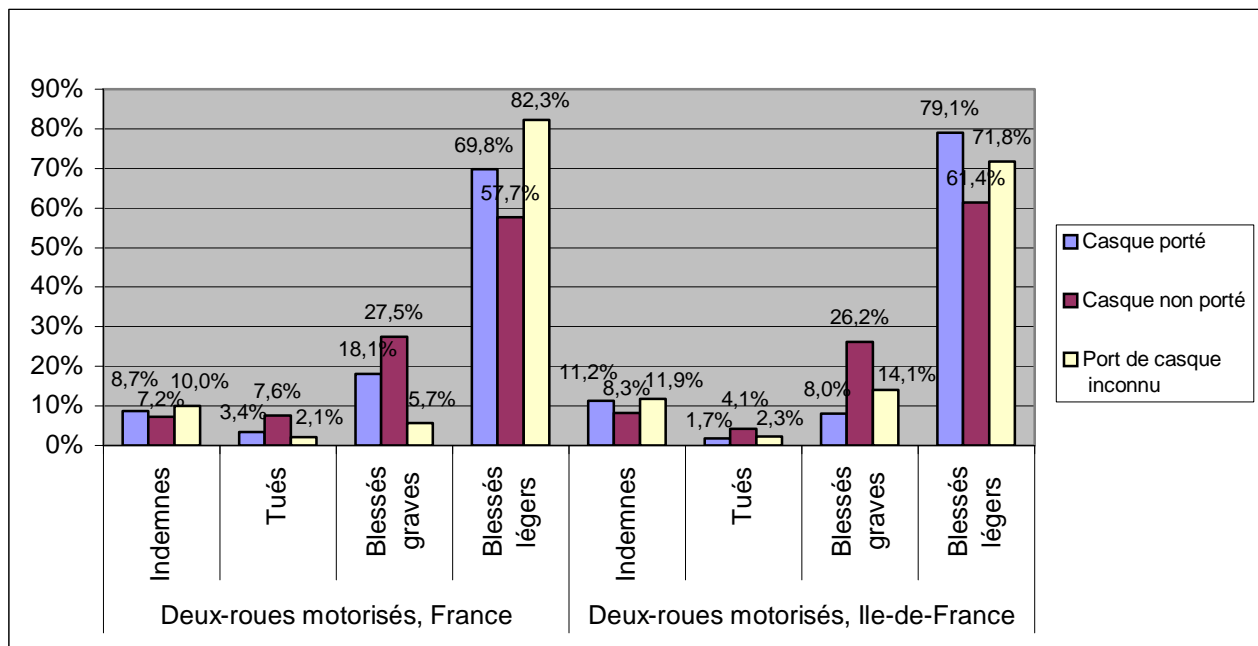


Fig 3 : Répartition des blessures en France et en Ile de France en fonction du port du casque.

La base de données utilisée (macro accidentologique) différencie le port et le non port du casque sans pouvoir aborder son port correct ou non. Les résultats en France, en Ile de France et surtout en Essonne, s'ils sont légèrement différents en terme de valeurs absolues, suivent tous deux la même tendance en faveur du casque. L'Essonne offre des valeurs sensiblement différentes induites par une base de données nettement moins conséquente (523 cas contre 9.959 en Ile-de-France et 37.044 en France).

Comme la logique le voudrait, on constate ainsi une baisse de la gravité significative lorsque le casque est présent : en France, 70,3% d'impliqués indemnes en moins lorsque le casque n'est pas porté (32% en Ile-de-France). Le fait que la part des blessés légers soit inférieure lorsque le casque n'est pas porté n'est pas un résultat positif : les blessés légers « en moins » ne sont pas indemnes mais sont gravement blessés, voir tués. Ainsi, en France, la part des blessés graves est 2,6 fois plus importante chez ceux ne portant pas de casque (et 34% supérieure en Ile-de-France) et la part de tués, sensiblement identique en France mais 35% plus importante en Ile de France.

Ce constat accablant montre bien l'importance de la présence d'un élément de sécurité aussi important que le casque, ce que confirme notre étude micro-accidentologique présente au chapitre VIII.

Les résultats encourageants enregistrés depuis 2002 ne doivent pas faire oublier que l'accidentologie moto reste une problématique importante : le nombre de tués reste globalement très élevé et la probabilité de décès alarmante comparée à celle rencontrée chez les automobilistes.

L'importance du port du casque vient d'être démontrée mais l'intérêt d'un équipement complémentaire ne peut encore être mesuré par le biais des statistiques nationales. Leur échelle macro-accidentologique ne leur permet pas de nous délivrer les informations dont nous aurions besoin et c'est grâce à l'étude des cas cliniques abordés dans le chapitre VI que nous pourrons obtenir des éléments de réponse satisfaisants.

V. Le casque: normes et législation

V. Le casque : normes et législation.

A. Les différentes normes : description, élaboration et critères retenus.

Pour pouvoir circuler en toute légalité dans la plupart des pays d'Europe, le conducteur d'un deux-roues à moteur doit être porteur d'un casque homologué selon la norme européenne (ECE E22.05) .

Cette norme, si elle fait référence en Europe, est loin d'être la seule dans le monde :

Pour les Etats-Unis, les casques vendus doivent obligatoirement répondre aux exigences de la norme DOT FMVSS 218 (« Federal Motor Vehicle Safety Standard 218 » du « Department Of Transportation » des Etats-Unis).

La norme M2000 de la SNELL mémorial foundation n'a pas le statut de norme, n'est nullement obligatoire et constitue surtout un « label » complémentaire de qualité.

Au Canada, plusieurs normes sont acceptées :

- la DOT FMVSS 218
- la M2000 de la SNELL
- la norme CAN3-D230 de l'Association canadienne de normalisation.

Les casques vendus en Angleterre doivent désormais répondre aux exigences de la norme E22.05 mais ceux homologués selon la norme BSI 6658-85 sont encore autorisés. Ceux vendus au Japon doivent répondre quant à eux aux exigences de la norme JIS T 8133.

D'autres normes sont en vigueur ailleurs dans le monde : la norme SAIG en Australie (qui remplace le QAS), la norme IQA au Brésil...

La norme ECE n'émane pas de la Commission européenne de Bruxelles, mais de la Commission Economique européenne, un organe des Nations Unies à Genève.

A ce jour en France, seuls les casques homologués selon la norme E22.05 sont autorisés à la vente.

Les casques répondant aux exigences de l'ancienne norme française (NF S 72.305) et aux précédents amendements de la norme E22 sont encore autorisés à la circulation.

La norme actuelle s'applique aux casques de protection pour usagers de motocycles, vélomoteurs et cyclomoteurs. Le casque étant le seul élément de sécurité obligatoire, cette norme -sous sa forme française- a été, logiquement, la première à fixer des exigences sur l'équipement propre au motard. Elle a pour objet les principales caractéristiques d'aptitude à l'emploi des casques de protection courants pour usagers de motocycles, vélomoteurs et cyclomoteurs ; elle donne dans un premier temps les caractéristiques générales et dimensionnelles à respecter (taille, forme de la calotte, des matériaux internes) mais aussi des informations sur la vision périphérique (limites d'occultation du champ visuel aussi bien horizontal que vertical).

La partie majeure de la norme réside bien sûr dans les préconisations concernant la sécurité du porteur du casque ; ces préconisations portent sur les points suivants :

- ✓ Résistance chimique de la calotte extérieure
- ✓ Essais mécaniques sur le casque :
 - Description des essais et valeurs d'absorption des chocs à différents points du casque (voir figure 4). Cette valeur est déterminée par « la capacité d'absorption des chocs d'après l'enregistrement au cours du temps de l'accélération subie par une fausse tête portant le casque lorsqu'elle tombe en chute libre gardée, à une vitesse d'impact définie, sur une enclume fixe en acier »
 - Essai de rigidité
 - Test d'abrasion des saillies
 - Test de dérapage (accélération rotationnelle)

Les points d'impact des tests sont les suivants :

- B, à l'avant du casque
- X, à droite ou à gauche du casque
- R, à l'arrière du casque
- P, dans la zone d'un rayon de 50mm dont le centre coïncide avec l'intersection entre l'axe vertical central et la face extérieure de la couronne de casque.
- S, dans la zone de protection maxillaire.

En ce qui concerne l'absorption des chocs, lors de chaque essai, le casque est soumis à 4 impacts sur les points B, X, P et R, dans cet ordre.

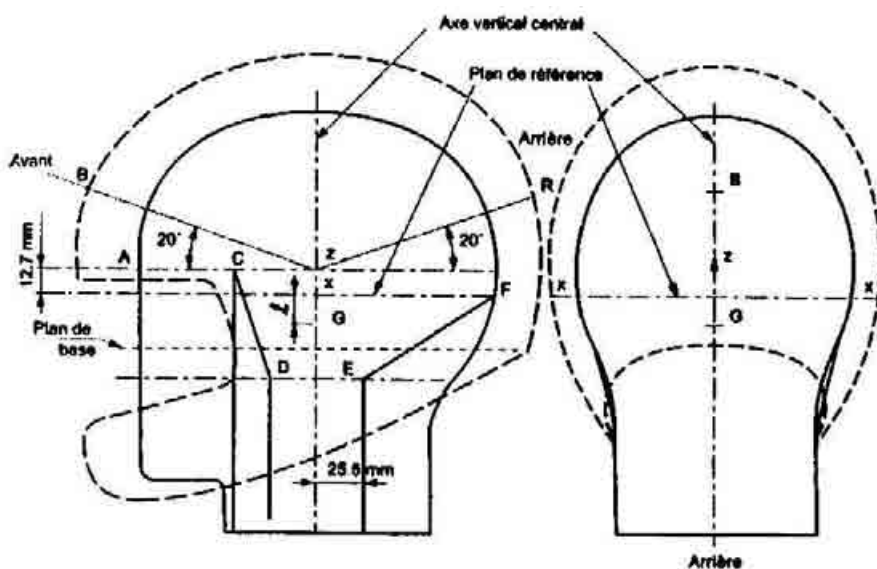


Fig 4 : Identification des points d'impact (norme ECE 22)

- ✓ Essais sur la jugulaire :
 - Essai dynamique du système de rétention
 - Essai de rétention (déchaussement) du casque
 - Essai de glissement et de frottement de la jugulaire

- ✓ Essais sur l'écran :
 - Champ de vision
 - Transmission lumineuse
 - Diffusion de la lumière
 - Reconnaissance des signaux lumineux
 - Transmittance spectrale
 - Réfringence
 - Embuage de l'écran (facultatif)
 - Caractéristiques mécaniques
 - Qualités optiques et résistance aux rayures
 - Vérification de l'angle d'ouverture de l'écran

- ✓ Description des marques d'homologation (visière, casque) et de signalisation (éléments réfléchissants et fluorescents).

La marque d'homologation est de ce type :



Le code (E4) entouré correspond au numéro distinctif du pays qui a accordé l'homologation. (ici, les Pays-Bas, voir le chapitre V.C.2).

Les deux premiers chiffres de ce numéro indiquent que l'homologation a été accordée conformément aux prescriptions du règlement 22-05.

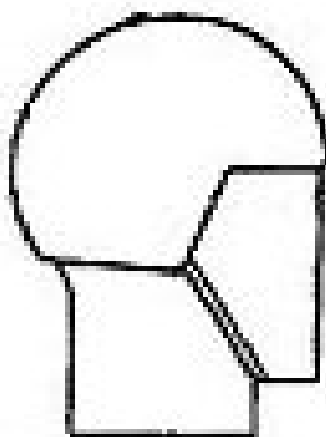
Le numéro suivant (1406) correspond au numéro d'homologation.

Apparue avec le règlement 22-05, une lettre indique ensuite le niveau de protection offert par la mentonnière. Le J (comme ci-contre) concerne les jets ou demi-jets, dépourvus de protection maxillaire. Le P assure d'un seuil minimal de protection de la mâchoire. À l'opposé, NP (protection maxillaire non intégrale) précise que la mentonnière n'a pas répondu au test spécifié. Quant à la dernière série de chiffres, elle désigne le numéro de série de production

B. Améliorations nécessaires à la norme ECE 22-05

Comme nous le verrons dans le chapitre IX, notre étude clinique n'est en désaccord avec la norme que sur un point particulier, celui de la localisation des points d'impact destinés aux tests de choc sur le casque, point sur lequel nous reviendrons au cours de ce chapitre. Aucune autre information fournie par notre base de données n'a permis de déceler d'incohérences et seule notre rencontre avec SHARK a permis de soulever les problèmes liés à la norme telle qu'elle est dans sa forme actuelle.

1) La taille et la forme de la « fausse tête » sont clairement définies. Si la forme globale, le poids et la taille sont cohérents et fidèles au modèle humain, il n'en va pas de même pour le menton, dont la forme est particulièrement saillante et anguleuse ce qui pose problème lors des tests d'impact au niveau de la mentonnière, problème accentué par le matériau employé (métal), particulièrement rigide. Dans sa première pré-version, l'essai de choc au niveau de la mentonnière imposait une vitesse d'impact de 7,5m/s, comme pour les autres points de test. A cette vitesse d'impact, le menton en métal particulièrement saillant de la fausse tête détruisait irrémédiablement le matériau amortisseur placé à l'intérieur de la mentonnière ce qui rendait le casque non homologable. L'ensemble des fabricants de casque ayant dénoncé la même incohérence, le comité normatif a pris la décision d'abaisser la vitesse d'impact en ce point à 5,5m/s. Afin de rendre cette norme la plus proche de la réalité possible, il semble indispensable de rendre plus fidèle cette fausse tête en adoptant une forme de menton plus réaliste et une matière plus proche de la réalité, comme peuvent l'être celles utilisées avec les mannequins servant aux crash-tests. Cela permettra de remonter la vitesse d'impact sur la mentonnière à sa valeur initiale et de rendre les différents tests plus homogènes et certainement plus crédibles.



Forme globale de la « fausse tête » décrite dans la norme ECE 22

2) Comme nous l'avons dit plus haut, notre étude clinique a permis de mettre en avant le fait que l'un des points test d'impact de la norme est situé sur le sommet du crâne (point P selon la norme ECE 22). Or, nous avons pu observer dans notre échantillon que quasiment aucun choc n'était survenu à cet endroit. Selon SHARK, les autres points d'impact (B, X, R et S) sont pertinents et ce point P, même s'il est « statistiquement dispensable », ne nuit en rien, car un impact au sommet du crâne peut malgré tout survenir. A contrario, notre partenaire déplore le fait qu'aucun point d'impact ne soit réalisé « en random », autrement dit défini au hasard au moment du test (tout en respectant une zone limite de protection préalablement déterminée). Cela imposerait à tous les fabricants de rendre leurs casques efficaces dans leur intégralité et non plus seulement en des points particuliers définis au préalable.

3) Enfin, le positionnement du casque sur la tête au moment des chocs est également normalisé. Les préconisations sont là encore peu réalistes, le casque étant incliné trop vers le bas par rapport à la réalité dans la phase de mesure des champs de vision et de taille. Bien que devant être basculé en arrière (de 2cm) pour les tests d'impact, cela reste insuffisant et impose aux fabricants « consciencieux » de travailler pour que le casque passe convenablement l'homologation dans cette position mais également pour que le casque soit efficace lorsqu'il est porté « normalement » par un utilisateur humain.



Différence de positionnement entre un casque posé selon les préconisations de la norme et la réalité (nuque droite pour les deux casques).

C. Rappel sur la législation sur le port de l'équipement.

1) En France.

La législation française concernant le port d'un équipement spécifique à la pratique du deux-roues à moteur se limite exclusivement au port du casque qui s'est imposé progressivement depuis 1973 :

1973

- arrêté du 28 juin portant obligation , à compter du 1^{er} juillet, du port du casque pour tous les usagers de motocyclettes en et hors agglomération et les conducteurs de vélomoteurs, hors agglomération.

1975

- port obligatoire du casque pour les conducteurs et passagers de vélomoteurs en agglomération, à compter du 1^{er} janvier.

1976

- obligation, à compter du 1^{er} octobre, du port du casque, hors agglomération , pour tous les usagers de cyclomoteurs.

1979

- arrêté du 16 octobre portant obligation, à compter du 1^{er} janvier 1980, du port du casque par les usagers de cyclomoteurs.

Cette loi implique donc uniquement le port d'un casque homologué ; obligatoire pour les conducteurs de motocyclettes sur tout le réseau dès 1973, sa portée s'est étendue progressivement à l'ensemble des utilisateurs de deux-roues à moteur et ce, quel que soit le type de routes emprunté.

Deux articles du code de la route régissent cette obligation :

Article L431-1 : Le véhicule à deux roues à moteur dont le conducteur circule sans être coiffé d'un casque ou muni des équipements obligatoires destinés à garantir sa propre sécurité peut être immobilisé. Lorsque le conducteur du véhicule n'a pas justifié de la cessation de l'infraction dans un délai de quarante-huit heures, l'officier de police judiciaire peut transformer l'immobilisation en une mise en fourrière. Les dispositions du présent article sont mises en application dans les conditions prévues par les articles L. 325-2, L. 325-3, L. 325-7 à L. 325-11.

Article R431-1 : (Décret n° 2003-293 du 31 mars 2003 art. 3 IV Journal Officiel du 1er avril 2003) : En circulation, tout conducteur ou passager d'une motocyclette, d'un tricycle à moteur, d'un quadricycle à moteur ou d'un cyclomoteur doit porter un casque de type homologué. Le fait, pour tout conducteur ou passager, de contrevenir aux dispositions du présent article est puni de

l'amende prévue pour les contraventions de la quatrième classe (135 EUR). Conformément à l'article L. 431-1, le véhicule à deux roues à moteur dont le conducteur circule sans être coiffé d'un casque peut être immobilisé dans les conditions prévues aux articles L. 325-1 à L. 325-3. Lorsque cette contravention est commise par le conducteur, elle donne lieu de plein droit à la réduction de trois points du permis de conduire. Les dispositions du présent article ne sont pas applicables aux conducteurs ou passagers portant la ceinture de sécurité lorsque le véhicule a été réceptionné avec ce dispositif.

Pour compléter ces informations, nous ajouterons qu'en cas d'accident, le motard non casqué verra sa responsabilité engagée en matière d'assurance, entraînant une réduction de l'indemnisation pour les blessures. Cette baisse d'indemnisation peut aussi valoir pour un passager non casqué.

2) En Europe.

De nombreux autres pays européens contraignent leurs usagers de deux-roues à moteur à porter des casques ayant subi la même norme d'homologation que la notre.

Sont ainsi tenu de porter un casque homologué, outre la France, les pays suivants⁵ :

- E1 - Allemagne
- E2 - France
- E3 - Italie
- E4 - Pays-Bas
- E5 - Suède
- E6 - Belgique
- E7 - Hongrie
- E8 - Tchécoslovaquie
- E9 - Espagne
- E10 - Yougoslavie
- E12 - Autriche
- E13 - Luxembourg
- E14 - Suisse
- E16 - Norvège
- E17 - Finlande
- E18 - Danemark

Le code précédent le pays correspond au numéro distinctif d'homologation correspond au pays mentionné. C'est ce numéro que l'on retrouve cousu à l'intérieur des casques conformes aux prescriptions du règlement 22-05

Chacun de ces pays impose le port du casque sur route ouverte avec une tolérance plus ou moins importante selon la politique et la « tradition » propre à chaque état.

⁵ source : <http://www.code-route.com/>

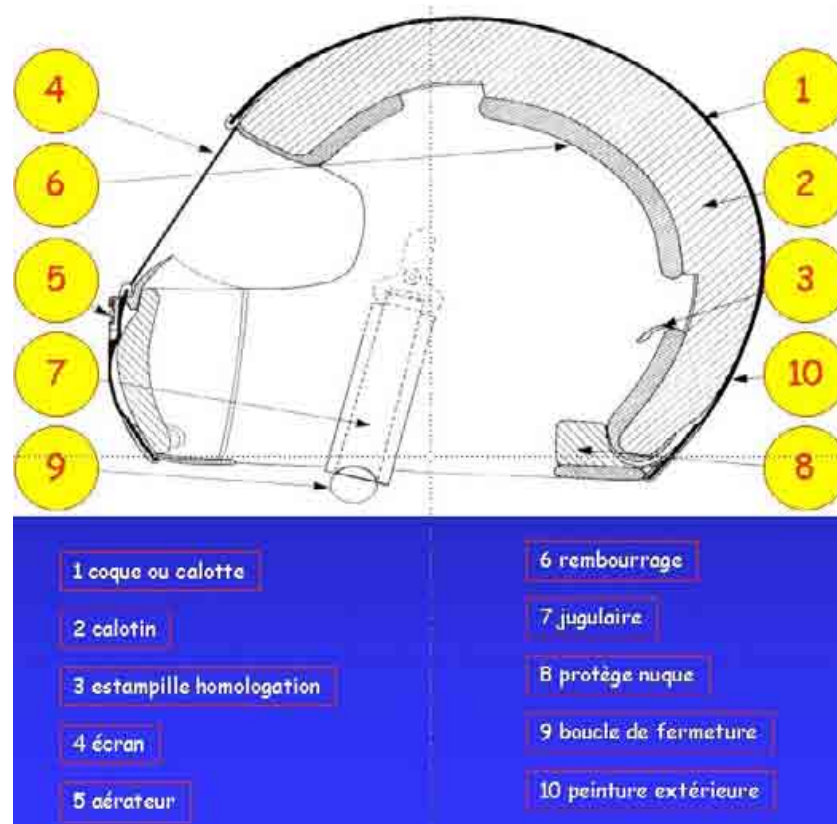
VI. L'ensemble casque-tête :

description et traumatologie

VI. L'ensemble casque-tête : description et traumatologie.

A. Description et rôle du casque motocycliste.

Ce chapitre a pour but de dresser un état des lieux sur les équipements de sécurité actuellement disponibles sur le marché ; cela permettra de mieux comprendre le niveau d'équipement auquel peuvent prétendre les utilisateurs, à quel usage ils sont destinés, à quel catégorie de conducteurs ils s'adressent et enfin, quel type de lésions sont généralement constatés sur le territoire corporel lié. Nous ne prendrons pas en compte l'aspect coût malgré sa part importante dans le choix du motard.



En tout premier lieu, un casque doit protéger les organes vitaux de la tête des conséquences d'un impact. Des fonctions secondaires comme la visibilité, le confort, sont par contre des éléments moins vitaux mais ayant tout de même un poids important au moment de l'achat.

La tâche principale de protection est assurée par une coque extérieure en matériau synthétique ou composite (1), par un calotin intérieur (2) moins rigide en polystyrène, par un écran en matière plastique (4) et une jugulaire (7 et 9) qui doit garder la casque en place dans n'importe quelle circonstance.

Des éléments comme la garniture intérieure (6), la ventilation (5) et les accessoires font davantage partie des exigences secondaires mais revêtent également un aspect sécurité lié au confort de conduite, notamment lors de longs trajets

Au moment du choc, le casque doit remplir une double fonction, la première étant de protéger directement le cuir chevelu et le crâne, c'est-à-dire empêcher les blessures, les fractures du crâne et les commotions cérébrales. Sa seconde tâche est d'absorber un maximum d'énergie d'impact et de répartir le reste afin d'éviter aux éléments internes de la boîte crânienne de subir une trop forte décélération. Cette zone d'absorption d'énergie est formée par le calotin intérieur en polystyrène expansé, la coque extérieure, de par sa résistance mais aussi son élasticité permettant quant à elle la diffusion de l'énergie d'impact sur la surface la plus grande possible.



Ces photos illustrent parfaitement le rôle que doit jouer un casque au moment d'un choc. La coque extérieure a empêché toute pénétration et a « isolé » le crâne des éléments extérieurs ; sa déformation conséquente traduit une importante diffusion de l'énergie du choc,

et, dans une moindre mesure, son absorption. Comme nous pouvons le voir sur la photo, le calotin en polystyrène a pleinement joué son rôle de zone de déformation : son écrasement a absorbé une grande partie de l'énergie de choc et a également permis de ne pas reproduire à l'intérieur la déformation observée sur la coque, préservant ainsi le volume minimum indispensable à la boîte crânienne du conducteur.

A titre informatif, le propriétaire de ce casque a tapé une borne en béton à une vitesse proche de 120 km/h et ses lésions au crâne sont minimales (simple commotion cérébrale). Compte tenu de la vitesse observée, ce genre de cas reste exceptionnel et les casques actuels ne peuvent se vanter d'obtenir à coup sûr de tels résultats. Cependant, le degré d'efficacité et de technicité actuel des casques est tel qu'ils peuvent réaliser, lorsque certaines conditions sont réunies, de tels « miracles ».

✓ Les différents types de casques.

On compte trois grandes catégories de casques : les casques intégraux (couverture totale de la tête), les casques jet (intégral dépourvu de mentonnière) et les casques modulables (dont la mentonnière est mobile et permet d'une simple manipulation de transformer un intégral en jet et inversement).

Les casques intégraux : ils représentent sans aucun doute les casques les plus efficaces en terme de protection tant sur le point de la sécurité, de l'isolation thermique ou phonique.

Ils recouvrent l'intégralité de la tête et la visière, étanche et rigide, offre une protection correcte en cas de choc.

Au sein de cette catégorie, on observe une disparité évidente au niveau des tarifs ce qui se traduit normalement en terme de prestations offertes.

Matériau utilisé : polycarbonate (plus économique) ou fibre composite (plus légère et potentiellement plus résistante)

Garnitures intérieures : Densité et confort des mousses ; garnitures démontables ou non.

Aérations : plus ou moins nombreuses

Visière : qualité de la visière (épaisseur, traitement anti-rayures, anti-buée) et de son système de démontage et d'ouverture. Étanchéité au vent et aux intempéries.

Décoration : unie ou multicolore

Poids du casque : pouvant varier de 1200 à plus de 1600 grammes (la différence est très sensible une fois le casque porté).

Dans l'absolu, plus un casque est cher plus ses qualités techniques et de confort sont bonnes même si ceci n'est pas toujours vérifié, notamment du point de vue de la sécurité : des tests réalisés par l'UTAC⁶ ont prouvé qu'un bon casque en polycarbonate était parfois capable d'offrir une résistance aux chocs supérieure à celle de certains casques en fibre.

Adopté par la plus grande majorité des utilisateurs de deux-roues à moteur, ce type de casque semble indispensable dès qu'il s'agit de rouler vite et longtemps (protection contre les courants d'air ou le bruit) ou dès que le temps est moins clément.

La protection offerte en cas de choc est sans pareil, mais il n'est pas exempt de défauts : poids conséquent, enfilage délicat, aération difficile, embuage de la visière fréquent, port de lunettes délicat et champ de vision réduit sont des points qui peuvent amener les utilisateurs à s'orienter vers les casques « jet ».



Casque Intégral

Les casques jet : les possesseurs de scooters, de petites cylindrées, et plus généralement ceux circulant en ville ou à faible allure sont les premiers utilisateurs de ce type de casque qui privilégient la facilité d'utilisation au détriment de la sécurité. Leur forme particulière ne font pas pour autant d'eux des casques dangereux ; la protection maxillo-faciale est bien entendue quasi inexistante (seule la visière, si le casque en est équipé, assure un semblant de protection), mais le reste du crâne est « normalement » protégé.

Toutes les contraintes induites par le port d'un casque intégral sont ici réduites : poids en baisse (à peine plus de 1000 grammes), enfilage et port de lunettes simplifié, pas de problème d'aération ni de buée sur la visière et champ de vision considérablement élargi.

Dès que la vitesse augmente ou que la température baisse, rouler en jet devient difficilement supportable : les courants d'air et le bruit deviennent conséquents et le visage est directement exposé au froid.

⁶ Union Technique de l'Automobile, du motorcycle et du Cycle.

Différents modèles de casque jet existent :

-« L'ancêtre », appelé casque « bol ». Ce type de casque qui ne passe plus aucune norme d'homologation, tend à disparaître.



« Bol »



Casque jet sans écran

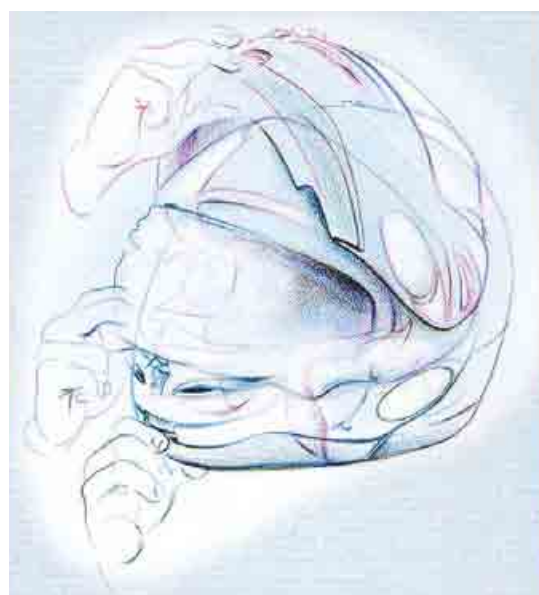


Casque jet avec écran

Les casques modulables (ou modulaires) : Ce type de casque a été conçu pour combiner les avantages du jet et de l'intégral grâce à une protection maxillaire pivotante.

Tout n'est pas si simple puisque s'il reprend les qualités essentielles du jet, il n'arrive pas à égaler celle de l'intégral en terme de protection (bruits d'air parfois conséquents et mécanismes pivotants plus fragiles en cas de choc) avec, de plus, un poids encore plus élevé que pour un intégral classique.

Deux ouvertures sont possibles : une d'avant en arrière (la majeure partie des modulables) et une sur les côtés.



Casque modulable (ouverture d'avant en arrière)



Casque modulable (ouverture sur les côtés)

Prix de l'équipement : Jet, aux alentours de 120€, intégral de 150€ (polycarbonate de bonne qualité) à 800€ (haut de gamme en fibres) et cross de 100 à 350€.

Les casques cross

Bien que ces casques se destinent théoriquement à un usage loisir ou compétition en dehors du réseau routier, il n'est pas rare de constater que certains conducteurs utilisent ce type de casque sur route ouverte (un impliqué de notre base de données portait ainsi un casque de ce type).

La particularité de ce casque réside dans sa partie maxillaire nettement plus saillante qu'un casque intégral traditionnel ceci afin d'éviter tout problème de buée mais surtout pour éviter que le menton ne cogne la partie maxillaire en cas de choc, particulièrement fréquents en cross.

Ces casques ne sont pas équipés de visières (les conducteurs doivent porter des lunettes spécifiques, proches de celles des skieurs) et une visière presque horizontale est placée sur le casque afin de minimiser les projections de boue.



Jet avec partie maxillaire additionnelle



Casque intégral

✓ Les innovations récentes.

Un deuxième feu stop disposé sur le casque a été mis au point depuis quelques années ; un prototype a été présenté avec le feu intégré au casque mais seul un système additionnel se collant sur n'importe quel casque a été commercialisé⁷.



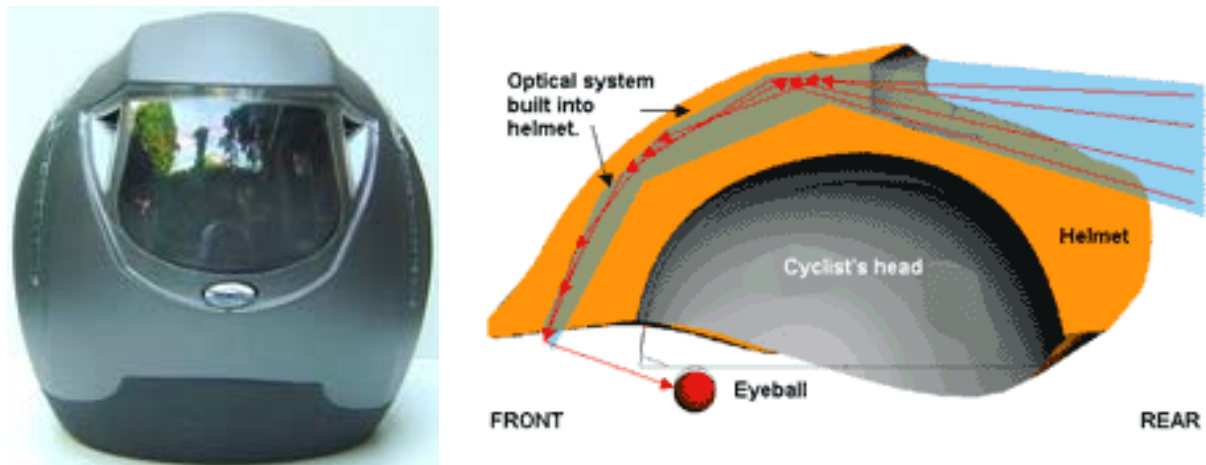
Sans deuxième feu stop



Avec deuxième feu stop

⁷ Source photographique : <http://www.lerepairedesmotards.com>

Le casque avec rétroviseur intégré⁸ a été présenté pour la première fois au mondial du deux-roues de Paris 2003.



Ce casque, particulièrement innovant dans un domaine où les avancées technologiques sont plutôt rares, n'a pour le moment pas été « copié » par d'autres fabricants.

⁸ Source photographique : <http://www.motoservices.com>, <http://www.kinetics-online.co.uk> et <http://www.reevu.com>

B. Elaboration d'un casque motocycliste

Ce paragraphe a pour rôle non pas de décrire en profondeur tout le processus de conception d'un casque mais plutôt d'exposer succinctement les différentes étapes de création et de mieux juger, notamment, des contraintes imposées par les normes d'homologation.



Première étape : à partir d'une coque nue déjà existante, le technicien sculpte avec de l'argile le futur casque selon des critères esthétiques définis préalablement sur papier. A ce stade, l'expérience du technicien va permettre d'obtenir un modèle de forme et de dimension déjà adapté aux contraintes « techniques » et « normatives » qui seront rencontrées aux étapes ultérieures de la conception .

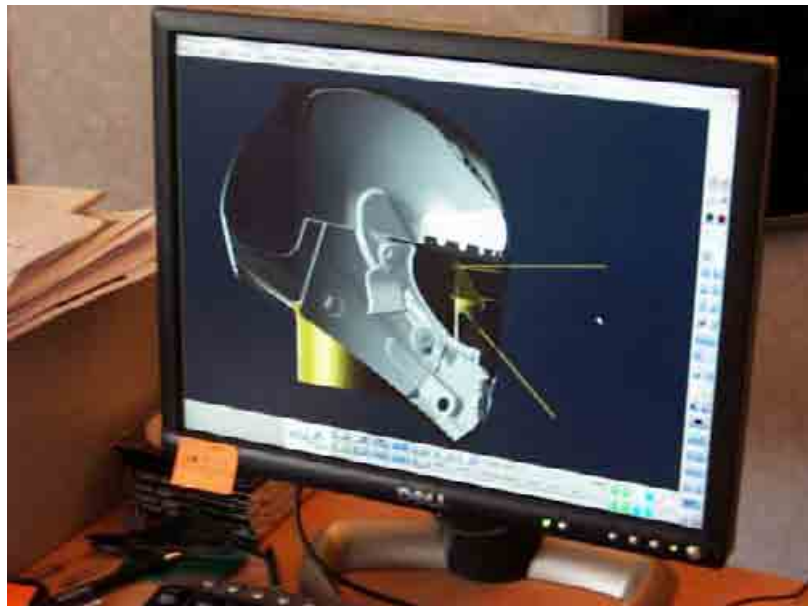


Une fois achevée, cette coque (ou mousse) recouverte d'argile sculpté, appelée « clé », servira de « base de choix ». Cette base sera, à l'étape suivante, transformée en maquette en dur ; c'est cette maquette qui sera introduite dans un scanner en trois dimensions chargé de transformer ce casque en un modèle numérique en 3D composé de nuages de points.



C'est cette « première image » constituée de nuages de points, imparfaite et incomplète qui va servir de base à l'élaboration du modèle numérique définitif par la réalisation des surfaces précises.

Ce travail consistera à rendre cette base plus avancée (symétrie, état des surfaces) et enfin, plus complète (intégration des éléments techniques : aérations, mécanismes...).



Le retour d'expérience des fabricants leur permet dès ce stade de dimensionner correctement les différents éléments constitutifs du casque pour que ce modèle numérique réponde déjà aux principales exigences en terme de résistance au choc, de confort, d'ergonomie...

C'est à partir de ce modèle numérique définitif que seront fabriqués les premiers casque de pré-série destinés à valider les choix techniques retenus lors des phases préalables de conception.

C'est à cette étape que les premiers tests sont réalisés afin de savoir si le casque pourra répondre ou non aux préconisations de la norme.

Pour ce faire, les équipementiers disposent de tous les appareils nécessaires pour reproduire les tests normatifs à l'identique et ce afin de valider l'efficacité d'un nouveau casque, améliorer la qualité de leurs produits et vérifier la conformité des différents modèles tout au long de leur production.



Le puit de chute : le casque est positionné de telle sorte qu'un point préalablement défini vienne frapper l'enclume située à la base du puit à la vitesse de 7,5m/s (soit 27 km/h)





Localisation des différents points d'impacts sur le casque

Dès que le modèle de pré-série est apte à réussir l'intégralité des tests d'homologation et qu'il répond aux critères supplémentaires que s'impose chaque fabricant (absorption d'énergie plus importante, points d'impact différents...), il peut être validé par les tests de conformité de la production. Ces tests une fois réussis, la phase de production définitive peut alors commencer.

C. Traumatologie de la tête⁹

En cas de non port du casque, toutes les lésions à la tête sont envisageables et leur gravité est la plupart du temps très élevée. Le port correct d'un casque, s'il réduit considérablement les liaisons induites par des petits chocs et les glissades, manque encore d'efficacité contre les gros chocs.

Au cours d'un accident, la tête, casquée ou non, peut subir trois formes de traumatismes :

1) Traumatisme crânien

Le traumatisme crânien violent expose à la fracture du crâne, à l'atteinte des organes intracrâniens et à l'hémorragie intracérébrale ou extracérébrale.

La perte de connaissance initiale (PCI), est un signe fréquent, parfois isolé. C'est une période d'inconscience transitoire, durant quelques secondes à plusieurs minutes. Au réveil, le blessé ne se souvient plus des circonstances du traumatisme; cette amnésie est parfois le seul témoin de la perte de connaissance. Il est impossible de faire le point sur les lésions internes sans examens médicaux spécialisés (comme le scanner).

⁹ Source : <http://www.sosface.com/>] et [48]

Certains signes attestent de la gravité du traumatisme:

- coma d'emblée (il n'y a pas de reprise de conscience)
- modifications pupillaires, en particulier asymétrie (une pupille est plus dilatée que l'autre)
- convulsions, paralysie, troubles de la conscience, du comportement (agitation, obnubilation)
- répercussions circulatoires ou ventilatoires
- importance des lésions externes: plaies du « scalp », hématome, embarrure (enfoncement localisé du crâne)
- hémorragie extériorisée (par le nez, l'oreille), souvent associée à une fracture
- perte de connaissance secondaire...

Toute suspicion de PCI chez un traumatisé crânien impose son hospitalisation pour surveillance ; un traumatisme cervical est presque toujours associé au traumatisme crânien.

2) Traumatisme du rachis

Le traumatisme du rachis met en péril la moelle épinière. Celle-ci est le siège de centres nerveux et une zone charnière entre les nerfs périphériques et l'encéphale. Elle peut être atteinte d'emblée ou, du fait d'une fracture instable, à l'occasion d'un changement de position. L'atteinte se manifeste par la paralysie et l'insensibilité de tous les « étages » inférieurs à la lésion: paralysie des membres inférieurs (paraplégie), des muscles abdomino-pelviens en cas de lésion de la moelle épinière au niveau du rachis dorsal, paralysie complète du tronc et des quatre membres (tétraplégie) en cas de lésion cervicale.

En l'absence de signes d'atteinte nerveuse, il faut se méfier de toute douleur, déformation de l'axe vertébral, ou sensation anormale au niveau des extrémités. ..

3) Traumatismes maxillofaciaux

Une des difficultés de la prise en charge des traumatismes maxillofaciaux est la diversité des lésions. De nombreuses classifications des fractures maxillofaciales et/ou mandibulaires ont été proposées, sans aboutir à un véritable consensus. En pratique, les traumatismes maxillofaciaux se présentent sous deux formes différentes ; il s'agit soit de formes simples, isolées, soit de formes complexes, multilésionnelles, volontiers associées à des lésions extrafaciales.

Formes simples et isolées de lésions

Par ordre de fréquence, il s'agit des fractures simples de la pyramide nasale, des fractures de la mandibule et des fractures de l'orbite. Elles correspondent aux deux tiers de la traumatologie maxillofaciale. De diagnostic clinique et radiologique assez simple, le traitement chirurgical de ces lésions n'est, sauf rare exception, jamais une urgence immédiate.

Fractures des os propres du nez :

Les structures atteintes sont l'auvent nasal et/ou la cloison ostéo-cartilagineuse.

Le diagnostic de ces fractures est le plus souvent clinique : choc sur la pyramide nasale, douleur vive, épistaxis, déformation nasale, déviation de la cloison nasale. Il existe trois formes plus graves des fractures des os propres du nez : la fracture ouverte, l'épistaxis abondante et l'hématome de cloison.. Enfin, la survenue d'un hématome de la cloison nasale est une urgence thérapeutique car il peut créer une nécrose aseptique de la cloison.

Fracture de la mandibule :

La mandibule est le seul os mobile de la face. Elle constitue à elle seule le massif facial inférieur et n'est reliée aux autres os du crâne que par les articulations temporo-mandibulaires (ATM). Elle contient le pédicule nerveux contenant le nerf dentaire inférieur qui donne la sensibilité des dents de la mandibule ainsi que de la lèvre inférieure. Les fractures du condyle sont toujours liées à un traumatisme indirect, par exemple, une chute sur le menton.

Fractures de l'orbite

Les fractures de l'orbite les plus fréquentes sont celles du malaire et du plancher orbitaire.

Formes complexes de lésions

Moins fréquentes que les fractures simples et isolées, les lésions complexes de la face sont de gestion plus délicate pour plusieurs raisons : le choc initial a été très violent ; le risque de lésions extrafaciales est important ; l'inventaire clinique des lésions est difficile, nécessitant une exploration minutieuse; la réparation chirurgicale est souvent de longue durée.

Les lésions de formes complexes les plus fréquentes sont les disjonctions craniofaciales, les fractures du complexe naso-ethmoïdal, de l'étage antérieur de la base du crâne, les lésions associées extrafaciales ou encore les traumatismes balistiques de la face

D. Améliorations à apporter

En observant simplement la traumatologie généralement rencontrée et en ayant une connaissance précise des équipements actuellement disponibles sur le marché et de leurs défauts, il est déjà possible d'envisager des améliorations d'ordre générale ou portant sur un point particulier.

Améliorer les casques jet semble difficile car leurs défauts sont plus le fruit de leur concept particulier que d'une mauvaise réalisation. Seul un travail sur la forme du casque et de sa visière pourrait réduire les bruits et « courants d'air » parasites, mais protéger efficacement la face du conducteur sans partie maxillaire semble utopique.

A ce jour, les coques externes présentent des résultats satisfaisants en terme de dispersion d'énergie et de résistance; a contrario, un travail sur l'absorption d'énergie (et donc sur la calotte interne) semble primordiale, mais la taille réduite de la zone d'absorption constitue pour le moment une contrainte difficilement surmontable. Une augmentation de cette zone de déformation de seulement quelques millimètres apporterait des résultats considérables mais les contraintes de poids, de volume (et donc de prise au vent) que cela entraînerait n'est à ce jour pas acceptable. De plus, outre pour les raisons de poids et de volume déjà évoquées, les utilisateurs ne semblent pas encore prêt à accepter esthétiquement de porter un casque « hypertrophié ».

Le travail actuel des équipementiers porte donc sur le matériau constitutif du calotin interne. Si le polystyrène peut sembler être un matériau obsolète, il reste pourtant celui présentant le meilleur ratio poids/absorption d'énergie, quelles que soient les conditions. En effet, d'autres matériaux aussi légers existent mais sont moins efficaces dans certaines conditions (températures très basses ou très élevées); certains gels absorbent plus efficacement l'énergie d'un choc mais ont un poids rédhibitoire (densité proche de 1,3 contre 0,1 pour le polystyrène).

Si le matériau a donc finalement peu évolué au cours des dernières années, il n'en va pas de même pour sa forme qui est aujourd'hui travaillée de manière à optimiser au maximum les capacités d'absorption du polystyrène dans un volume toujours aussi réduit.



Enfin, un travail sur le poids reste également une priorité tant son incidence est grande sur le confort d'utilisation mais surtout sur les effets secondaires au moment d'un choc (effort transmis à la nuque notamment).

Un travail plus en profondeur serait bien sûr nécessaire, et c'est dans cette optique que le projet PROTEUS (PROtection de la TÊte des USagers vulnérables) est né (voir chapitre VII.B).

E. Bien choisir et porter son casque

Afin de remplir pleinement son rôle (voir chapitre VI .A), un casque se doit d'être à la bonne taille et correctement maintenu en position. Comme nous le verrons ultérieurement (cf VIII.B) cette réflexion, apparemment évidente, est loin d'être comprise de tous et c'est dans cette optique que nous avons cru nécessaire d'insister sur ce point.

Au moment de l'achat, l'utilisateur aura tendance à acheter un casque prodiguant un confort correct ; malheureusement, les mousses internes du casques auront vite tendance à se tasser, le casque ne pouvant plus, en cas de choc, jouer correctement son rôle « d'absorbeur » d'énergie.

A plus long terme, le tassement de ces mousses rendra le casque tout aussi obsolète alors qu'il était adapté lors des premières années d'utilisation. Plus que les raisons généralement invoquées (la prétendue perte d'efficacité de la coque d'un casque de 5 ans) c'est surtout ce critère qui motivera le remplacement d'un casque par un neuf.

Pour contrôler l'ajustement correct du casque, il est généralement préconisé de tenter d'insérer ses pouces entre son front et la doublure du casque : un casque à la bonne taille ne doit pas permettre cette opération.

L'ajustement de la jugulaire est également primordial : cette dernière devra être serrée au maximum sans pour autant provoquer une gêne physique ou respiratoire pour l'utilisateur.

Ces remarques, particulièrement basiques devaient être évoquées tant leur incidence sur l'efficacité d'un casque est importante et qu'elles sont trop peu respectées et/ou connues.

VII. Etat de l'art

VII. Etat de l'art

Si les études générales relatives aux deux-roues motorisés et à l'accidentologie qui leur est propre sont relativement rares, il en va tout autrement pour le casque qui est, de loin, le sujet propre au deux-roues le plus étudié.

Nous avons pu discerner deux types d'études : les études cherchant à mieux cerner le mode de fonctionnement du casque, son efficacité et la traumatologie liée à la tête et les études relatives à la modélisation casque-tête.

Il est à noter que la majorité des études recensées proviennent des Etats-Unis, notamment en ce qui concerne les conséquences de lois imposant ou non le port du casque. L'Europe, plus « stable » en terme de législation sur le port du casque, pouvait difficilement apporter les réponses propres à ce sujet.

A. Le casque : efficacité et incidence sur la traumatologie

1 Le casque, équipement indispensable.

Les lésions à la tête sont très communes mais également très graves chez les motocyclistes. Le casque est actuellement la seule protection existante contre ces blessures : de nombreuses études ont conclu qu'ils permettaient de réduire la gravité des lésions et la probabilité de décès ainsi que les coûts médicaux inhérents aux accidents.

Ainsi, il est souvent fait état que les blessures cérébrales sont significativement surreprésentées chez les impliqués non casqués [65] et que les casques ont un potentiel de protection évident pour toutes les lésions possibles à la tête.

Walker [77] précise que le cerveau fait partie des zones de la tête que le casque permet de protéger le plus efficacement avec un taux d'efficacité évalué à 67% pour cette zone particulière.

Certaines études ont permis de mesurer l'efficacité du port du casque ; ainsi, Johnson [41] a pu constater que les accidentés non casqués subissaient trois fois plus de fractures faciales que ceux portant un casque ; Orsay, [59] et Kelly [43], d'une manière plus globale, constatent respectivement que 30% et 24% de leurs patients casqués souffraient de blessures au crâne contre 51% et 42% chez leurs patients non casqués.

Pour Rutledge, [64] le port du casque permettrait de réduire de moitié les blessures à la tête et selon Shankar[69] 40% des conducteurs ne portant pas de casque ont eu des lésions à la tête contre 21% pour les conducteurs casqués.

En terme de gravité, plusieurs études [59] [43] ont mis en évidence le fait que les patients non casqués étaient significativement plus exposés à des lésions de type AIS 3+ et AIS 5+ que ceux portant un casque.

En terme de mortalité, la présence ou non d'un casque semble déterminante : au sein de leur échantillon, certains chercheurs tel Kelly [43] ont pu constater qu'au sein de leur échantillon 96% des impliqués décédés ne portaient pas de casque ou encore que les accidentés avaient 3,4 fois plus de chance de mourir sans casque qu'avec [15]. Cette valeur est confirmée par McSwain [51], qui constate que le taux de mortalité est 3,9 fois supérieur chez les conducteurs non casqués.

Une autre façon de percevoir l'incidence du port du casque consiste à analyser une zone géographique dont la législation concernant le port du casque a changé au cours de la période d'observation. Ainsi, une étude du National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [56] a mis en avant le fait que l'abrogation de la loi californienne sur l'obligation du port du casque a impliqué une augmentation en quatre ans de 61% du nombre de motards tués alors que le nombre d'utilisateurs n'augmentait que de 15% sur la même période.

A contrario, lorsque cette loi a été instaurée, le nombre de motocyclistes blessés au cerveau a chuté de 53% la première année et les frais d'hospitalisation inhérents ont chuté de 35%.[72]. Au niveau de la mortalité, l'instauration de cette même loi a permis une réduction de 38% du nombre de morts [11] [45] soit une économie de soins médicaux estimée à 35% [57].

La différence de coût entre un accidenté casqué et non casqué a été estimée dans d'autres études : ainsi, aux Etats-Unis, les frais moyens d'hospitalisation pour un accidenté non casqué sont inférieurs à ceux d'un accidenté casqué (avec une différence maximale de l'ordre de 8% en cas de lésion au cerveau) [77].

Cependant, cette observation va à l'encontre de la majorité des observations : ainsi, Shankar [69] et McSwain [51] ont tout deux estimé que les soins coûtaient trois fois plus cher pour les conducteurs non casqués ;Offner [58] quant à lui a observé des valeurs moins extrêmes mais toujours significatives : ainsi, ses patients casqués ont nécessité des soins coûtant 40% moins cher que ceux des personnes non casquées.

La Californie n'est pas le seul état des USA à avoir connu ces modifications vis-à-vis des lois relatives au port du casque : depuis 1975, 26 états ont supprimé, réinstauré ou modifié leurs lois relatives au port du casque. McSwain [51] a observé leur impact et a pu constater que les taux de port du casque sont passés de 99 à 50% pour remonter à 95% une fois que la loi a été réinstaurée. Une baisse de la mortalité de 62% a été observée suite à cette mesure chez les conducteurs de deux-roues motorisés. Les conducteurs casqués impliqués dans cette étude sont restés en moyenne hospitalisés 5,8 jours contre 11,8 jours pour les conducteurs non casqués. La durée moyenne d'hospitalisation chute en général de 37% lorsque une loi sur le port du casque entre en vigueur et les séjours à l'hôpital d'une durée supérieure à 20 jours baissent de 80%.

L'instauration d'une loi obligeant le port du casque a bien sûr une incidence sur la gravité ; ainsi, Muellman [55] qui a également travaillé sur ces 26 états a pu observer une baisse de 22% des blessures sévères (AIS 3+) et a retrouvé des lésions graves chez 5% des accidentés casqués contre 14% chez ceux ne portant pas de casque.

Fleming [31] qui s'est attaché à n'observer que le Texas, a pu constater que le nombre de décès liés à une blessure à la tête a baissé de 57% et le nombre de blessures à la tête a baissé de 53% (et 55% pour les blessures graves).

Ces données nord américaines en faveur du port du casque sont en accord avec les observations faites par Ferrando [30] sur l'instauration d'une loi obligeant le port du casque dans une « grande aire urbaine européenne ». La mortalité des deux-roues motorisés a ainsi baissé de 25% et le nombre de morts avec des blessures graves a la tête est passé de 76% à 67%.

Dans un registre différent, Wells [79] s'est attaché à observer l'intérêt du casque vis-à-vis de la visibilité du conducteur pour les autres usagers. Pour ce faire, une équipe d'épidémiologistes néozélandais a observé 463 motards impliqués dans un accident ayant nécessité leur hospitalisation ou ayant entraîné leur décès, dans la région d'Auckland entre 1993 et 1996. Les 1233 témoins ont été recrutés durant la même période et dans la même zone géographique au cours de contrôles routiers. Les cas et les témoins ont subi le même interrogatoire sur les divers éléments concourant à leur visibilité. Les résultats ont été ajustés en fonction des autres facteurs de risque connus d'accident (âge, sexe, revenu, niveau d'éducation, date du permis de conduire, consommation d'alcool, expérience de la conduite moto, limitation de vitesse, luminosité ambiante, conditions climatiques...).

Après ces ajustements, il s'est avéré que le port d'un casque blanc induisait une diminution de la morbidité de 24% par rapport au port d'un casque noir (nota : risque diminué de 37% par le port de vêtements réfléchissants ou fluorescents et de 27% en allumant ses lumières le jour ; en revanche les couleurs des vêtements du conducteur ou de la moto n'étaient pas associées à une sur ou à une sous morbidité).

Un calcul complexe a de plus permis aux auteurs d'estimer que, si ces différentes associations sont bien causales et indépendantes (ce qui est loin d'être certain) la part du port d'un casque sombre dans les accidents impliquant des motards serait de 11% (33 % pour le port de vêtements non réfléchissants ou fluorescents et 7% pour le non allumage de feux durant la journée).

Ces résultats doivent bien sûr être examinés avec circonspection en raison de la méthodologie « cas-témoins » utilisée. Malgré les divers ajustements on ne peut éliminer des biais de remémoration chez les victimes d'un accident et surtout il semble impossible d'exclure des facteurs de confusion entre par exemple le port d'un casque noir ou de combinaison non fluorescente et certains comportement routiers à risque.

Malgré ces réserves, ces constatations vont dans le sens de mesures en faveur du port de casque blanc ou clair (ainsi que de combinaisons réfléchissantes ou fluorescentes et de conduite de jour feux de croisement allumés).

2 Le casque, élément de protection aux effets secondaires parfois dangereux.

Certains auteurs dénoncent pourtant les effets pervers occasionnés par le port du casque en cas d'accident. Ainsi, Barron, dans son article de 1996 intitulé « motorcycle helmets are not safe !¹⁰» s'attache à démontrer que les casques de moto sont conçus pour passer une norme d'essai particulière qui ne reflète guère les besoins engendrés par un accident survenu sur route.

Ainsi, pour étayer ses propos, Barron s'appuie sur la norme FMVSS-218 (cf chapitre sjksidhis) ; aucune vitesse d'essai de cette norme ne dépasse les 13,66Miles/h, soit 22Km/h.

Barron estime que cette vitesse ne reflète pas fidèlement la réalité du terrain, ce que confirme notre échantillon : 20% des accidentés de MAIDS et RIDER ont eu un accident à une vitesse inférieure ou égale à 22Km/h, 21% à une vitesse comprise entre 22 et 30 Km/h (une vitesse encore « proche » de la valeur maxi de la norme) et surtout 59% d'accidents survenus à une vitesse supérieure à 30 Km/h.

Ensuite, il rappelle que la norme ne tient pas compte des efforts que le casque transmet au cou des conducteurs accidentés en cas de choc tout comme les effets de la jugulaire sur le cou. Pourtant, Sarkar [65] a mis en avant le fait que le port du casque n'avait pas d'influence sur l'occurrence des lésions au cou.

En insistant sur le fait que ces normes ne pouvaient réellement homologuer des casques préservant efficacement des lésions, il s'est attaché à calculer l'épaisseur que devrait avoir un casque capable de permettre, en cas de choc, des décélérations cérébrales tolérables par l'organisme.

Vitesse d'impact (en Km/h)	Epaisseur du casque (en Cm)
6,4	2,5
16,1	4,6
24,1	10,2
32,2	16,5
48,3	38,1
64,4	73,7

Tableau n°4 : Epaisseur théorique d'un casque « efficace » en fonction de la vitesse

Comme nous pouvons le voir sur ce tableau, le volume théorique nécessaire pour absorber l'énergie d'un choc induit des épaisseurs de casque problématiques dès que la vitesse d'impact se rapproche des 20 Km/h. Si un casque de 10 cm d'épaisseur pourrait encore être acceptable en terme d'encombrement, son poids serait déjà rédhibitoire en terme de confort et surtout d'effort transmis au cou. Au-delà de cette vitesse, les valeurs d'épaisseur nécessaires deviennent totalement aberrantes avec notamment une épaisseur de casque de 73,7cm (soit un casque d'un diamètre supérieur à 1m50) indispensable pour absorber l'énergie d'un choc survenant à 65 Km/h.

¹⁰ « Les casques moto ne sont pas sûrs ! »



Fig n°5 : taille théorique d'un casque capable d'absorber l'énergie d'un choc survenant à 64,4 km/h¹¹ (pilote mesurant 175cm)

Goldstein [32] a travaillé sur le casque et ses effets sur la sévérité et la mortalité des accidentés.

Il résulte de son travail que le port du casque n'a aucun effet statistiquement significatif sur la probabilité de décès contrairement à la vitesse ou au taux d'alcool dans le sang. (nota :Goldstein affirme qu'en moyenne, on constate que la probabilité de décès augmente de 2.1% à 11.3% quand le niveau d'alcool du sang du conducteur augmente de 0.0 à 0.1 et de 7.1% à 36.3% quand la vitesse augmente de 40 à 60 miles/heure). Si le port du casque n'a pas d'influence sur la probabilité de décès, il n'en demeure pas moins que les casques ont un effet statistiquement significatif sur la réduction de la sévérité des lésions occasionnées. Cependant, passé une certaine vitesse d'impact au casque (approximativement 13 Miles/H), il a été observé que le port du casque avait un effet statistiquement significatif sur l'augmentation de la sévérité des lésions au cou.

¹¹ selon Barron»

L'étude remettant l'intérêt du port du casque la plus marquante concerne sans doute celle de Cooter [26]. Cette étude a été menée en Australie afin de déterminer l'influence du port de lunettes ou de dentiers au cours d'un choc à la tête chez les motocyclistes portant un casque (nota : il ressort que le port de lunettes pouvait être la cause de ruptures naso-ethmoïdale et le port d'un dentier pouvait être à l'origine de ruptures maxillaires).

Cette étude nous intéresse au plus haut point car, selon ses auteurs, elle a permis par ailleurs de mettre en avant de nouveaux éléments d'analyse sur l'efficacité des casques. En effet, l'échantillon observé a permis de faire ressortir que les motocyclistes hospitalisés portant un casque de type « jet » avaient subi des fractures faciales sérieuses mais des lésions au cerveau minimales. En revanche, les conducteurs portant un casque intégral et ayant reçu un impact cranio-facial antérieur (au niveau de la partie maxillaire du casque) ont subi une fracture mortelle de la base du crâne sans pour autant connaître de traumatisme faciale significatif. Cette étude a semé le doute là où le bon sens et certains chercheurs [74] affirmaient que le casque intégral ne présentait que des avantages.

Les os de la face, grâce à leur architecture labyrinthique, subissent généralement un effondrement en cas de choc, ce qui permet d'absorber une quantité d'énergie conséquente et de réduire ainsi les dommages au cerveau. Ce concept, mis en avant par Lee [47] est fréquemment confirmé par des observations cliniques sur des patients ayant subi de graves fractures faciales mais des lésions cérébrales minimales, ce que confirme cette étude de Cooter. Le potentiel amortissant d'une rupture faciale a été enregistré pour la première fois par Le Fort en 1901 [48] puis confirmé dans les années 40 par Cairns [18] qui a travaillé sur le bilan lésionnel du crâne chez les motocyclistes casqués.

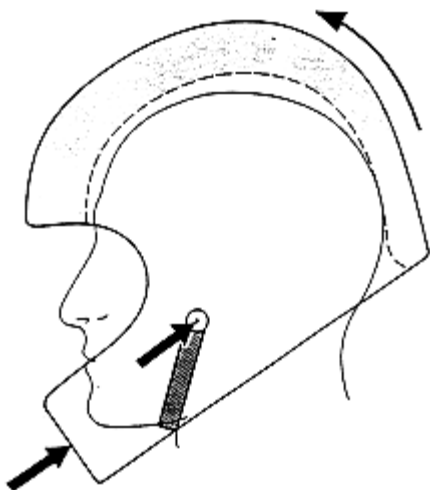
En admettant que les fractures de la face peuvent réellement jouer un rôle protecteur pour le cerveau en absorbant l'énergie d'impact, il est intéressant de noter que les fabricants de casque de moto cherchent à concevoir des casques intégraux destinés à préserver le plus possible la face de l'accidenté. Ces casques intégraux sont apparus dans les années 70, et à cette époque, les constructeurs ont hésité à concevoir des protections maxillaires rigides ou flexibles ; au final, c'est la première solution qui a été retenue et des efforts ont été faits pour rigidifier au maximum cette protection et préserver ainsi la face des conducteurs en cas de choc.

Ces casques intégraux offrent pour beaucoup la meilleure protection possible du crâne et ils sont portés par une énorme majorité de motocyclistes. Pourtant, de nombreuses études [61][23][37][14] [44] relatent la présence de fractures de la base du crâne inexplicables chez les motocyclistes portant un casque intégral.

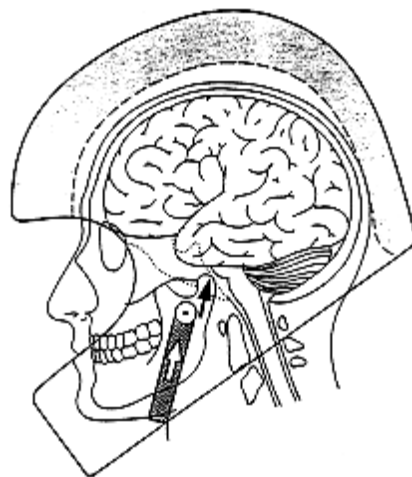
L'échantillon de l'étude de Cooter a indiqué, comme nous l'avons dit plus haut, une différence statistiquement significative concernant deux groupes d'impliqués : ceux ayant subi des fractures faciales importantes mais une faible part de fractures crâniennes et ceux, mortellement touchés par des fractures crâniennes et ne déplorant pas ou peu de lésions faciales.

Si l'absorption d'énergie induite par une fracture faciale permet d'expliquer le mécanisme lésionnel de la première catégorie, il restait cependant à développer des hypothèses sur le deuxième groupe.

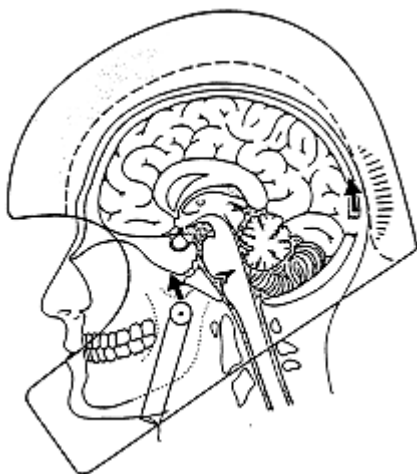
La théorie évoquée par les chercheurs consiste à penser que le choc subi par la partie maxillaire du casque intégral peut être transmis par le rami mandibulaire et les condyles mandibulaires à la base de crâne, impliquant des fractures de la fosse crânienne moyenne, l'intégrité de la face étant préservée.



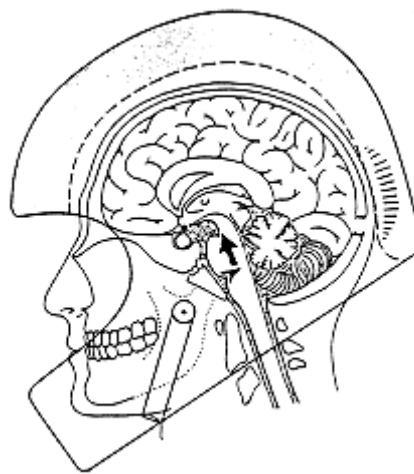
Un choc au niveau de la partie maxillaire du casque peut être transmis à la jugulaire puis aux condyles mandibulaires.



L'effort transmis à la base du crâne par les condyles mandibulaires est à l'origine de la fracture de la fosse crânienne moyenne.



La fracture de la fosse crânienne moyenne traverse le sphénoïde dans la région du synchondrosis sphéno-occipital



La disjonction ascendante des berges de la fracture entraîne une scission longitudinale du tronc cérébral.

En conclusion, cette étude recommande que la partie maxillaire des casques intégraux perde un peu de rigidité afin d'offrir un bon compromis entre protection de la face et absorption d'énergie. Depuis sa publication en 1990, cette étude a été l'objet de controverses, certains auteurs mettant en doute les théories annoncées en incriminant, notamment, un protocole expérimental peu rigoureux à leurs yeux. Cependant, cette étude n'a jamais pu être totalement invalidée et un certain doute persiste toujours quant au fait que l'efficacité d'un casque intégral serait toujours supérieure à celle d'un casque jet.

B. Modélisation casque tête.

Au plan international, les efforts récents se sont orientés d'abord vers la mise au point de modèles éléments finis de la tête, qui pêchent encore par une simulation imparfaite des matériaux en présence et plus généralement par un manque de validation. L'estimation des niveaux de tolérance de la matière cérébrale se fait par le biais du modèle animal in vivo ou en simulant numériquement des impacts subis par des sujets humains en situation d'accident au moyen des modèles éléments finis de la tête.

Malgré des modèles numériques de la tête de plus en plus évolués, les normes feront longtemps encore appel à des tests expérimentaux. Dans le but de rendre les têtes de mannequin plus bio fidèles, des études sont en cours à travers l'Europe pour tenter de mettre au point des prototypes de tête de mannequin de nouvelle génération. On dénombre ainsi une dizaine de modèles de tête définis par la méthode des éléments finis. L'analyse de ces modèles montre que de nombreuses hypothèses simplificatrices ont été émises lors de leur mise en œuvre et de leur validation. Elles concernent notamment la description géométrique de la structure anatomique de la tête et le comportement rhéologique des tissus représentés. Afin d'accroître la représentativité, de nombreuses études ont été entreprises aussi bien aux USA (General Motors, Wayne State University, National Highway and Traffic Safety Agency) qu'en Europe (Univ. d'Eindhoven, de Berlin, de Valenciennes et de Strasbourg). L'estimation des niveaux de tolérance de la matière cérébrale se fait par le biais du modèle animal in vivo depuis 1995 aux USA (General Motors, Univ. of Pennsylvania) et en Australie (Univ. Adélaïde), mais aussi en Europe depuis 1997 (Univ. Clermont Ferrand) et très prochainement à Chalmers Univ, à Göteborg (Suède). Ces deux derniers projets étant menés en collaboration avec Strasbourg. Une deuxième voie possible pour l'évaluation des limites de tolérance consiste à simuler numériquement des impacts subis par des sujets humains au moyen des modèles éléments finis de la tête. Trois approches sont ici possibles selon le centre d'intérêt : La reconstruction numérique de tests in vitro sur cadavre (Univ. Heidelberg), d'impulsions administrées à des volontaires (collaboration LAB et ULP-Strasbourg) ou d'accidents réels (collaboration Hanovre-Londres-Strasbourg et maintenant CEESAR, LAB, LAMIH (Valenciennes)-ULP(Strasbourg) regroupés au sein du projet **PROTEUS** (PROtection de la TEte des Usagers vulnérables).

L'objectif de ce projet est de mettre au point un outil numérique de prédiction des lésions crâno-encéphaliques nécessaire à l'évaluation et l'élaboration des systèmes de protection de la tête en cas de choc. L'approche repose sur la mise au point d'un modèle éléments finis de la tête humaine en se référant largement à l'existant et en s'efforçant d'améliorer la validité de ces modèles. Après s'être assuré des capacités du modèle à simuler de façon réaliste la réponse dynamique de la tête soumise à un choc mais aussi à reproduire les principaux mécanismes qui conduisent aux lésions, ce modèle sera utilisé pour la reconstruction d'accidents réels particulièrement bien documentés dans le cadre de ce projet afin de mettre en regard les lésions observées avec les paramètres mécaniques calculés avec le modèle. Trois types d'accidents impliquant des usagers vulnérables seront pris en considération à ce niveau, le piéton, le motocycliste et le conducteur de véhicule automobile en situation de choc latéral. Cette étape conduira à proposer de nouveaux critères de lésions crâno-cérébrales spécifiques à un mécanisme donné. Il en découlera de nouvelles recommandations pour l'élaboration d'un prototype de tête de mannequin original.

Le nouvel outil de simulation de traumatisme crânien sera ensuite évalué comparativement à l'existant dans des configurations de choc piéton et passager automobile sous impact latéral. L'intégration du modèle de la tête dans un modèle de casque de motocycliste permettra l'optimisation de ces systèmes de protection.

Les différents partenaires du projet PROTEUS possèdent déjà une expérience conséquente et une importante expertise dans le domaine de la mécanique des chocs appliquée à la tête :

Le LAMIH de l'Université de Valenciennes en collaboration avec l'INRETS (LBMC et LBA) a entrepris depuis 1995 un programme de recherche visant à la prédiction des risques lésionnels de la tête à partir d'expérimentations et de simulations numériques. Cette équipe a proposé une démarche originale qui consiste à considérer comme substitut de l'être humain, l'accidenté lui-même. Un modèle éléments finis de tête a été transféré de la Wayne State l'Université et amélioré en termes de propriétés mécaniques de la matière osseuse. La reconstruction d'un cas complet d'accident de la circulation a permis de formuler un parallèle entre la genèse des contusions intracérébrales et les contraintes impulsionnelles de von Mises. L'évaluation du modèle de tête et la reconstruction d'autres cas complets d'accidents permettront de confirmer ce parallèle. Le LAMIH dispose de moyens expérimentaux performants pour la caractérisation matérielle et la réalisation d'essais sur structures sous sollicitation dynamique.

De son côté, l'ULP-Strasbourg a développé depuis 1992 un programme de recherche sur la biomécanique des traumatismes crâniens. Cette équipe a proposé un modèle éléments finis de la tête humaine, parmi les plus performants disponibles à ce jour. Elle a également proposé un nouveau prototype de tête de mannequin qui est encore en cours d'évolution. Ces substituts de la tête humaine ont servi à simuler une centaine d'accidents réels en collaboration avec diverses institutions françaises et européennes dans le but de contribuer à une meilleure connaissance des limites de tolérance de la tête humaine au choc. Des premières propositions de limites de tolérances spécifiques à des mécanismes de lésions donnés ont été faites mais doivent être consolidées par un plus grand nombre d'accidents bien documentés et impliquant des mécanismes de lésions variés. Ces aspects de reconstruction d'accident ont tout naturellement amené l'ULP à également intégrer les systèmes de protection dans leurs modèles. A ce niveau une première approche de la modélisation du pare-brise et du casque de motocycliste est d'ailleurs disponible.

Les applications de la biomécanique des chocs appliquée à la tête ont été étendues au segment cervical en 2000 afin d'assurer des conditions aux limites réalistes de la tête. L'ouverture vers le système tête-cou de l'enfant est assurée dans le cadre du projet européen CHILD depuis 2002. Enfin, à coté de la sécurité des transports, l'équipe Biomécanique de l'ULP travaille en collaboration avec la DGA sur des problèmes de protection balistique et de perte de connaissance en vol sous hyper gravité.

La biomécanique est une branche essentielle des activités du CEESAR qui travaille continuellement sur le comportement et la tolérance de l'être humain, sur les mannequins de chocs, la modélisation mathématique et la simulation ainsi que sur la protection des occupants), Le **LAB (Renault-PSA)** est spécialisé dans le domaine de la biomécanique des chocs et au transfert des résultats dans le domaine de la protection de l'occupant des véhicules automobiles. Depuis plus de dix ans le LAB s'intéresse au segment céphalique en contribuant à la validation de modèles numériques sur la base d'essais in vitro mais aussi en suggérant des expériences originales pour mieux comprendre les mécanismes de lésions crânio-cérébraux.

Ainsi, l'intérêt du port du casque semble définitivement acquis en dépit d'un nombre limité d'études le remettant en cause vis-à-vis notamment des lésions secondaires qu'il pourrait causer. Les efforts ont surtout porté sur l'estimation du gain offert par le casque et portent désormais sur la modélisation casque-tête. Certains domaines n'ont pas encore été étudiés en profondeur ; l'étude clinique qui suit permettra, en outre, de soulever de nouveaux problèmes et interrogations, sources de nouveaux thèmes de recherches pour de potentielles études à venir.

VIII. Blessures et équipements:

Etude clinique

VIII. Blessures et équipements : Etude 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 (l'Allemagne, l'Espagne, la Hollande, la France et l'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.

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, l'ajout des 94 premiers cas exploitables issus de RIDER permet de rendre la base de données un peu plus représentative et de répondre plus efficacement à certaines questions restées sans suite avec la seule base MAIDS.

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 n°5 : Echelle de sévérité du codage AIS

B. Taux d'équipement selon les caractéristiques du motard et de sa machine.

Au cours du projet MAIDS, une enquête d'exposition a été réalisée sur le même territoire que les études accidentologiques.

Cette enquête a eu pour objectif une meilleure connaissance des déplacements des motards, de leurs habitudes, du type de machine possédée ainsi que de l'expérience et de l'équipement des pilotes/passagers et cela au travers d'un groupe témoin des usagers de deux roues motorisés sélectionné au hasard sur le territoire (l'Essonne). Ce groupe devait être équivalent au nombre de cas d'accidents traités, c'est à dire 150. Suivant les recommandations de l'ACEM et de l'OCDE l'enquête d'exposition devait être réalisée à partir d'interviews, à des heures et des jours tirés au hasard.

L'organisation la plus simple à mettre en place a été de réaliser ces entretiens dans des stations services qui sont le lieu de passage obligé des motards (cyclomotoristes et motocyclistes) pour le ravitaillement de leur machine. Lors de l'arrêt d'un motard, nous en profitons pour lui poser nos questions si ce dernier acceptait de participer à notre enquête.

Ces 150 cas ont été incorporés aux 150 cas accidentologiques en ce qui concerne cette partie sur le taux d'équipement. Les chapitres suivants, relatif au bilan lésionnel n'ont bien sûr pas pu utiliser cette autre base de données.

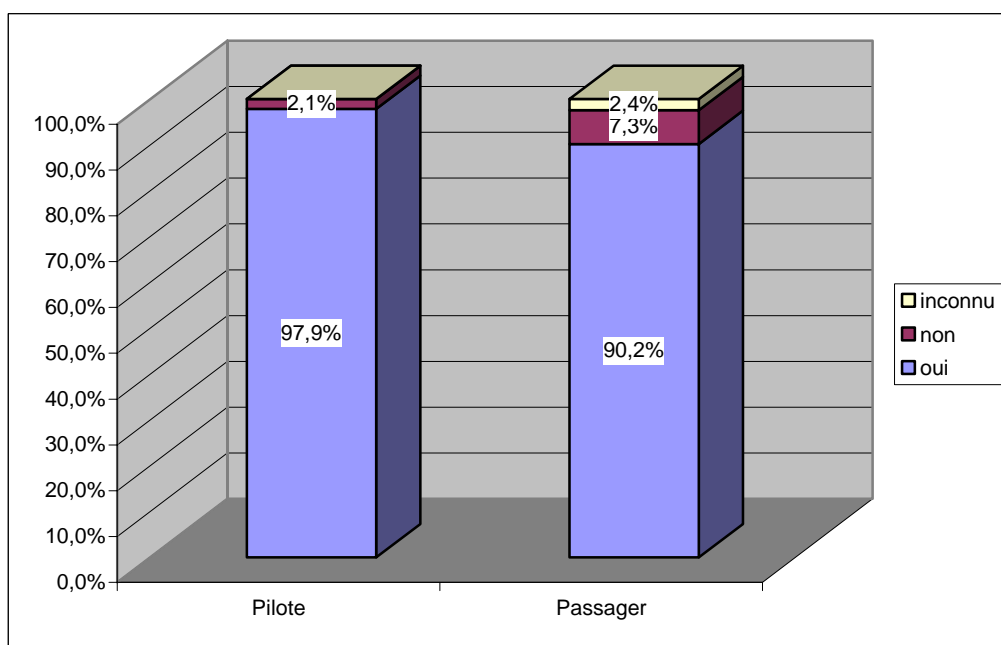


Fig n°6 : Taux de port du casque.

En accord avec les statistiques nationales, on constate que notre échantillon présente un taux de port du casque très élevé (de 96,2% pour les pilotes et passagers).

En détaillant un peu plus ces données, on constate immédiatement une différence flagrante entre conducteurs et passagers : 97,9% des conducteurs portent un casque contre 90,2% des passagers.

Bien que certaines personnes ne mettent délibérément pas de casque par choix, on peut supposer que cette différence provient du fait que le passager est fréquemment occasionnel ou imprévu et que la possession ou la présence d'un deuxième casque au moment du trajet n'est pas toujours possible.

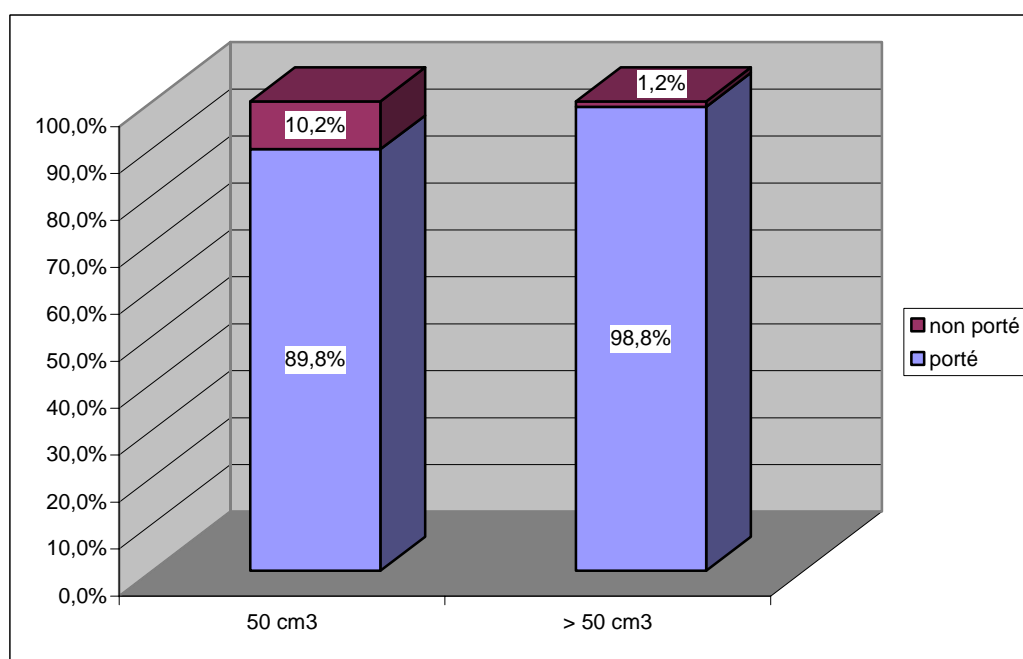


Fig 7 : Port du casque selon la cylindrée, pilote et passager.

Là encore se dessine une nette rupture entre ces deux catégories d'usagers : bien que très élevé, le taux de 98,8% de port de casque pour les plus de 50cm³ n'a rien de surprenant à contrario des 89,8% de port pour les 50cm³ (conducteurs et passagers). Les jeunes étant les principaux possesseurs de 50cm³, on peut donc penser que ce sont eux qui influent le plus sur ces chiffres.

Les passagers de 50cm³ sont pour la moitié d'entre eux non casqués ; cette valeur particulièrement alarmante montre qu'un travail de sensibilisation à la sécurité doit être fait, principalement auprès des jeunes, car ce sont également eux qui sont le plus susceptibles de se retrouver passagers d'un 50cm³.

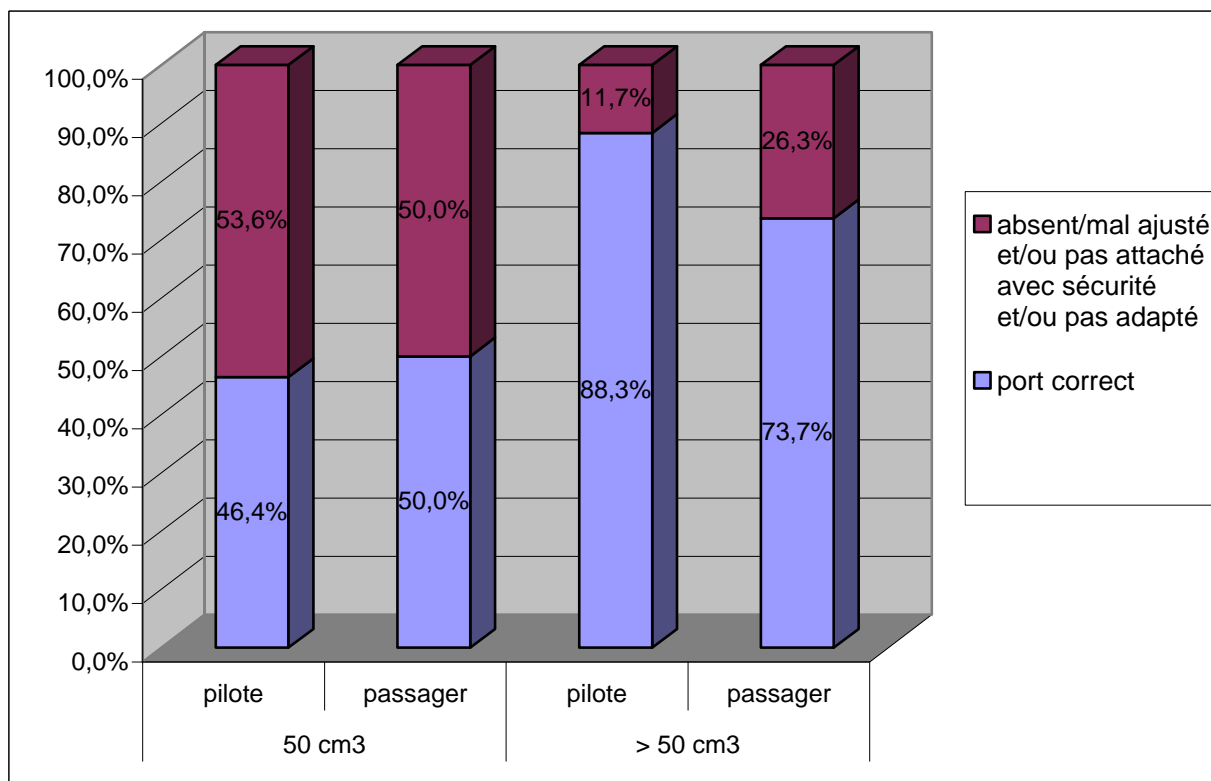


Fig 8 : Port correct du casque selon la cylindrée, pilote et passager.

Le constat est encore plus alarmant lorsque l'on essaye de savoir si le casque, en plus d'être porté, l'était correctement.

Par définition, on considère qu'un casque est correctement porté s'il est homologué (norme européenne ou française, voir chapitre V), à la bonne taille et correctement attaché. Le taux pour les conducteurs de machines de plus de 50cm³, bien qu'en baisse, reste relativement élevé : le conducteur d'un deux-roues possède généralement son propre casque qu'il a choisi en fonction de sa propre morphologie. Pour les passagers des véhicules de plus de 50cm³, ce taux de casques correctement portés reste globalement élevé (87,5%) mais inférieur à celui des conducteurs ; ainsi, si le passager est souvent équipé, sa présence généralement « occasionnelle » fait qu'il utilise souvent un casque prêté ou hors d'usage et donc, inadapté.

Le bilan devient réellement inquiétant lorsque l'on observe les utilisateurs de 50cm³. Pourtant porté par près de 85% de nos conducteurs de 50cm³ accidentés, le casque est porté correctement moins d'une fois sur deux. Ce chiffre éloquent montre à quel point les utilisateurs de cyclomoteurs sont mal informés ou peu concernés par leur propre sécurité et qu'un travail de sensibilisation semble nécessaire, notamment chez les jeunes.

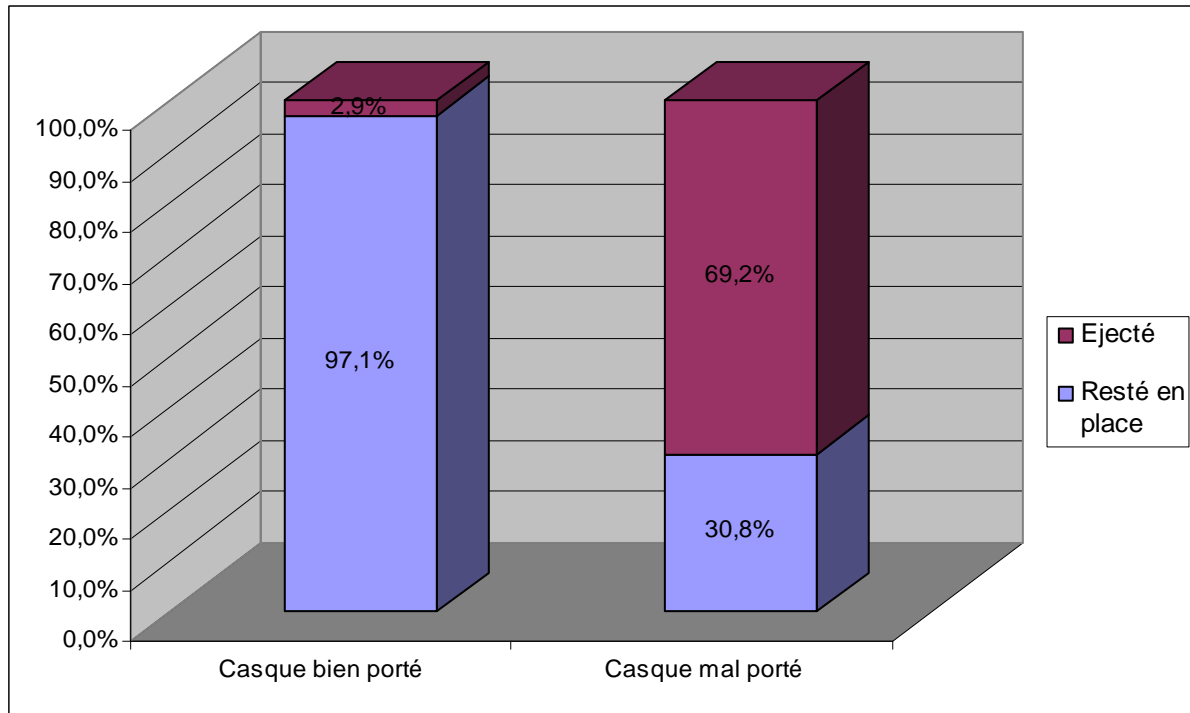


Fig 9 : Ejection du casque et port correct

Par casque bien porté, on entend casque à la bonne taille, ajusté et correctement sanglé. Le constat est plutôt rassurant pour les conducteurs soucieux de leur sécurité : seuls 2,9% de nos impliqués correctement casqués ont vu leur casque éjecté, alors que près de 70% des casques mal portés ont été éjectés. Pris à l'envers, le problème, s'il est statistiquement faible, réside dans le fait qu'un casque, même à la bonne taille et correctement porté, a toujours la possibilité d'être éjecté.

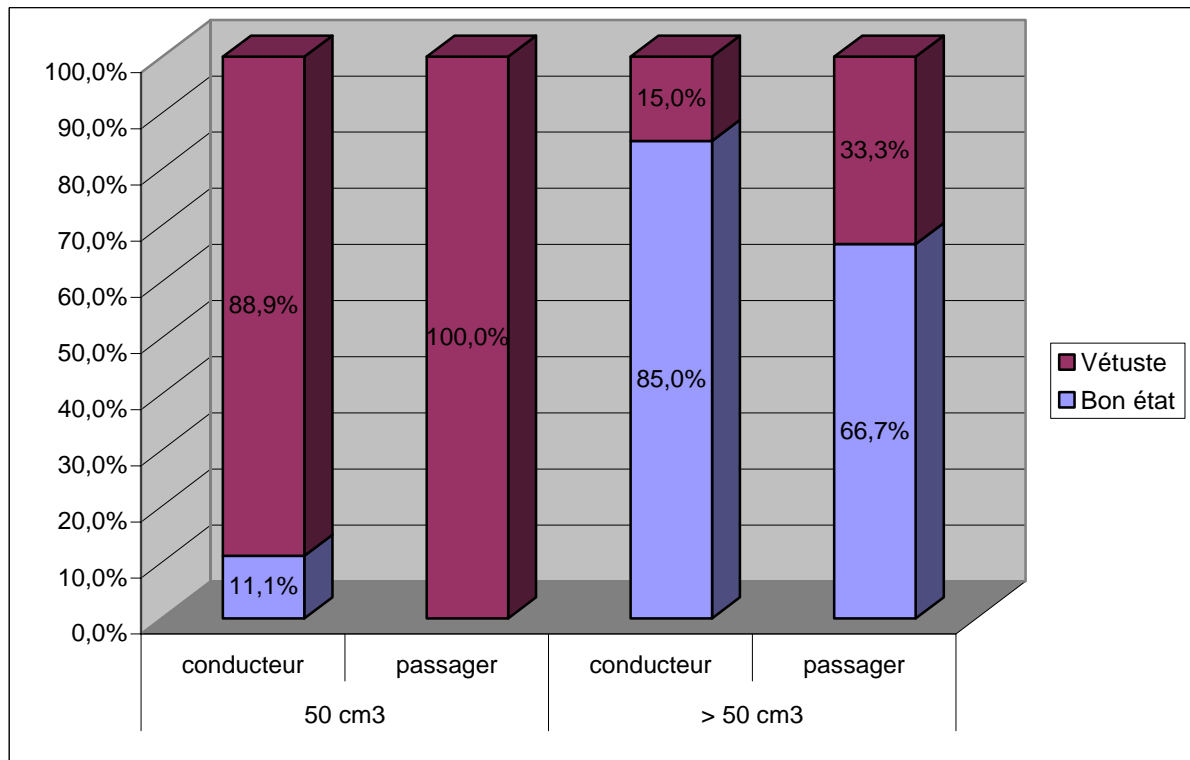


Fig 10: Vétusté du casque selon la cylindrée, pilote et passager¹²

Si le taux de port correct du casque était déjà préoccupant, surtout pour les 50 cm³, le constat devient réellement catastrophique lorsque l'on observe l'état du casque.

Ainsi, 89% des conducteurs de 50 cm³ et 100% de leurs passagers portaient au moment de l'accident un casque dont la jugulaire pouvait être effilochée voir usée et/ou les mousses internes ou la coque pouvaient être détériorées.

Certes, certains casques classés « vétustes » seront potentiellement capables d'offrir une protection acceptable dans bon nombre de situation : une jugulaire en mauvais état ne rompra qu'en cas de choc violent et un casque à la mousse tassée offrira toujours des qualités protectrices « convenable » en cas de choc léger.

En cas de choc violent, la jugulaire risque cependant de rompre (et le casque de s'éjecter) et le casque ne pourra absorber convenablement l'énergie du choc, ce qui, au vu des résultats, est particulièrement inquiétant.

Le constat est moins inquiétant pour les grosses cylindrées bien que le taux de casques vétustes pour les passagers reste relativement élevé (un tiers).

On constate une répartition globalement similaire à celle des taux de port, avec ici des valeurs plus extrêmes.

Le casque est quasiment le seul équipement de sécurité accepté par les conducteurs de grosses cylindrées [2] : ils le portent presque toujours et sont attentifs à son état.

¹² Base de données RIDER uniquement

Les conducteurs de 50cm³ sont dans notre échantillon -et en règle générale- plus jeunes que les autres conducteurs. Ils sont moins conscients de l'importance d'un casque, porté correctement et qui plus est en bon état. Par ailleurs, leurs moyens financiers, incontestablement réduits les contraignent à être moins regardants sur l'état de leur casque, à accepter parfois de rouler avec un casque ayant déjà servi et de repousser l'échéance d'un nécessaire renouvellement.

Concernant les passagers, la différence avec les conducteurs est sensible pour toutes les cylindrées ; elle tient sans doute au fait qu'il est financièrement difficile d'investir une somme importante dans un casque neuf pour un passager dont la présence est généralement très occasionnelle. Ainsi, bon nombre des passagers peuvent être amenés à circuler avec un vieux casque, remisé car vétuste, prêté pour l'occasion.

Ainsi, il apparaît clairement que pour être efficaces, le casque se doit d'être porté et bien porté. Ce constat élémentaire n'est pourtant pas dénué d'intérêt tant les résultats sur le port correct du casque et sur sa vétusté sont inquiétants, surtout si l'on observe les passagers ou les utilisateurs de 50cm³.

Il apparaît nécessaire d'informer et de sensibiliser les conducteurs, notamment les plus jeunes, aux risques qu'ils encourent à rouler sans se protéger réellement. Insister sur l'importance et le rôle cet équipement dès la formation en moto-école mais aussi du côté de l'assureur pourrait constituer un premier pas intéressant vers une meilleure information.

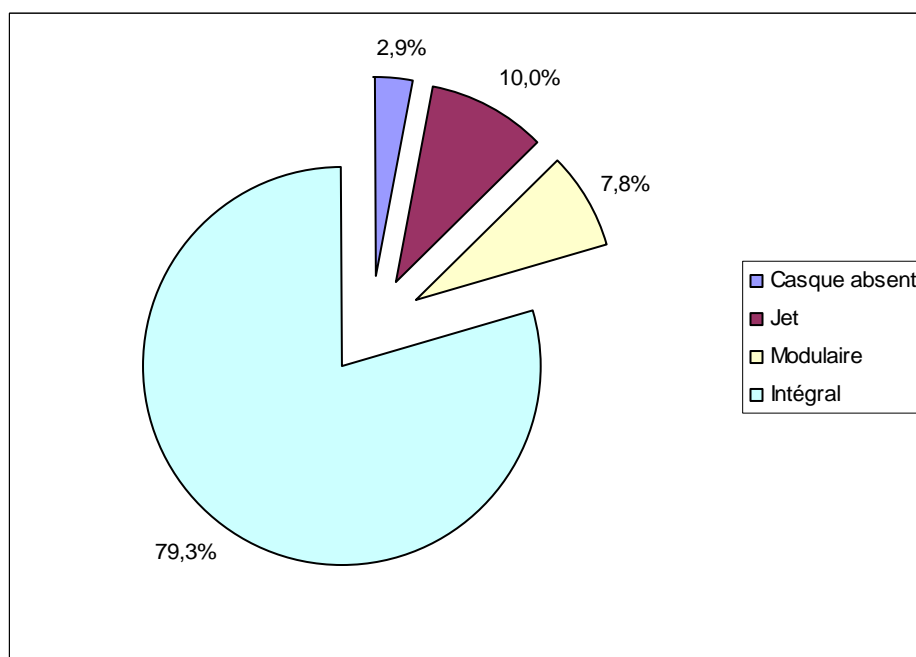


Fig 11: Type de casque porté

Le casque intégral est de loin le plus porté avec près de 4 utilisateurs sur 5 l'ayant choisi. Le casque Jet n'est porté que par 10% des utilisateurs et le casque modulaire par moins de 8%.

2,9% de notre échantillon ne portait pas de casque, ce qui est totalement en accord avec les statistiques nationales.

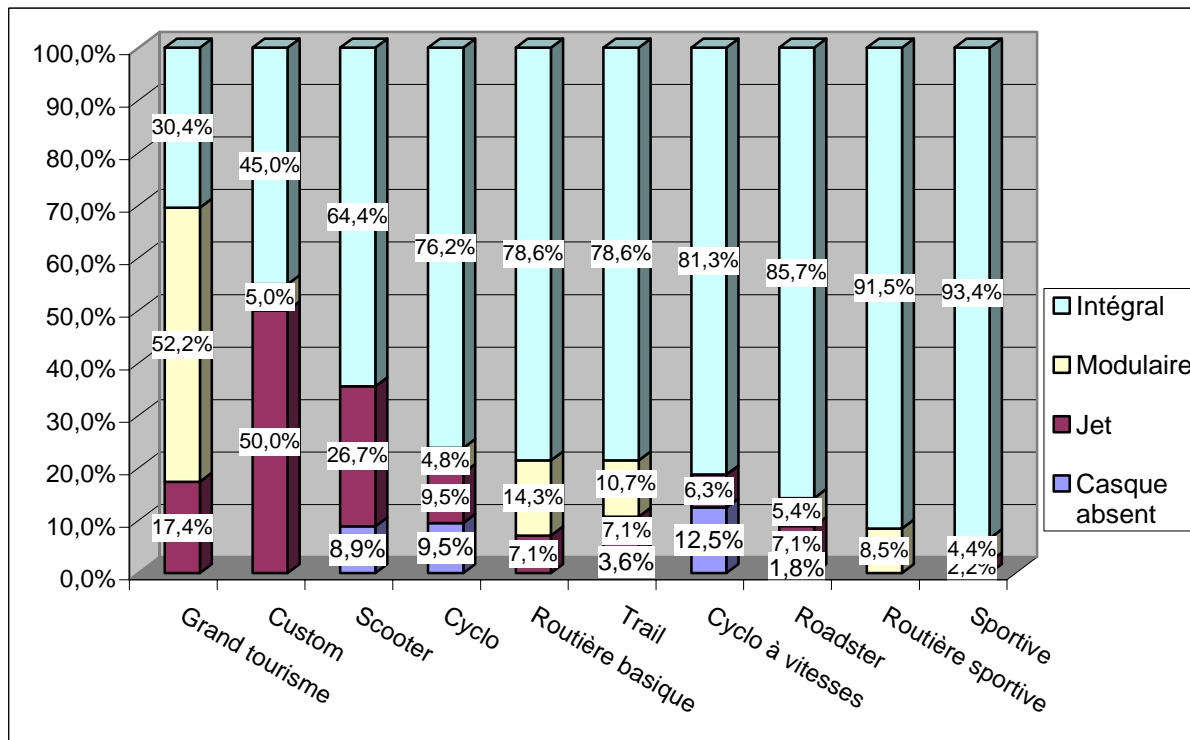


Fig 12: Type de casque porté en fonction du type de machine

Ce graphique met en avant les différences notables en terme de type de casque porté en fonction du type de machine conduite.

En premier lieu et en accord avec ce qui a déjà été dit précédemment, ce sont majoritairement les conducteurs de scooters et cyclomoteurs qui ont le plus tendance à ne pas porter de casque. Ensuite, plus la machine devient rapide et/ou sportive, plus les conducteurs ont tendance à délaisser le jet pour le casque modulaire et le casque intégral.

En effet, ceux qui portent le plus fréquemment un jet sont les conducteurs de customs, de cyclomoteurs, de scooters ou de trails qui sont des machines « paisibles » et/ou peu puissantes. A noter que la moitié des conducteurs de custom utilisent ce type de casque : celui colle parfaitement à la philosophie de la machine (tranquille) et son esthétique est plus en accord avec celle ces machines conçues avant tout pour le paraître.

Le casque modulaire est d'une manière globale peu utilisée ; quelques catégories (routières basiques et sportives, trails) l'utilisent un peu plus fréquemment que d'autres, mais cela reste dans une proportion relativement faible.

Il est donc surprenant de constater que plus de la moitié des conducteurs de moto de grand tourisme sont équipés de casque modulaire. Nous n'avons pas d'explication incontestable sur ce point mais plusieurs pistes de réflexion. Les conducteurs de ce type de véhicule effectuent des trajets plus longs que la moyenne et recherchent en ce sens le maximum de confort, ce qui est un des points forts des casques modulaires, aussi bien en terme de visibilité que d'aération. Les problèmes de turbulences et de bruits parasites induits par ce type de casque sont par contre gommés par la protection supérieure des carénages des motos de grand tourisme.

Par ailleurs, ces conducteurs roulent plus souvent accompagnés de passagers que la moyenne ; les casques intégraux prennent donc l'avantage car ils permettent de communiquer plus facilement sur la moto que les casques intégraux.

Le casque intégral est de très loin le plus fréquemment porté. Hormis deux catégories particulières (GT et custom), il est très largement majoritaire pour tous les autres types de machines. A l'inverse des casques jet, il est d'autant plus présent que le véhicule est rapide et/ou sportif (93,4% des conducteurs de sportives l'utilisent).

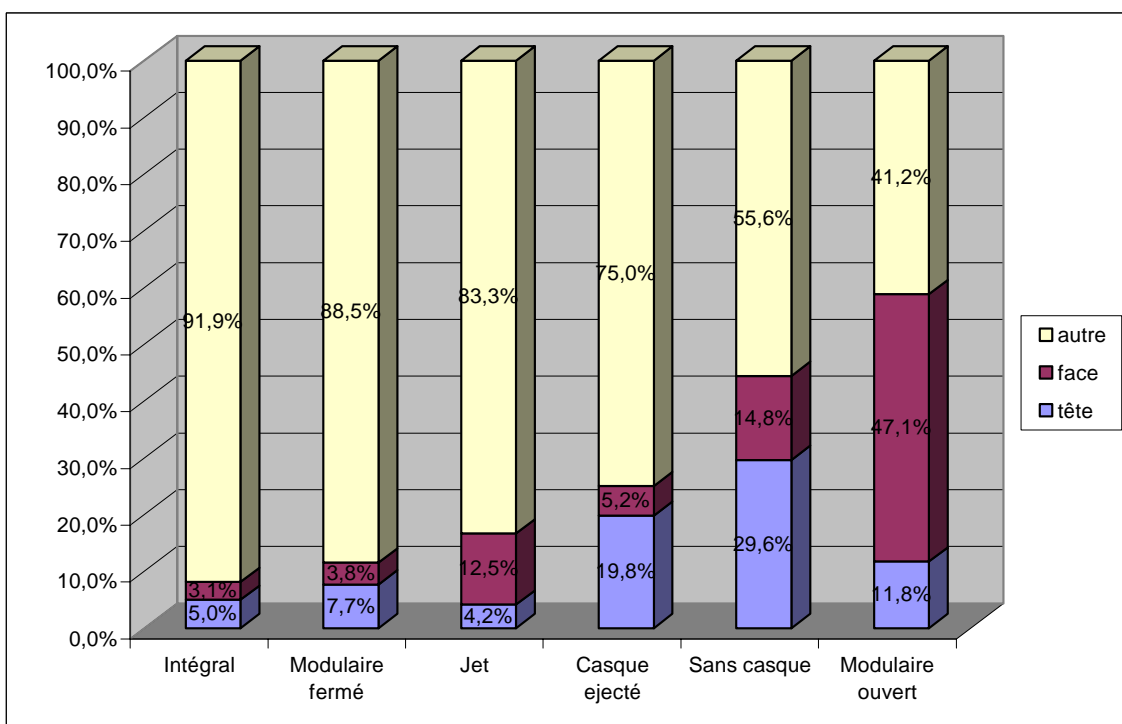


Fig 13 : Localisation des lésions en fonction du type de casque

Dans ce chapitre, il convient de noter que la zone-tête désigne l'ensemble face+ tête (la tête représente ici la boîte crânienne sans la face, en accord avec le codage imposé pour ce chapitre).

Exception faite du casque modulaire utilisé en position ouvert, la répartition observée sur ce graphique suit une certaine logique, les lésions à la tête et à la face représentent une faible part du bilan lésionnel total de l'impliqué lorsque celui-ci porte un intégral ou, dans une moindre mesure, un modulaire fermé (respectivement moins de 9 et 12% de lésions sur la zone tête). La part de blessures à la face augmente considérablement lorsque le conducteur utilise un casque jet : la protection de la face y est quasi nulle, ceci n'a donc rien de surprenant. Cette logique est confirmée en observant la part des lésions à la tête : elle est proche de celle constatée avec les intégraux et modulaires qui offrent une protection de cette zone similaire.

Les impliqués dont le casque a été éjecté sont plus souvent touchés sur la zone-tête mais sensiblement moins fréquemment que ceux ne portant pas de casque. En effet, l'éjection se produit parfois après le premier choc, le casque ayant alors le temps de remplir -partiellement- son office.

Ceux ne portant pas de casque sont bien sûr nettement plus exposés aux blessures au niveau de la zone tête : de seulement 8,1% pour les porteurs de casques intégraux, on passe ici à près de 45%.

On notera enfin les résultats particulièrement médiocres du casque modulaire ouvert. Nous estimons qu'ils sont imputables à une trop faible représentativité de l'échantillon (le plus faible de tous avec seulement 2cas). Sa conception devrait le rapprocher du casque jet en terme de répartition des lésions.

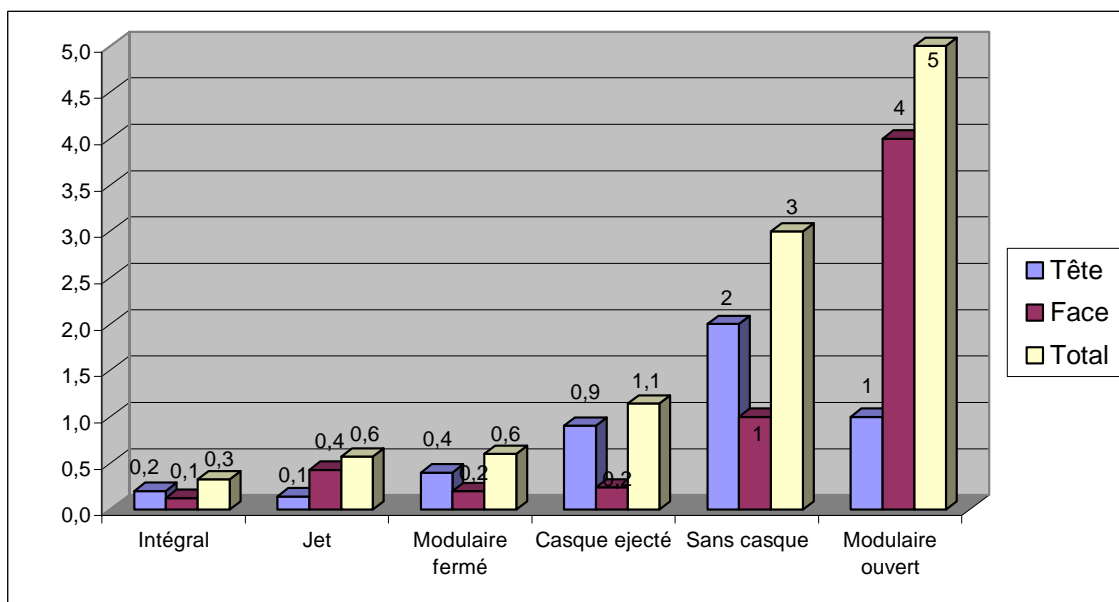


Fig 14 : Nombre moyen de lésions à la tête et à la face par accidenté

Ce graphique complète le précédent; les conclusions qui en découlent sont relativement similaires : le nombre moyen de lésions sur la zone tête est nettement moindre chez les porteurs de casques intégraux, modulaires fermés et jet alors qu'elle est particulièrement préoccupante chez ceux dont le casque a été éjecté et surtout ceux qui ne portaient pas de casque (10 fois plus de lésions que ceux portant un casque intégral).

Comme dans le chapitre précédent, les résultats particulièrement médiocres du casque modulaire ouvert sont également imputables à la trop faible représentativité de l'échantillon

C. Localisation des chocs

Lorsque nos accidentologues avaient accès aux casques des impliqués, ils avaient notamment pour tâche de répertorier la localisation sur le casque des impacts inhérents à l'accident. Il leur était possible de répertorier différents types de chocs (éclats, abrasion, délaminage, dépôt de peinture...). Finalement, devant l'impossibilité de tirer des conclusions sur la présence d'un type particulier de marque sur un endroit précis du casque, nous avons décidé de les réunir toutes afin de privilégier la seule variable « localisation » qui sera, de fait, plus fiable et pour laquelle nous saurons émettre des commentaires.

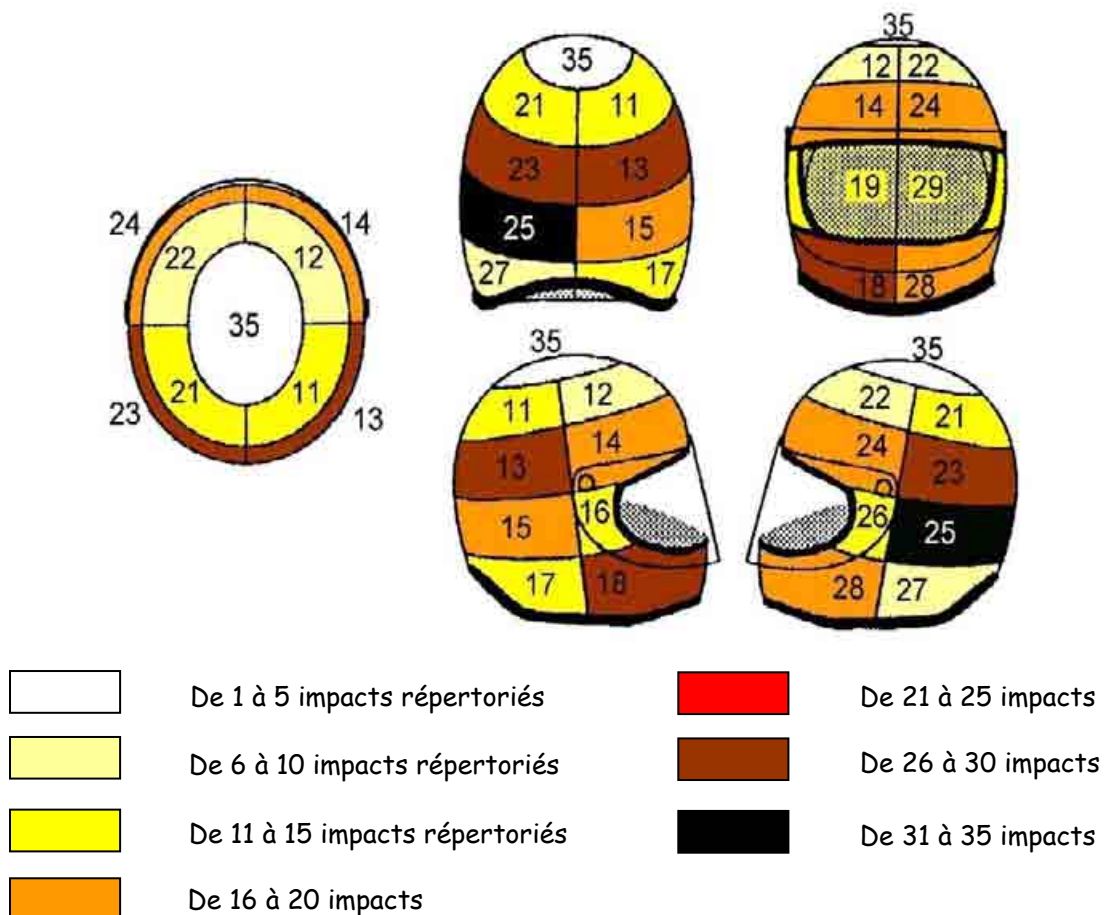


Fig 15 : Localisation des chocs sur le casque

Il est difficile de tirer des conclusions de ce schéma traitant de la localisation des points d'impact. Tout au plus pouvons nous constater que la répartition suit la logique inhérente à la forme d'un casque : les parties les plus saillantes (mentonnière et zone centrale de l'arrondi arrière) sont les plus touchées.

Ainsi, les autres zones sont moins exposées :

-la partie arrière basse (27 et 17) est peu touchée car peu exposée de par la convexité arrière du casque. Seuls des objets saillants seraient en mesure d'atteindre cette partie du casque, ce qui exclut la majorité des obstacles -sol en tête- généralement rencontrés.

-la partie haute (35, et, dans une moindre mesure, 11,12,21 et 22) est également peu touchée pour les mêmes raisons que précédemment. Contrairement à la partie arrière basse, cette partie du casque peut cependant être atteinte par une surface plane (sol, carrosserie) si la position du corps et/ou de la tête s'y prête, ce qui est rarement le cas comme nous le constatons ; ceci est d'autant plus vrai que l'on se rapproche du sommet du casque.

-la visière (16) est « protégée » par la mentonnière, particulièrement proéminente.

Il est intéressant de noter que la norme relative aux casques impose des tests de résistance sur plusieurs zones du casque ; l'une d'entre elle correspond à la partie haute, la partie la moins exposée de notre échantillon. Une étude plus approfondie pourrait permettre de savoir si le choix de cette zone de test n'est pas aussi incohérent que le laisse supposer nos observations : en effet, un casque qui résiste convenablement aux chocs survenant à cet endroit est peut être efficace dans sa globalité.

D. Expertise des casques en partenariat avec SHARK

SHARK est l'un des partenaires du projet RIDER. Dans cet optique, le CEESAR a demandé une expertise de certains casques d'impliqués au fabricant afin d'avoir l'avis d'un constructeur. Ces casques sont récupérés lors de l'entretien avec le conducteur accidenté ou auprès des forces de l'ordre.

Le protocole d'expertise était le suivant (après décontamination du casque par le CEESAR) :

- L'accident relatif au casque doit pouvoir être reconstruit
- Le casque est analysé par nos soins avant l'envoi (sans démontage)
- Des photos sont prises avant envoi (pour compléter labase RIDER)
- Analyse et expertise par SHARK sans avoir connaissance des circonstances de l'accident
- Retour de l'analyse SHARK pour comparaison avec l'analyse de l'accident

Afin de ne pas influencer l'expertise de SHARK nous ne fournissons pas les informations concernant le type de choc.

Le démontage des casques a pour but :

- Une meilleure connaissance de la localisation du ou des points de choc.
- Une comparaison entre les informations prises « sur » le casque et celles « internes » au casque
- De pouvoir corréler le choc et le rebond
- Une meilleure connaissance de la vétusté
- Une meilleure connaissance de l'âge réel du casque

Une de ces expertises est disponible en annexe.

E. Typologie des lésions et efficacité présumée du casque.

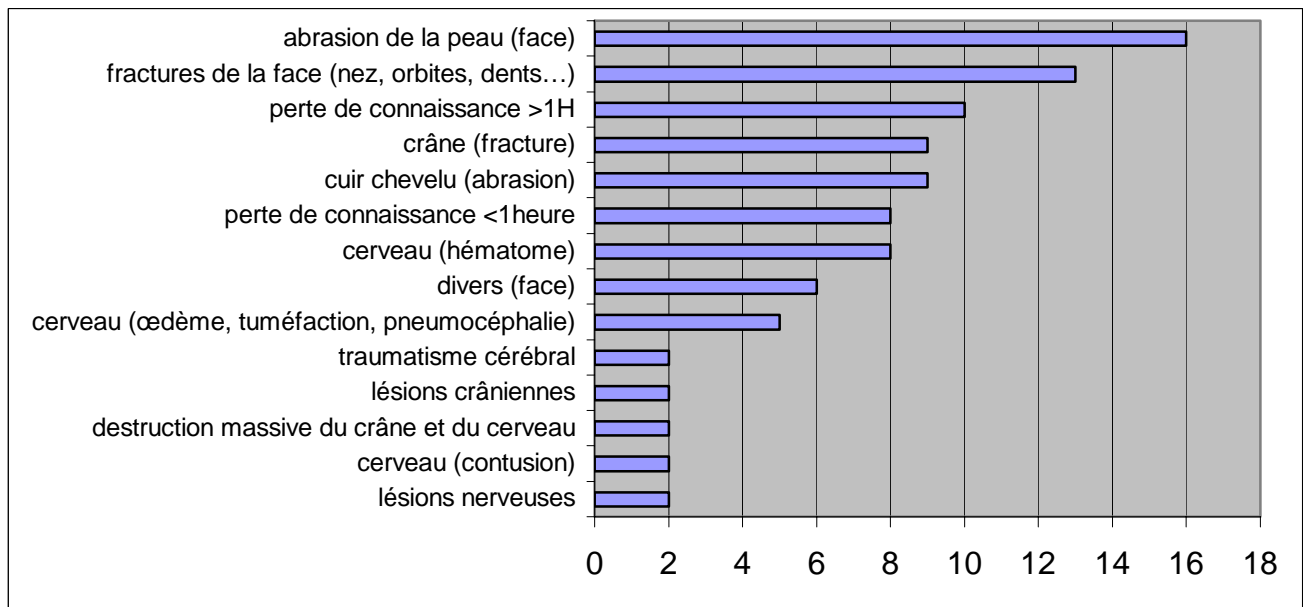


Fig 16: Typologie des lésions à la tête.

Comme nous l'avons vu précédemment, les lésions à la tête sont statistiquement nettement plus nombreuses chez les impliqués ne portant pas de casque. Ceci étant, le port correct d'un casque intégral n'empêche nullement l'apparition de lésions à la tête aussi bien légères (abrasion de la peau) que très sévères (lésions cervicales importantes).

La majorité des lésions de la face se retrouvent chez les impliqués ne portant pas de casque ou portant un casque jet, ce qui semble logique. Cependant, on dénombre quelques cas isolés de lésion à la face (abrasion/contusion de la peau, fractures des dents) chez les porteurs de casques intégraux.

La partie « efficacité présumée du casque » fait référence à une partie du questionnaire dans laquelle nos accidentologues devaient évaluer l'influence de l'équipement porté par l'impliqué. Cette notion d'efficacité « présumée » ne peut en aucun cas se baser sur des données quantifiables et repose surtout sur l'expérience et les analyses des accidentologues au vu des caractéristiques de l'accident (vitesse, obstacles rencontrés, lésions à déplorer...).

Nota : cette évaluation de l'efficacité s'est faite selon un codage particulier: celui ci considérait que si la lésion directement liée à cet élément était de type AIS 1, l'équipement de sécurité était considéré comme présent. Par exemple, si l'un de nos accidentés portant des mocassins se fait une blessure de gravité AIS 1 au pied, on considérera qu'un équipement de protection était présent, même si la protection offerte par des mocassins est dérisoire. Ce mode opératoire, incohérent à nos yeux, a pourtant du être adopté par nos accidentologues car étant imposé par la méthodologie inhérente au questionnaire original.

Cette méthode explique qu'il est possible que les graphiques qui suivent pourront sembler en désaccord avec ceux rencontrés précédemment.

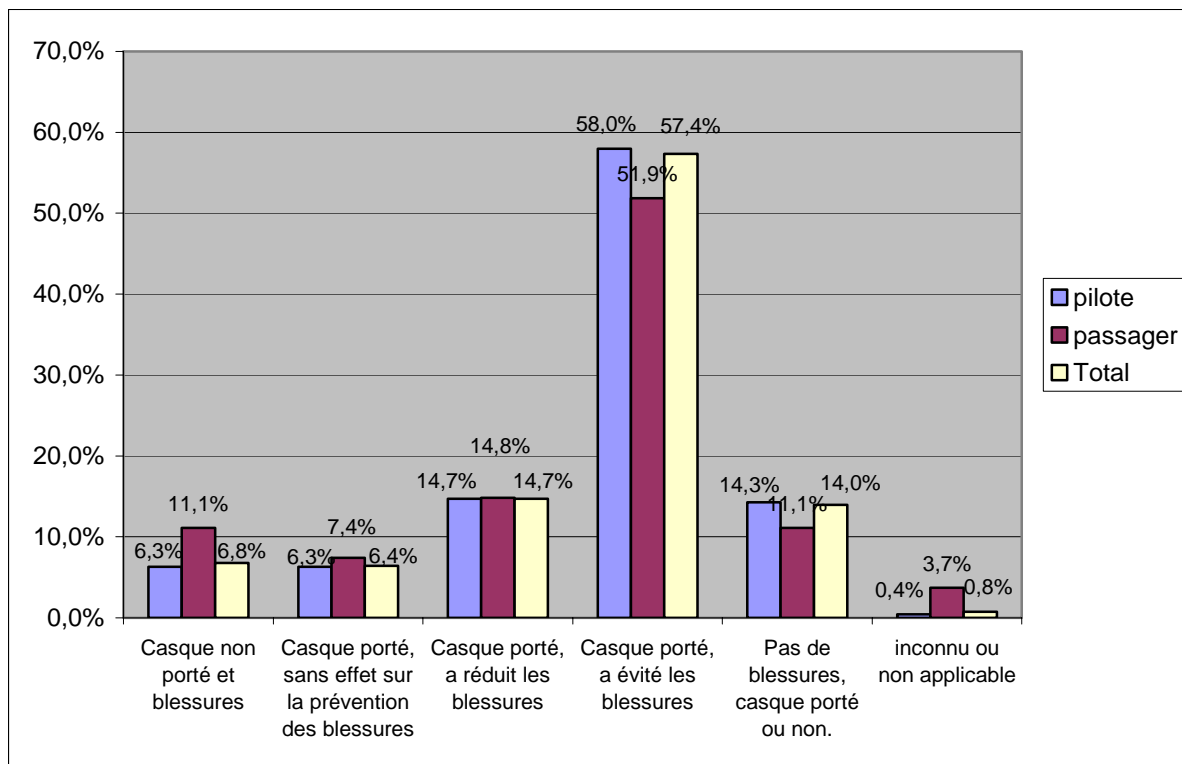


Fig 17: Réduction des blessures grâce à l'équipement : le casque.

Le port du casque, comme nous l'avons vu précédemment, est, toutes catégories confondues, très largement respecté (95,1% de taux de port).

Son utilité est ici plus que jamais démontrée puisque la tête est très fréquemment touchée et que le port du casque semble très efficace : dans près de 60% des cas, sa présence a permis d'éviter les blessures ou, dans 12,8% des cas, de les réduire, ce qui donne un taux d'efficacité supérieur à 72% ; de plus, la présence du casque n'a été sans effet sur la prévention des blessures que dans 6,8%.

Concernant la vulnérabilité de la tête, on constate que celle-ci est très exposée : seuls 12,2% des cas ne présentent pas de marques de blessures ou de choc sur le casque, équipement présent ou non. De plus, dans 7,3% des cas, il y a eu des blessures alors que le casque n'était pas porté ; ainsi, 42,7% des accidentés qui n'avaient pas de casque au moment du choc (17,1% de l'échantillon) ont eu des lésions à la tête.

Sachant que ce territoire corporel est toujours gravement touché (une majorité d'AIS 3+), le port du casque, dont l'efficacité semble réelle, s'avère véritablement indispensable.

F. Amélioration de l'équipement grâce aux cas cliniques.

Il n'est ici pas question d'essayer de dégager des données statistiques sur le gain que pourrait apporter un renfort ou un équipement particulier mais plutôt de percevoir son efficacité « directe » : chaque lésion, mise en relation avec le port d'un équipement adapté ou non, devra être prise en compte afin de dégager des éléments d'appréciation des carences ou des qualités des équipements existant (par exemple, constater que les genoux, même protégés, sont fréquemment touchés, permettra de dire qu'un travail sur la protection associée reste à faire). Afin de matérialiser simplement les résultats qui découleront de cette analyse, nous utiliserons le code de couleur suivant : les flèches désignant la partie corporelle étudiée et leur couleur le degré d'efficacité constaté.

✓ Tête.

Le type de lésions observé ne nous permet généralement pas d'incriminer une zone particulière du casque : on dénombre ainsi un nombre non négligeable d'hématomes, d'œdèmes ou de traumatismes cérébraux, de fractures de la boîte crânienne, de pertes de connaissances, ou, plus rarement, de fracture des rochers malgré le port correct d'un casque adapté.

Bien sûr, les lésions à la tête sont exceptionnellement plus fréquentes chez les personnes portant mal ou ne portant pas de casque du tout, mais elles restent également présentes en cas de port correct du casque.

Les lésions à la face sont également nombreuses, même en cas de port correct d'un casque intégral, dont la mentonnière et la visière devraient apporter une protection sensible.

Aussi, nous pouvons dire que le casque, bien qu'offrant déjà une protection efficace du crâne et de la face, doit être encore amélioré, notamment sur le plan de l'absorption de l'énergie en cas de choc.

Globalement, certaines généralités font surfaces à la lecture de nos observations :

Les équipements de protection actuels offrent déjà un niveau d'efficacité réel : en cas de glissade, les matériaux utilisés (le cuir principalement) préservent efficacement la peau des brûlures et des abrasions. Les coques protectrices semblent également efficaces, notamment au niveau des articulations (coudes, genoux et épaules) et permette d'éviter bon nombre de luxations et d'entorses. Les effets des petits chocs semblent également correctement contenus, l'énergie étant facilement absorbée par les surépaisseurs et autres renforts protecteurs.

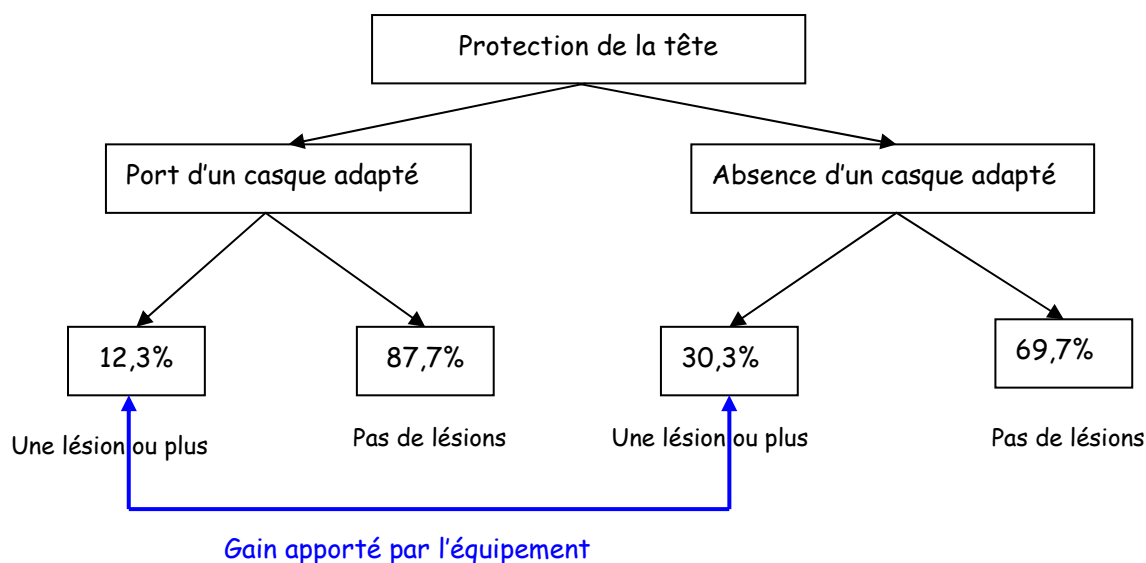
Malheureusement, l'équipement trouve ses limites dès que l'impliqué se trouve confronté à des chocs conséquents; rigidifier l'équipement et augmenter le volume des coques protectrices serait sans doute des plus efficaces, mais rendrait hélas la conduite d'un deux-roues quasiment impossible.

Il nous est dès lors difficile de proposer des solutions efficaces et réalistes pour répondre à ce problème.

G. Gain lésionnel apporté par l'équipement.

Pour conclure ce chapitre et essayer de mieux appréhender le rôle et l'efficacité des différents équipements présents sur le marché, nous avons essayé, grâce aux informations précises recueillies dans MAIDS et RIDER de mesurer un gain théorique apporté par le port d'un équipement adapté.

Pour y parvenir, nous avons observé les utilisateurs ayant eu au moins une lésion puis avons estimé que les différences de pourcentage entre ceux correctement équipés et ceux mal équipés nous donneraient un bon indice d'efficacité de l'équipement impliqué.



Le gain apporté par le port correct du casque est considérable ; on peut attribuer cette efficacité au fait que, d'une manière générale, tout choc à la tête, même léger, peut générer des lésions aussi bien mineures que très sévères. Le casque, s'il atteint ses limites de protection lorsque que le choc est très important, reste très efficace pour protéger et absorber l'énergie des petits chocs à l'origine de la majorité des lésions; dès lors, il n'est pas surprenant d'observer que 60% des blessures survenues chez les personnes mal ou non équipées auraient théoriquement pu être évitées grâce au port correct du casque. Il est noter que cette valeur est proche de celle annoncée par Walker [77] qui évalue le taux d'efficacité du casque à 67%.

Conclusion

IX. Conclusion

Cette étude avait deux objectifs : prolonger l'étude « protection du pilote par l'équipement » déjà réalisée dans le cadre de RIDER et dresser un état des lieux bibliographique sur le casque.

Concernant le premier point, le casque étant l'élément de sécurité primordial pour le conducteur de deux-roues motorisé, il nous semblait indispensable d'utiliser au maximum les possibilités offertes par notre base de données et d'aller plus loin sur cet équipement particulier ce qui n'était pas possible avec la première étude traitant de l'ensemble des équipements de sécurité du motard.

Ainsi, si dans sa globalité l'équipement du conducteur de deux-roues était relativement délaissé du point de vu de la législation (aucune obligation de port) et de la normalisation, il en va tout autrement pour le casque dont le port est rigoureusement contrôlé et la qualité lourdement normalisée.

Cependant, les utilisateurs ne semblent pas pleinement conscients de l'enjeu « casque » et les statistiques, flatteuses en apparence (un taux de port compris en 91 et 99% toutes catégories confondues) sont en réalité alarmantes dès que le problème est abordé en profondeur.

Ainsi, notre base de données a permis de constater des valeurs réellement préoccupantes de port chez les passagers de grosses cylindrées et tous les utilisateurs de 50 cm³. De plus, nous avons pu mettre en avant le fait que les casques, s'ils étaient globalement portés, n'étaient pas toujours adaptés à la morphologie de leur utilisateur ni correctement ajustés et en bon état, surtout chez les passagers et les conducteurs de 50 cm³.

Les améliorations potentielles des casques semblent à ce jour limitées. Si les matériaux évoluent de jour en jour et offrent des capacités de protection accrues, le rôle d'absorption d'énergie, considérable, semble toujours limité par le volume général du casque, volume pouvant difficilement être augmenté à outrance pour des raisons évidentes de poids et d'encombrement.

La norme actuelle (ECE 22-05) bien que globalement satisfaisante, mériterait certaines améliorations afin d'homologuer des casques plus à même de répondre aux exigences accidentologiques propres aux deux-roues motorisés : ainsi, la forme de la « fausse tête » (tête-mannequin servant aux tests) devrait être revue dans sa partie maxillaire ; un test d'impact supplémentaire, réalisé sur une zone aléatoirement définie serait judicieux et le positionnement du casque sur la tête devrait être revu.

Concernant la partie bibliographique, le casque est à ce jour le seul thème relatif au deux-roues motorisés pour lequel les études sont légions. Celles relatives à l'efficacité du port du casque ou encore aux mécanismes lésionnels de la tête sont nombreuses et régulièrement abordées depuis des dizaines d'années. Désormais, l'avenir semble orienté vers la mise au point de modèles éléments finis de la tête ; c'est pourquoi le CEESAR participe au projet PROTEUS (**PRO**tection de la **TÊ**te des **US**agers vulnérables) dont l'objectif est de mettre au point un outil numérique de prédiction des lésions crâno-encéphaliques nécessaire à l'évaluation et l'élaboration des systèmes de protection de la tête en cas de choc.

Aucun accessoire de protection, aussi efficace soit-il, ne pourra éviter de blessures s'il n'est pas porté au moment de l'accident. Vis-à-vis du casque, la majorité des usagers l'ont bien compris. Malheureusement, ces casques sont trop souvent vétustes et/ou inadaptés. Informer les conducteurs de deux-roues sur ce point, et plus particulièrement les jeunes, par le biais des moto-écoles ou des assurances constituerait une première étape particulièrement profitable.

D'autres études pourraient également apporter de nouveaux éléments de réponse à la problématique casque. Comme nous l'avons vu, les efforts ont surtout porté sur l'estimation du gain offert par le casque et se tournent actuellement vers la modélisation casque-tête. Certains domaines n'ont pas encore été étudiés en profondeur et notre étude clinique ainsi que l'expérience acquise tout au long du projet RIDER nous a permis de soulever d'autres points sensibles qui mériteraient d'être approfondis par le biais de nouvelles études.

Ainsi, notre travail a permis de traiter certaines variables qui, à notre avis, mériteraient d'être analysées plus en profondeur. Le type de casque utilisé ainsi que sa vétusté demanderaient une analyse plus fine, notamment du point de vue de leur incidence sur la traumatologie.

Le taux de port, correct ou non, mériterait également une étude plus poussée, tant celui-ci est préoccupant chez les jeunes et les passagers ; cette étude pourrait de plus concerner les enfants pour lesquels aucune donnée n'a à ce jour été collectée.

La visibilité de nuit et/ou sous la pluie à travers une visière de casque ainsi que le bruit (aussi bien en terme de perception de l'environnement acoustique que de confort) nous semblent réellement problématiques. Un travail en ce sens pourrait être bénéfique aussi bien au confort qu'à la sécurité.

Ces nouvelles études permettraient de confirmer ou faire avancer les connaissances et ainsi, faire progresser cet équipement particulier qu'est le casque.

Annexes

X. ANNEXES

A. Norme ECE 22-04 partielle.

La norme 22-04 ne diffère de la 22-05 que sur les points suivants :

- *tests d'impact sur le menton (à l'exception des casques jet).*
- *test de "dérapage" (afin de contrôler si le casque ne contient pas des éléments qui pourraient rester accrochés.)*

E/CE/324 }
E/CE/TRANS/505 } Rev.1/Add.21/Rev.4

24 septembre 2002

ACCORD

**CONCERNANT L'ADOPTION DE PRESCRIPTIONS TECHNIQUES UNIFORMES
APPLICABLES AUX VEHICULES A ROUES, AUX EQUIPEMENTS ET AUX PIECES
SUSCEPTIBLES D'ETRE MONTES OU UTILISES SUR UN VEHICULE A ROUES
ET LES CONDITIONS DE RECONNAISSANCE RECIPROQUE DES HOMOLOGATIONS
DELIVREES CONFORMEMENT A CES PRESCRIPTIONS ^{1/}**

(Révision 2, comprenant les amendements entrés en vigueur le 16 octobre 1995)

Additif 21 : Règlement No 22

Révision 4

Comprenant tout le texte valide jusqu'à :

La série 05 d'amendements - Date entrée en vigueur - 30 juin 2000

Le rectificatif 1 à la série 05 d'amendements, faisant l'objet de la notification dépositaire C.N.427.2000.TREATIES-1 du 27 août 2000

Le rectificatif 2 à la série 05 d'amendements, faisant l'objet de la notification dépositaire C.N.133.2001.TREATIES-1 du 13 mars 2001

Le rectificatif 3 à la série 05 d'amendements, faisant l'objet de la notification dépositaire C.N.815.2001.TREATIES-2 du 23 août 2001

Le complément 1 à la série 05 d'amendements - Date d'entrée en vigueur : 20 février 2002 ^{2/}

**PRESCRIPTIONS UNIFORMES RELATIVES A L'HOMOLOGATION DES CASQUES DE PROTECTION
ET DE LEURS ECRANS POUR CONDUCTEURS ET PASSAGERS DE MOTOCYCLES
ET DE CYCLOMOTEURS**



NATIONS UNIES

^{1/} Ancien titre de l'Accord:

Accord concernant l'Adoption de conditions uniformes d'homologation et la reconnaissance réciproque de l'homologation des équipements et pièces de véhicules à moteur, en date, à Genève, du 20 mars 1958.

^{2/} Pour la Nouvelle Zélande l'entrée en vigueur est le 20 avril 2002.

E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 3

Règlement No 22

PRESCRIPTIONS UNIFORMES RELATIVES A L'HOMOLOGATION DES CASQUES DE PROTECTION
ET DE LEURS ECRANS POUR CONDUCTEURS ET PASSAGERS DE MOTOCYCLES
ET DE CYCLOMOTEURS

TABLE DES MATIERES

REGLEMENT	<u>Page</u>
1. Domaine d'application	5
2. Définitions	5
3. Demande d'homologation	7
4. Inscriptions	9
5. Homologation	9
6. Spécifications générales	12
7. Essais	22
8. Procès-verbaux d'essais	44
9. Qualification de production	44
10. Conformité de la production et essais de routine	46
11. Modification et extension de l'homologation d'un type de casque ou d'un type d'écran	55
12. Sanctions pour non-conformité de la production	55
13. Arrêt définitif de la production	55
14. Indications destinées aux usagers	56
15. Dispositions transitoires	57
16. Noms et adresses des services techniques chargés des essais d'homologation et des services administratifs	58

E/ECE/324 }
E/ECE/TRANS/505 } Rev.1/Add.21/Rev.4
Règlement No 22
page 4

TABLE DES MATIERES (suite)

ANNEXES

- Annexe 1 - Communication concernant l'homologation (ou l'extension ou le refus ou le retrait d'une homologation ou l'arrêt définitif de la production) d'un type de casque de protection et d'un type d'écran de casque en application du Règlement No 22
- Annexe 2 - Exemples de la marque d'homologation
- Annexe 3 - Schéma d'un casque de protection
- Annexe 4 - Fausses têtes
- Annexe 5 - Positionnement du casque sur la fausse tête
- Annexe 6 - Fausse tête (Forme, dimensions au-dessus du plan de référence)
- Annexe 7 - Fausse tête (Forme, dimensions au-dessous du plan de référence)
- Annexe 8 - Machines d'essai
- Annexe 9 - Vérification de l'angle d'ouverture de l'écran
- Annexe 10 - Procédure de l'essai d'abrasion
- Annexe 11 - Méthodes de mesure de la diffusion de la lumière et du coefficient de transmission lumineuse
- Annexe 12 - Organigramme de la procédure d'homologation de type
- Annexe 13 - Définitions
- Annexe 14 - Produits de la répartition spectrale du rayonnement des signaux lumineux et de l'illuminant normalisé D65
- Annexe 15 - Essai de réfringence
- Annexe 16 - Essai d'emboilage d'écran

* * *

E/ECB/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 5

1. **DOMAINE D'APPLICATION**

Le présent Règlement s'applique aux casques de protection destinés aux conducteurs et passagers de cyclomoteurs et de motocycles avec ou sans side-car ^{1/} et aux écrans dont ces casques sont munis, ou qui sont destinés à leur être ajoutés.

2. **DEFINITIONS ^{2/}**

Au sens du présent Règlement, on entend :

- 2.1. par "casque de protection", un casque destiné principalement à protéger contre les coups la tête de l'utilisateur. Certains casques peuvent fournir une protection complémentaire;
- 2.2. par "calotte", la partie résistante qui donne au casque de protection sa forme générale;
- 2.3. par "rembourrage protecteur", le matériau qui sert à amortir l'énergie d'impact;
- 2.4. par "rembourrage de confort", le matériau qui sert à assurer le confort de l'utilisateur;
- 2.5. par "système de rétention", l'ensemble complet grâce auquel le casque est maintenu en position sur la tête, y compris les éléments éventuels de réglage ou d'amélioration du confort;
- 2.5.1. par "jugulaire", un élément d'un système de rétention constitué d'une sangle qui passe sous les mâchoires de l'utilisateur pour maintenir le casque en place;
- 2.5.2. par "mentonnière", un accessoire de la jugulaire adapté à la forme du menton;
- 2.6. par "visière", le prolongement de la calotte au-dessus des yeux;
- 2.7. par "protection maxillaire", la partie, amovible, mobile ou intégrée (de façon permanente), du casque couvrant le bas du visage;
- 2.7.1. par "protection maxillaire intégrale", la partie, amovible, mobile ou intégrée (de façon permanente) du casque couvrant le bas du visage et conçue pour protéger le menton de l'utilisateur contre les chocs;

^{1/} Les casques de protection à porter dans les compétitions peuvent faire l'objet de clauses plus sévères.

^{2/} Voir aussi le dessin de l'annexe 3.

E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 6

- 2.7.2. par "protection maxillaire non intégrale", la partie, amovible ou mobile du casque couvrant le bas du visage mais ne protégeant pas le menton de l'utilisateur contre les chocs;
- 2.8. par "écran", un écran protection transparent placé devant les yeux et couvrant tout ou une partie du visage;
- 2.9. par "lunettes de protection", les éléments de protection transparents entourant et couvrant les yeux;
- 2.10. Film de protection jetable
- 2.10.1. L'écran neuf peut être recouvert d'un film plastique jetable de protection. Si tel est le cas, le film doit être opaque ou imprimé pour pouvoir être arraché avant usage.
- 2.10.2. Pour la compétition, l'écran peut être recouvert d'un film de protection, par exemple pour atténuer la transmission lumineuse. Ce type de film, détachable, n'est pas conçu pour être utilisé sur route et n'est donc pas visé par le présent Règlement.
- 2.11. Par "zones oculaires", deux cercles d'au moins 52 mm de diamètre, symétriques par rapport à l'axe médian de l'écran et dont les centres sont distants de 64 mm mesurés dans le plan horizontal avant de l'écran en position d'utilisation.
- 2.12. "La transmission lumineuse" (τ_v) est définie à l'annexe 13.
- 2.13. Par "quotient relatif d'atténuation visuelle", le quotient visuel relatif (Q), tel qu'il est défini à l'annexe 13.
- 2.14. par "plan de base de la tête humaine", un plan situé au niveau de l'ouverture du conduit auditif externe et du bord inférieur des orbites;
- 2.15. par "plan de base de la fausse tête", un plan correspondant au plan de base de la tête humaine;
- 2.16. par "plan de référence", un plan de construction parallèle au plan de base de la fausse tête et situé à une distance de ce plan qui est fonction de la taille de la fausse tête;
- 2.17. par "type de casque de protection", une catégorie de casques de protection ne présentant pas entre eux des différences essentielles notamment quant à :
- 2.17.1. la marque de fabrique ou de commerce, ou
- 2.17.2. les matériaux ou dimensions de la calotte, du système de rétention ou du rembourrage protecteur. Toutefois, un type de casque de protection peut comprendre une gamme de tailles de casques de protection à condition que l'épaisseur du rembourrage

E/BCE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/BCE/TRANS/505
Règlement No 22
page 7

protecteur de chaque élément de la gamme soit au moins égale à celle du casque de protection soumis aux essais et ayant satisfait aux exigences du présent Règlement;

- 2.18. par "type d'écran", une catégorie d'écrans ne présentant pas entre eux des différences essentielles notamment quant à :
- 2.18.1. la marque de fabrique ou de commerce, ou
- 2.18.2. les matériaux, les dimensions, les procédés de fabrication (extrusion ou moulage), la couleur, le traitement de surface ou le système de fixation au casque;
- 2.19. par "essai d'homologation", un essai destiné à déterminer dans quelle mesure le type de casque de protection et/ou le type d'écran présenté à l'homologation est susceptible de satisfaire aux prescriptions;
- 2.20. par "essai de qualification de la production", l'essai destiné à déterminer si le fabricant est en mesure de produire des casques et/ou des écrans conformes aux casques et/ou aux écrans présentés pour l'homologation du type;
- 2.21. par "essai de routine", l'essai d'un certain nombre de casques et/ou d'écrans faisant tous partie du même lot, afin de vérifier dans quelle mesure ils satisfont aux prescriptions.
3. DEMANDE D'HOMOLOGATION
- 3.1. Demande d'homologation d'un type de casque de protection.
- 3.1.1. La demande d'homologation d'un type de casque de protection, muni ou non d'un ou plusieurs types d'écran, est présentée par le fabricant du casque ou par le détenteur de la marque de fabrique ou de commerce ou par son représentant dûment accrédité, et doit être accompagnée, pour chaque type,
- 3.1.1.1. de dessins, en trois exemplaires, à l'échelle 1/1 et suffisamment détaillés pour permettre l'identification du type de casque, y compris celle des procédés d'assemblage. Les dessins doivent montrer la position prévue pour la marque d'homologation telle qu'elle est définie au paragraphe 5.1.4.1.,
- 3.1.1.2. une description technique succincte faisant état du matériau utilisé et un rapport d'essai sur les performances photométriques et colorimétriques du matériau réfléchissant.
- 3.1.1.3. si le casque est équipé d'un ou plusieurs écrans :
- 3.1.1.3.1. de dessins, en trois exemplaires, à l'échelle 1/1 et suffisamment détaillés pour permettre l'identification du type d'écran et de ses éléments de fixation au casque. Les dessins

E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 67
Annexe 4

Annexe 4

FAUSSES TÊTES

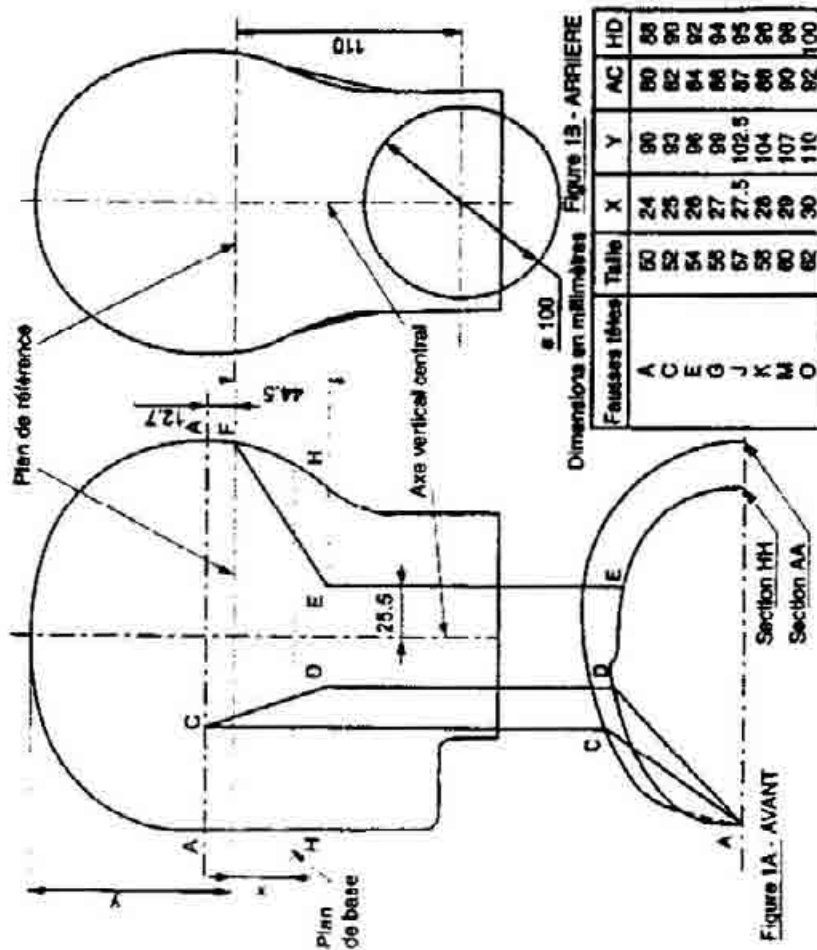


Fig. 1 - ETENDUE MINIMALE DE LA PROTECTION

E/CE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/CE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 68
Annexe 4

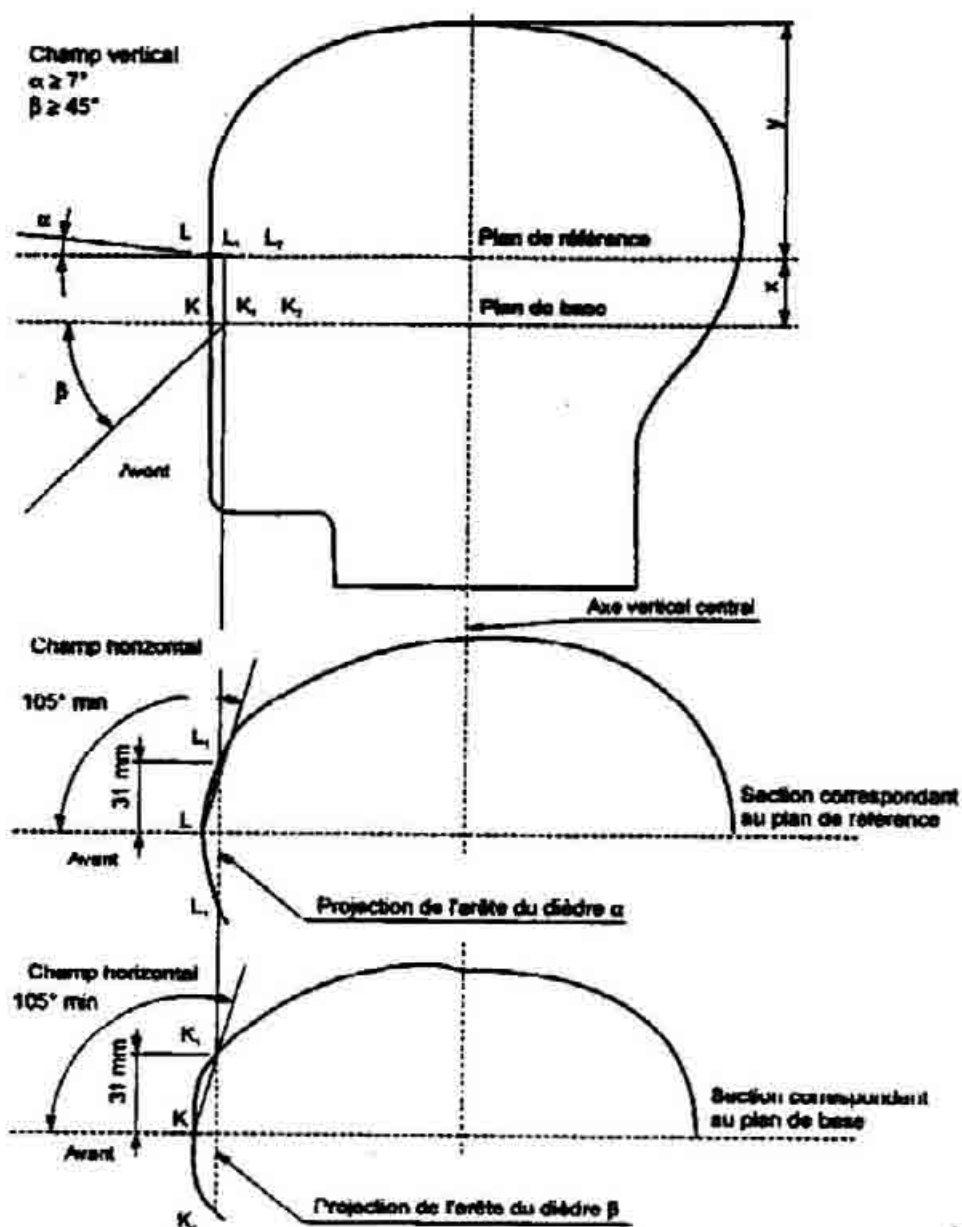


Fig. 2A - VISION PERIPHERIQUE

E/BCE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 69
Annexe 4

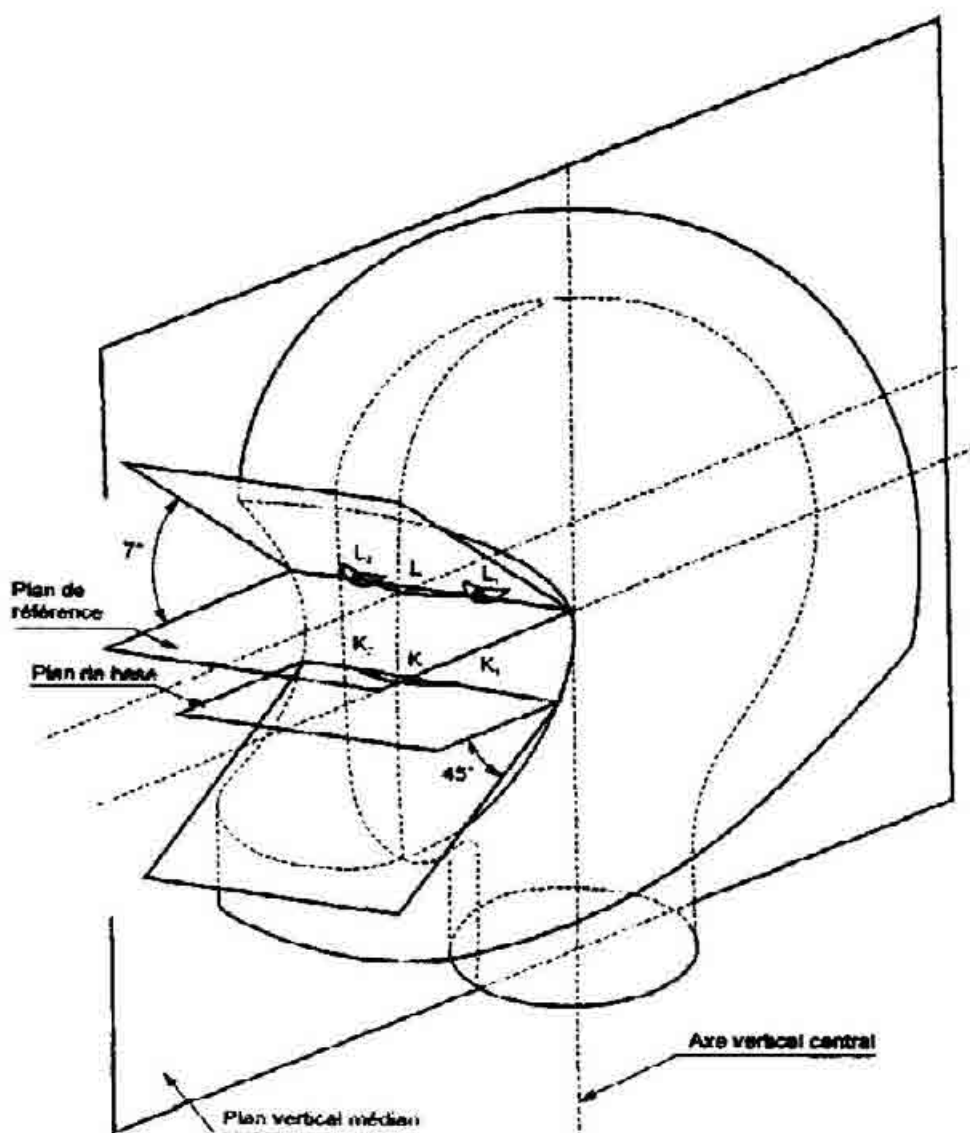


Fig. 2B - VISION PERIPHERIQUE - CHAMP VERTICAL

E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
 E/ECE/TRANS/505
 Règlement No 22
 page 71
 Annexe 4

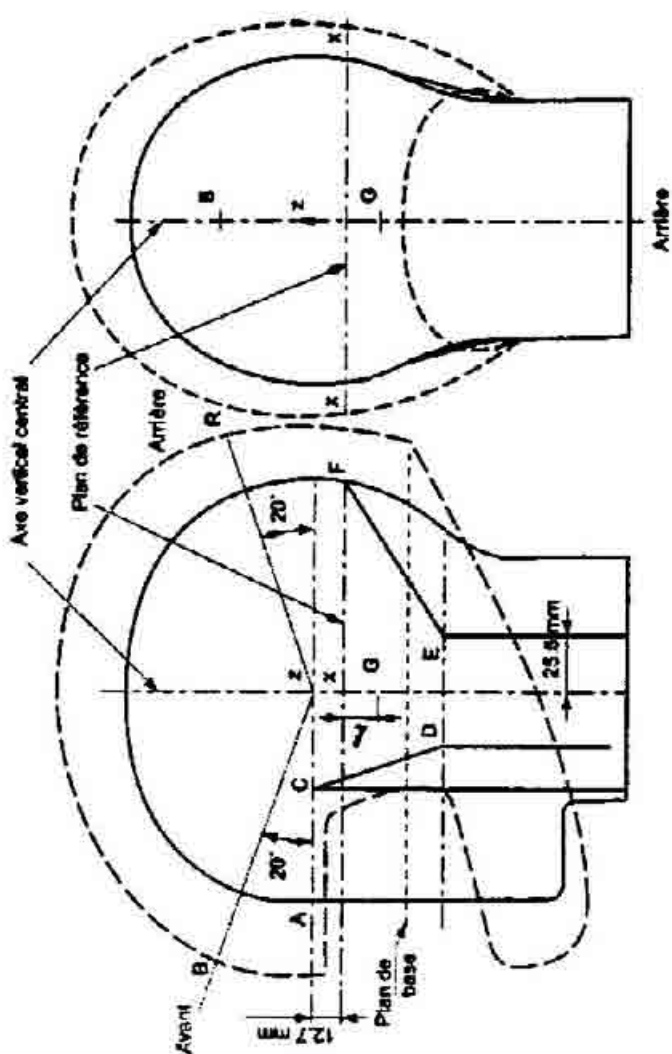


Fig. 3 - IDENTIFICATION DES POINTS D'IMPACT

E/BCE/324
E/BCE/TRANS/505 } Rev.1/Add.21/Rev.4
Règlement No 22
page 72
Annexe 5

Annexe 5

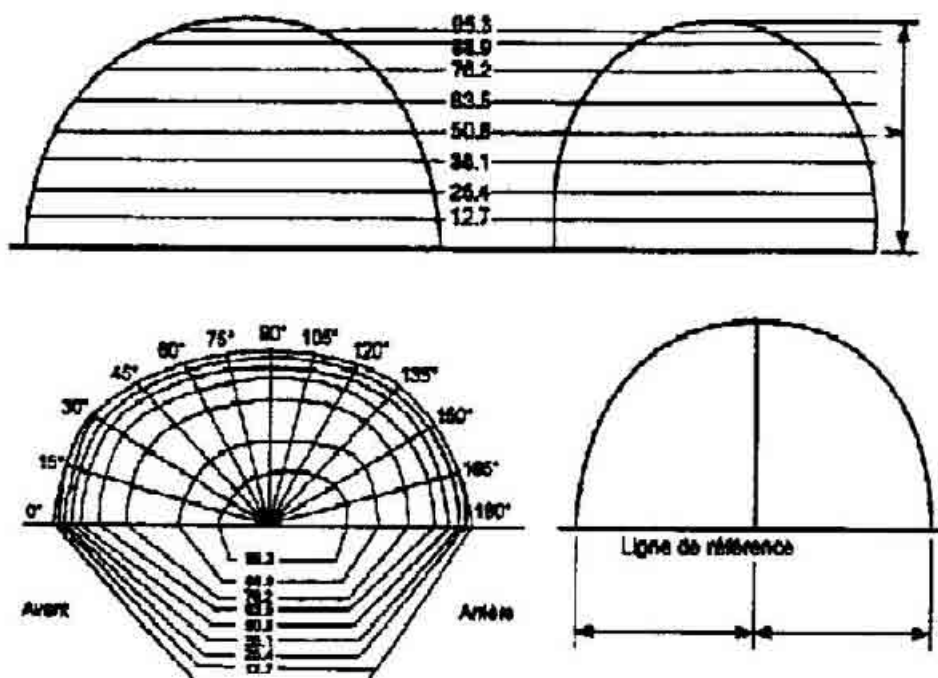
POSITIONNEMENT DU CASQUE SUR LA FAUSSE TÊTE

1. Le casque est placé sur une fausse tête de taille appropriée. Une charge de 50 N est posée sur le sommet du casque afin d'ajuster le casque à la fausse tête. On s'assure que le plan vertical médian du casque coïncide avec celui de la fausse tête.
2. Le bord avant du casque est placé en appui sur le calibre d'angle déterminant l'angle minimum requis pour le champ de vision vers le haut. Il est alors vérifié :
 - 2.1. que la ligne AC et la zone ACPED sont recouvertes par la calotte (annexe 4, figure 1);
 - 2.2. que l'angle minimum vers le bas est respecté ainsi que le champ de vision horizontal;
 - 2.3. Les prescriptions du paragraphe 6.4.2 du présent Règlement concernant la projection arrière doivent être respectées.
3. Dans le cas où l'une de ces conditions n'est pas respectée, le casque est légèrement déplacé d'avant en arrière pour tenter de trouver une position pour laquelle toutes les prescriptions seraient vérifiées. Une fois cette position déterminée, une horizontale est tracée sur la calotte du casque au niveau du plan AA'. Cette horizontale sert de référence pour le positionnement du casque en cours des essais.

E/CE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/CE/TRANS/505
Règlement No 22
page 73
Annexe 6

Annexe 6

FAUSSE TÊTE
(Forme, dimensions au-dessus du plan de référence)
Dimensions en millimètres



Dimensions de la partie supérieure des fausses têtes
(à consulter en liaison avec la figure 3 de l'annexe 4)

E/ECE/324 }
E/ECE/TRANS/505 } Rev.1/Add.21/Rev.4
Règlement No 22
page 84
Annexe 8

Annexe 8

**MACHINES D'ESSAI
MACHINE DE CHUTE DE LA FAUSSE TETE**

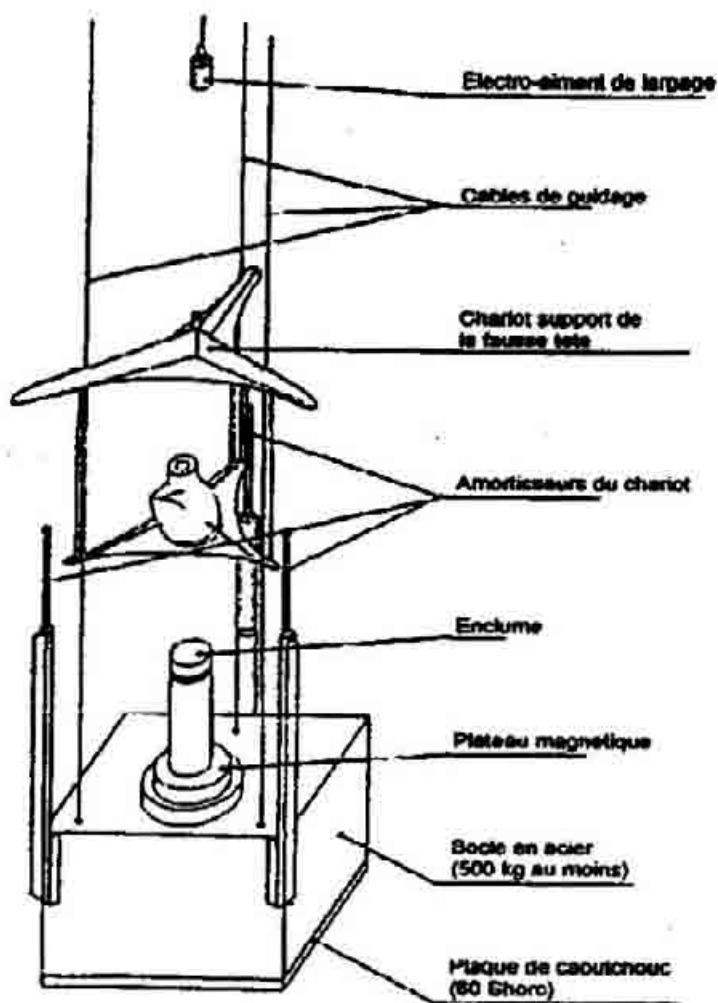


Fig. 1a

E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 87
Annexe 8

ESSAI DYNAMIQUE DU SYSTEME DE RETENTION

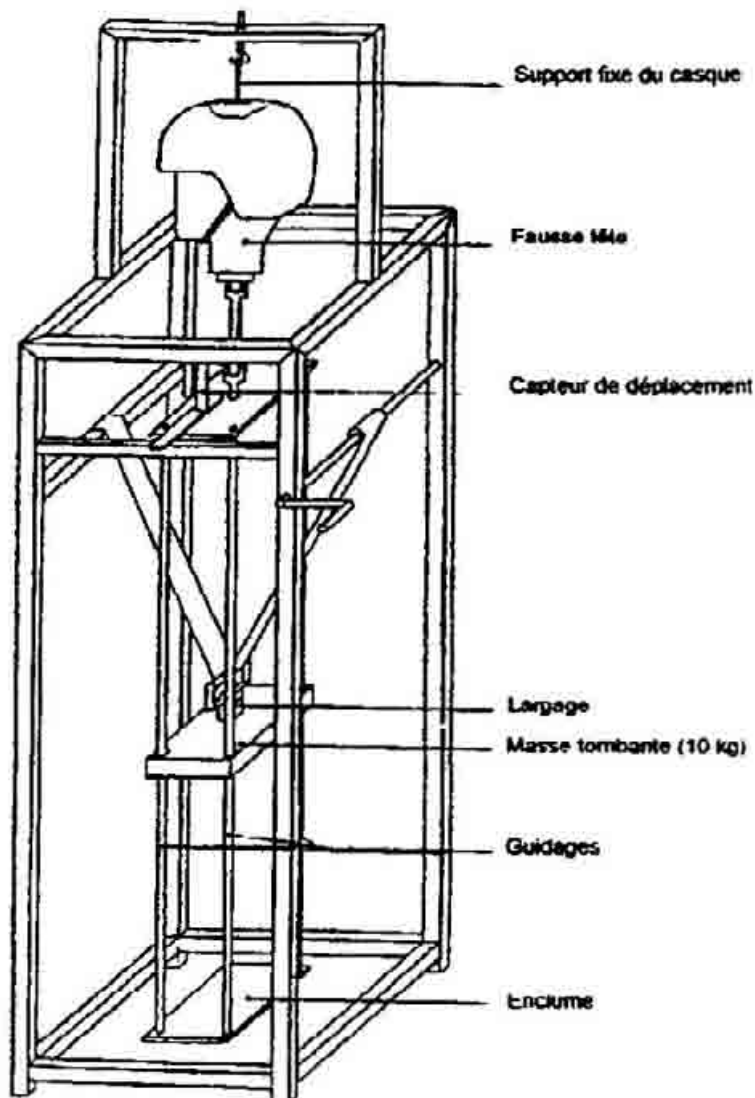


Fig. 2

E/ECE/324 }
 E/ECE/TRANS/505 } Rev. 1/Add. 21/Rev. 4
 Règlement No 22
 page 88
 Annexe 8

DISPOSITIF POUR L'ESSAI DE RETENTION (DECHAUSSEMENT)

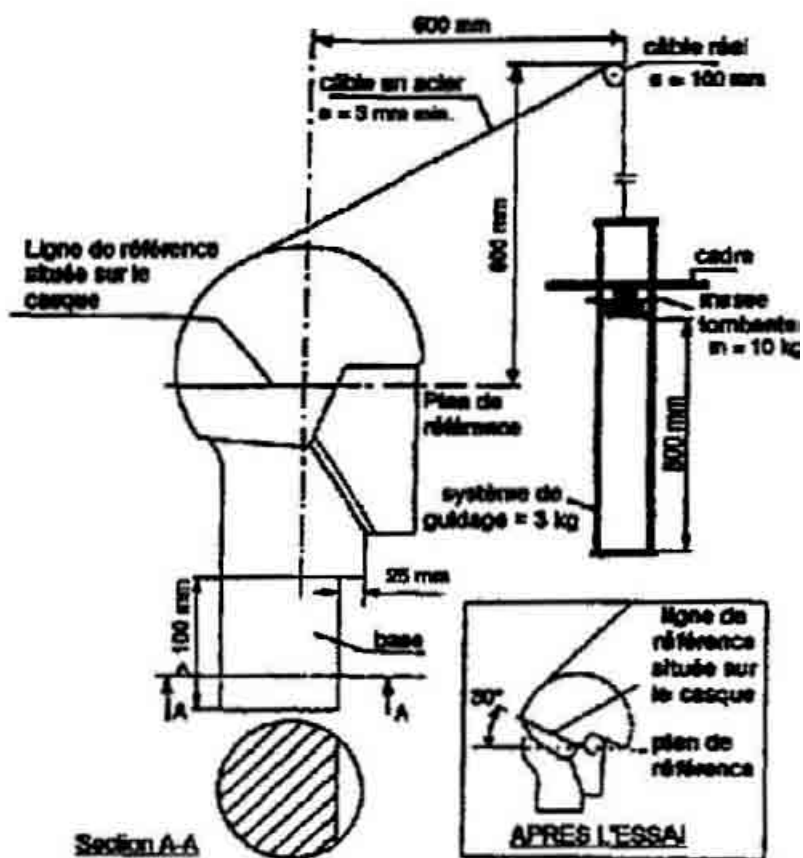


Fig. 3

E/ECB/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECB/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 89
Annexe 8

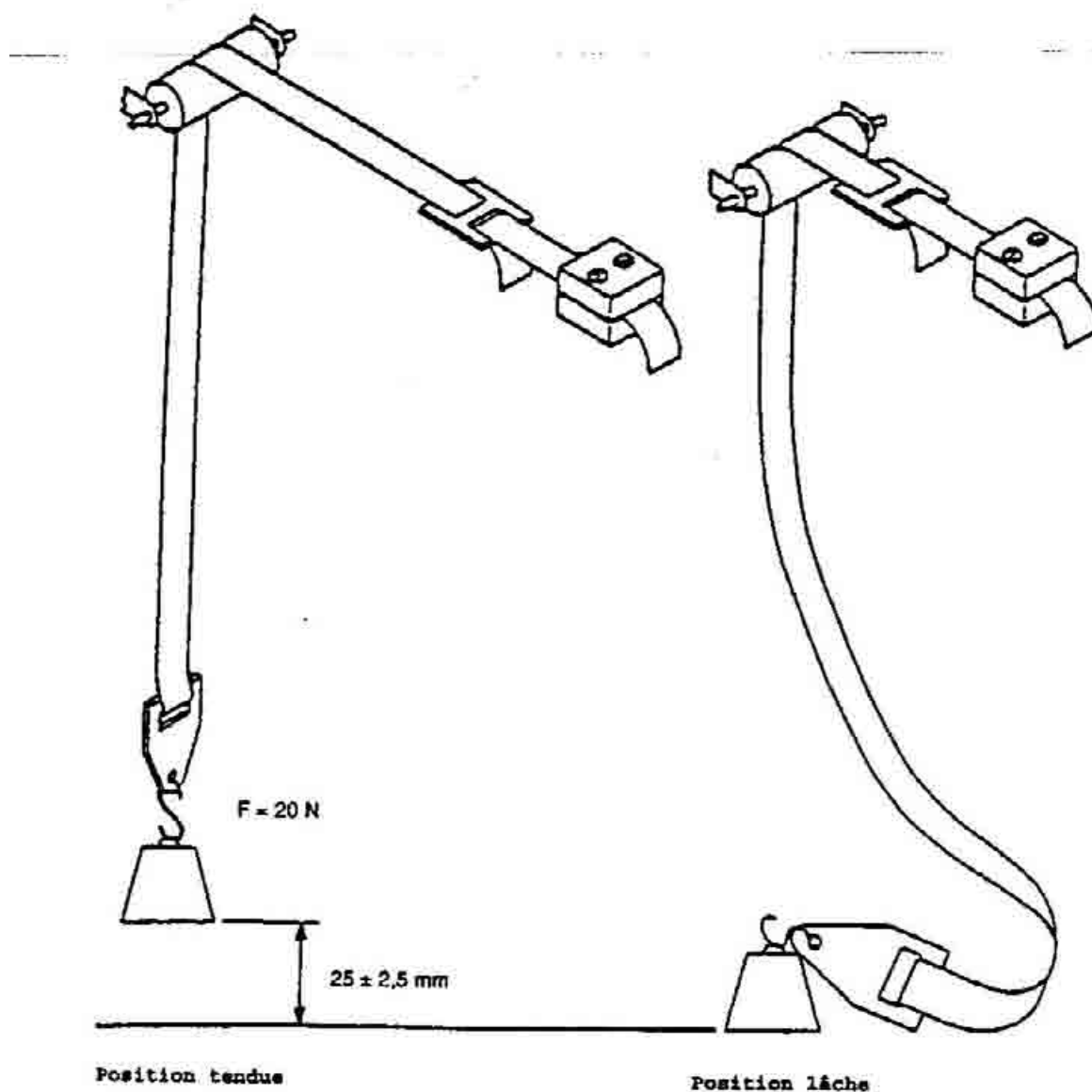


Fig. 4 : Appareil pour l'essai de glissement de la jugulaire

E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 90
Annexe 8

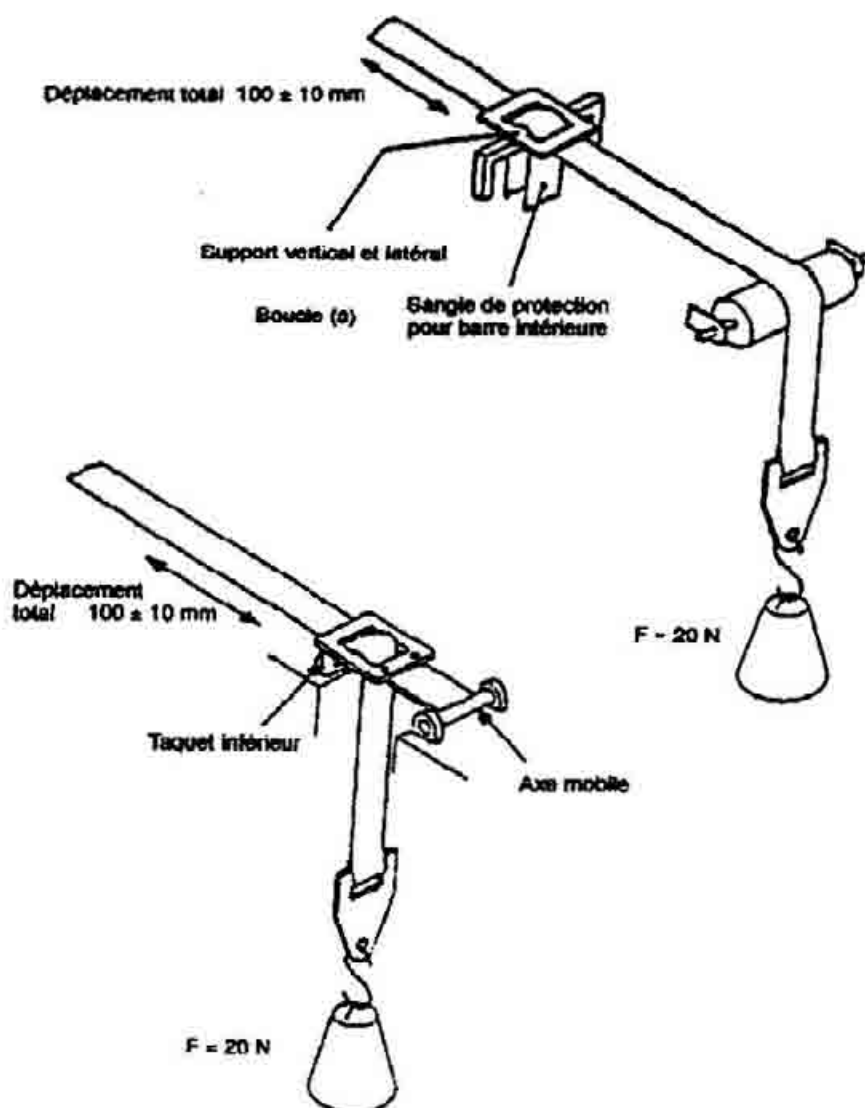
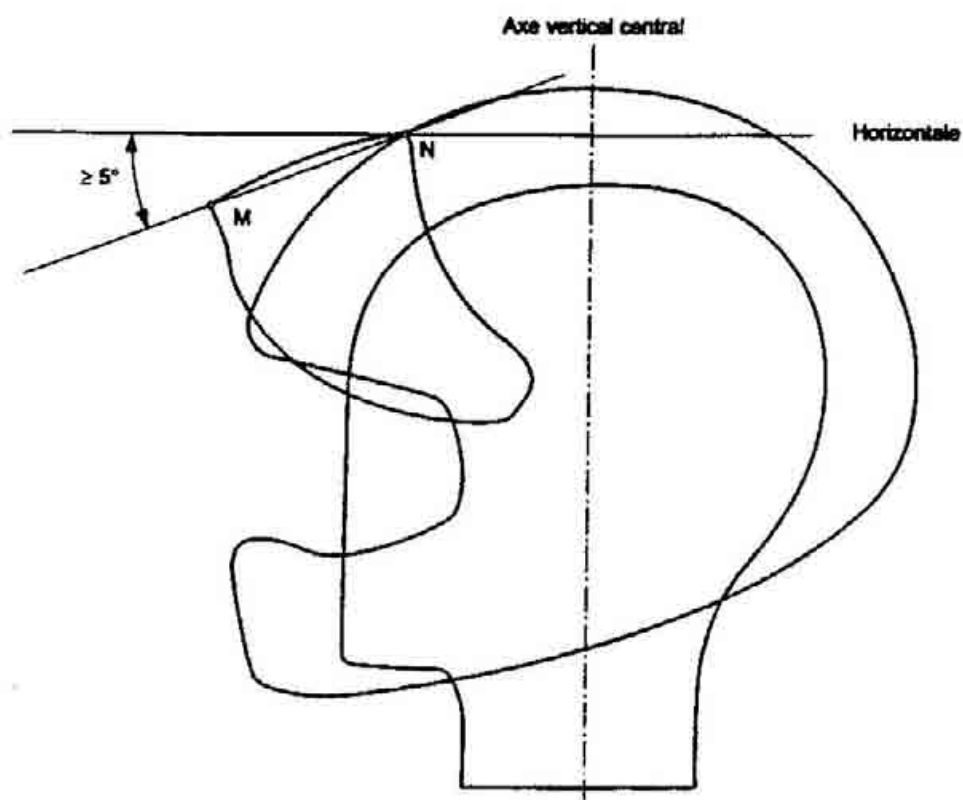


Fig. 5 : Appareil pour l'essai de frottement de la jugulaire

E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 91
Annexe 9

Annexe 9

VERIFICATION DE L'ANGLE D'OUVERTURE DE L'ECRAN



La sécante MN est la droite joignant les points des bords supérieur et inférieur de l'écran, contenus dans le plan vertical médian du casque.

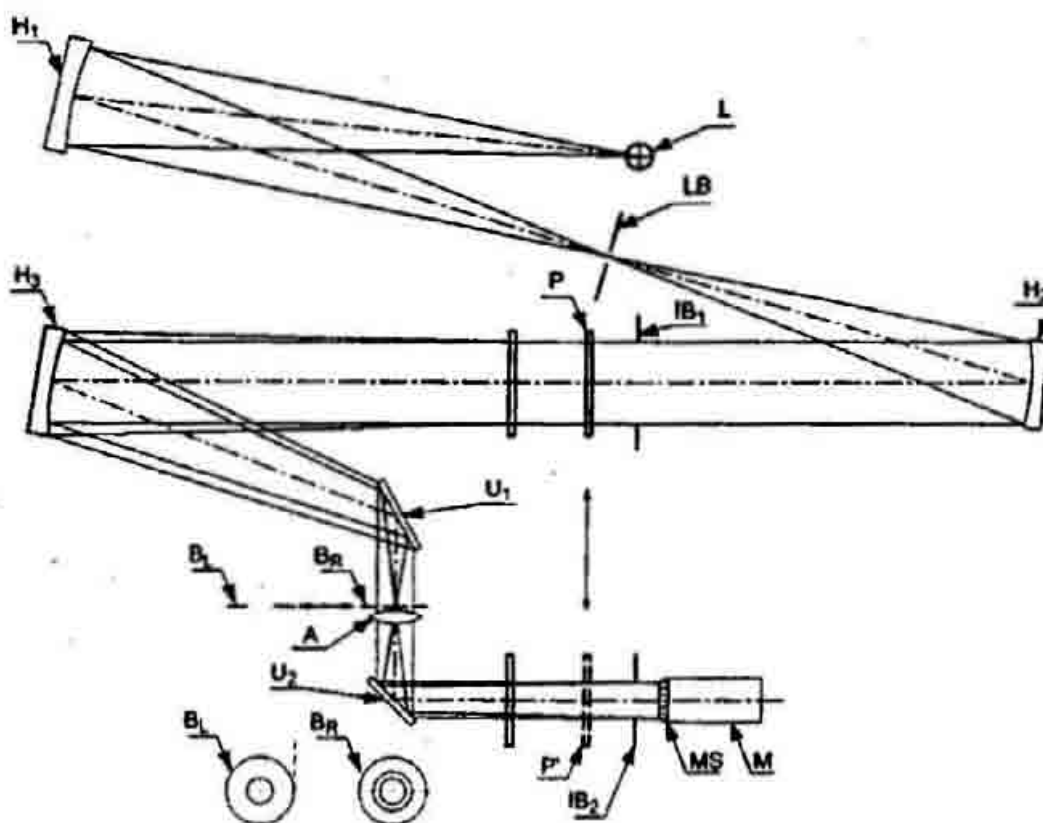
E/ECE/324 } Rev.1/Add.21/Rev.4
E/ECE/TRANS/505 }
Règlement No 22
page 94
Annexe 11

Annexe 11

METHODES DE MESURE DE LA DIFFUSION DE LA LUMIERE
ET DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION LUMINEUSE

1. METHODE a)

1.1. Appareillage



Cet appareillage capte toute la lumière non diffuse provenant de l'écran dans un angle pouvant aller jusqu'à $0,72^\circ$ (en se servant du diaphragme B_1), et toute la lumière diffuse dans des angles compris entre $1,5^\circ$ et 2° par rapport à l'axe optique (en se servant du diaphragme B_2). La zone angulaire joue un rôle important en conduite de nuit, où il faut observer une plage à proximité immédiate des phares. Les dimensions ci-dessous sont communiquées à titre d'information en vue de la réalisation éventuelle d'un appareillage :

B. Compte-rendu d'expertise d'un casque d'un impliqué RIDER réalisée
par SHARK.

	FICHE TECHNIQUE CASQUE N° 020	Date 03/12/03

MODELE

Casque en Fibres SHARK Modèle RSF1 Décor Fogarty – Taille 59 (L)

ETAT GENERAL DU CASQUE

- Homologation : 22.04
- Age : environ 3 ans
- Utilisation : A priori intensive, comme le montre l'usure de certaines parties telles que le système de verrouillage, les habillages des jugulaires et d'une manière générale le vieillissement des matières.
- L'écran n'a pas été fourni avec le casque, ce qui ne permet pas de commenter son état.
- Les habillages intérieurs ont un vieillissement normal pour un casque de cet âge et ne laissent pas apparaître de traces particulières de sang ou autre (sauf peut-être sur la partie mentonnière, mais le casque ayant été lavé c'est difficile à déterminer).

ASPECT EXTERIEUR DE LA CALOTTE

- Sur la partie frontale, trace de glissement, probablement sur du bitume.



- L'état de la calotte dans la partie haute (zone de protection ABCEF) est bon, avec toutefois une marque qui est peut-être due à une compression, du côté supérieur gauche au-dessus du champ de vision.



- Le casque porte des traces sur l'arrière qui font penser à des traces de pneu ou de gomme et la partie inférieure de la calotte côté gauche porte des traces d'écrasement ce qui à nouveau laisse penser à une mise en compression du casque.



- On constate des ruptures légères de la calotte uniquement du côté gauche alors que la mentonnière côté droit elle porte des marques de frottement.



EXAMEN INTERIEUR CASQUE

- Polystyrènes Joues :

* Gauche a subi une très forte pression avec probablement un enfoncement de la calotte au moment de l'accident confirmant la compression côté mâchoire gauche.

* Droit ne porte pas de trace importante de compression sinon tout de même côté supérieur droit de cette partie correspondant à la partie supérieure droite de la mâchoire



- Calotin : Ne présente aucune trace de choc, ni d'enfoncement assez net pour être significatif.





- Calotte :

- * Date de fabrication de la calotte figurant à l'intérieur : 06/99.
- * Totalement intacte et ne laisse apparaître aucune trace dans la partie coiffe.



- * Légère déchirure constatée dans la partie inférieure arrière gauche, mais ne dépassant pas 4 cm à partir du joint d'embase
- * 2 légères traces de déchirures sur 1,5 cm dans la partie inférieure arrière gauche et inférieure avant gauche du champs de vision.



- Mentonnière : Le polystyrène semble très écrasé dans sa partie supérieure avant qui laisse penser que la tête de l'accidenté a pu frapper violemment cette partie (ce qui est vraisemblable étant donné que la jugulaire était détendue et donc la tête n'était pas retenue). Cependant cela peut provenir également de l'utilisation quotidienne (prise du casque autour du guidon ou du bras), mais cela paraît moins probable.

- Jugulaire : Il semble qu'elle soit attachée non serrée car le réglage tel qu'il a été fourni paraît très éloigné d'une position naturelle du menton.

CONCLUSIONS

L'ensemble de ces éléments nous laisse penser que s'il y a eu blessures, ce qui est probable, elles ne sont pas dues à un choc violent sur la boîte crânienne mais plutôt à un écrasement de la partie inférieure du casque et donc des lésions au niveau de la mâchoire et peut-être du cou.

On peut imaginer que le motocycliste s'est fait rouler sur la tête. Mais il n'est pas exclu que celui-ci ait perdu son casque (étant donné le réglage de la jugulaire). Cela pourrait d'ailleurs expliquer mieux la compression de la calotte qui est en vide et donc plus abîmée dans sa partie basse. Dans ce cas, il est évident que les blessures peuvent être d'un tout autre ordre puisque la fin de la chute a pu se produire sans casque...

XI. Bibliographie

- [1] Alliez B, Gola R, Waller PY, Cheynet F. *Fractures de l'étage antérieur de la base du crâne. Actualisation du diagnostic et du traitement.* Encycl Méd Chir (Paris : Elsevier), Stomatologie et Odontologie, 22-075-A 10. 1994. 17 p.
- [2] Al-Qurainy IA, Titterington DM, Dutton GN, Stassen LFA, Moos KF, El-Attar A. *Midfacial fractures and the eye: the development of a system for detecting patients at risk of eye injury.* Br J Oral Maxillofac Surg 1991 ; 29 : 363-7.
- [3] Amans B, Guillemot H, Hermitte T, A. Martin A, Moutreuil M, Projet MAIDS, *rapport final*, Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques, mai 2003.
- [4] Amans B, Guillemot H, Hermitte T, A. Martin A, Moutreuil M, Projet RIDER, *protection du pilote par l'équipement*, Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques, novembre 2003.
- [5] Arrowsmith JE, Robertshaw HJ, Boyd JD. *Nasotracheal intubation in the presence of frontobasal skull fracture.* Can J Anaesth 1998 ; 45 : 71-5.
- [6] Ashar A, Kovacs A, Kahn S, Hakim J., *Blindness associated with midfacial fractures.* J Oral Maxillofac Surg 1998 ; 56 : 1146-50.
- [7] 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
- [8] Bähr W, Stoll P. *Nasal intubation in the presence of frontobasal fractures: a retrospective study.* J Oral Maxillofac Surg 1992 ; 50 : 445-7.
- [9] Baivier, S., Drazetic, P., & Markiewicz, E. (2002), *FE modelling of human skull in three layers and identification of the behavior law of tables.* Archives of Physiology and Biochemistry, 110, 37.
- [10] Ballart X, Riba C. *Impact of legislation requiring moped and motorbike riders to wear helmets.* Evaluation and Program Planning 1995;18:311-20.
- [11] Branas CC, Knudson MM. *Helmet Laws and Motorcycle Rider Death Rates.* Accid Anal Prev 2001 Sep;33(5):641-648.
- [12] Beirne JC, Butler PE, Brady FA. *Cervical spine injuries in patients with facial fractures: a 1-year prospective study.* Int J Oral Maxillofac Surg 1995 ; 24 : 26-9.
- [13] Billheimer, Stephen. "Evaluation Activities in Support of the California Motorcyclists Safety Program." Proceedings: International Motorcycle Safety Conference (1990); Motorcycle Safety Foundation

- [14] Björnstig UL, PO Bylund, T Lekander, B Brorsson, *Motorcycle fatalities in Sweden. Acta Chir Scand* 1985; 151: 577-581
- [15] Braddock M, Schwartz R, Lapidus G, et al. *A population-based study of motorcycle injury and costs. Ann Emerg Med* 1992;21:273-8.
- [16] Brimacombe JR, Berry AM. *Cricoid pressure. Can J Anaesth* 1997 ; 44 : 414-25.
- [17] Brun-Cassan, F., J.C. Vincent, A. Fayon and C. Tarriere. "Investigation of a Series of Representative Experimental Collisions Between Automobiles and Two-Wheeled Vehicles, with Specific Analysis of Severity of Head Injuries." *Accident Reconstruction Technologies* (1990): Society of Automotive Engineers
- [18] Cairns H, H Holbourn, *Head injuries in motorcyclists: With special reference to crash - helmets, Br Med J* 1943; 1: 591-598
- [19] Canaple, B., Drazetic, P., & Cesari, D. (1999a). *Développement d'une méthodologie de reconstruction d'accidents de la circulation en vue d'Identifier les mécanismes lésionnels de la tête. Revue Française de Mécanique*, 3, 187-193.
- [20] Canaple, B., Rungen, P., Drazetic, P., Markiewicz, E., & Cesari, D. (2003). *Towards a finite element head model used as a head injury predictive tool. Int. Journal of Crashworthiness*, 8(1), 19-30.
- [21] Canaple, B., Rungen, P., Markiewicz, E., Drazetic, P., & Cesari, D. (2001). *Identification of a skull/brain interface representation in a finite element head model. Archives of Physiology and Biochemistry*, 109, 107.
- [22] Canaple, B., Rungen, P., Markiewicz, E., Drazetic, P., Happian Smith, J.H., Chinn, B.P., & Cesari, D. (2002). *Impact model development for the reconstruction of current motorcycle accidents. Int. Journal of Crashworthiness*, 7(3), 307-320.
- [23] Carr WP, D Brandt, K Swanson, *Injury patterns and helmet effectiveness among hospitalized motorgyclists, Minn Med* 1981; Sept- 521-527
- [24] Chinn, B.P., G.L. Donne and P.D. Hopes. "Motorcycle Rider Protection in Frontal Impacts." *Accident Reconstruction Technologies* (1990): Society of Automotive Engineers SAE Paper 856128
- [25] Cogan D, *Accidentologie et traumatologie des deux-roues à moteur*, thèse pour le doctorat de médecine, 1978
- [26] Cooter, R.D. and D.J. David. "Motorcyclist Craniofacial Injury Patterns." *Proceedings: International Motorcycle Safety Conference* (1990): Motorcycle Safety Foundation
- [27] Damseaux S. *Étude statistique des fractures maxillaires traitées dans le service de Stomatologie de l'Université de Bruxelles pendant 14 années. Rev Stomatol Chir Maxillofac* 1968-69 : 60-71.

- [28] Delille, C., Drazetic, P., Markiewicz, E., Canaple, B., Masson, C., & Serre, T. (2000). *Développement d'une tête physique déformable en stéréolithographie : Applications au choc automobile*. Science et Technologie : regards croisés, CNRIut'2000, Presses Universitaires d'Orléans, 367-380.
- [29] Donat TL, Endress C, Mathog RH. *Facial fracture classification according to skeletal support mechanisms*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1998 ; 124 : 1306-14.
- [30] Ferrando J., Antoni Plasència A., Orós M., Borrell C., Kraus JF., *Impact of a helmet law on two wheel motor vehicle crash mortality in a southern European urban area*, Institut Municipal de Salut Publica, Ajuntament de Barcelona
- [31] Fleming NS, Becker ER. *The impact of the Texas 1989 motorcycle helmet law on total and head-related fatalities, severe injuries and overall injuries*. Med Care 1992;30:832-45.
- [32] Goldstein JP., *The Effect of Motorcycle Helmet Use on the Probability of Fatality and the Severity of Head And Neck Injuries*, Copyright Jonathan P. Goldstein Ph.D. 1986.
- [33] Goodnow, R.K. "Injury Severity, Medical Costs and Associated Factors for Helmeted and Unhelmeted Motorcyclist Crash Costs Transported to Hospitals in Amarillo, Austin, Corpus Christi and San Antonio Texas." Proceedings: International Motorcycle Safety Conference (1990): Motorcycle Safety Foundation
- [34] Grandel. J. and D. Schaper. "Impact Dynamic, Head Impact Severity and Helmet's Energy Absorption in Motorcycle/Passenger Car Accident Tests." Accident Reconstruction Technologies (1990): Society of Automotive Engineers
- [35] Guillemot H, Hermitte T, A. Martin A, Moutreuil M, *Mécanismes lésionnels chez les motocyclistes en France*, Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference XIII, Banff, Alberta, 8-11 juin 2003.
- [36] Happian-Smith, J., M.A. Macaulay and B.P. Chinn. "Computer Simulation of a Simple Motorcycle in Glancing Impacts with a Rigid Barrier." Proceedings: International Congress and Exposition (1990): Society of Automotive Engineers SAE Paper 900754
- [37] Harms FL, *A study of motorcyclist casualties with particular reference to head injuries*, IRCOBI 1984; 91-97
- [38] Hastings RH, Wood PR. *Head extension and laryngeal view during laryngoscopy with cervical spine stabilization maneuvers*. Anesthesiology 1994 ; 80 : 825-31.
- [39] Hills MW, Deane SA. *Head injury and facial injury: is there an increased risk of cervical spine injury?* J Trauma 1993 ; 34 : 549-53.
- [40] Hurt, H.H., D.R. Thom and P.M. Fuller. "Accident Performance of Motorcycle Safety Helmets." Proceedings: International Safety Conference (1990): Motorcycle Safety Foundation

- [41] Johnson RM, McCarthy MC, Miller SF, et al. *Craniofacial trauma in injured motorcyclists: the impact of helmet usage.* J Trauma 1995;38:876-8.
- [42] KAMINA P, *Petit atlas d'anatomie*, Editions Maloine, 1999
- [43] Kelly, P., T.Sanson, G. Sanson and E. Orsay. "A Prospective Study of the Impact of Helmet Usage on Motorcycle Trauma." *Annals of Emergency Medicine* 56 (1991): 852-856
- [44] Krantz KPG, *Head and neck injuries to motorcycle and moped riders -with special regard to the effect of protective helmets.* Injury 1985; 16: 253-258
- [45] Kraus, J.F., C. Peek, D.L. McArthur and A. Williams. "The Effect of the 1992 California Motorcycle Helmet Use Law on Motorcycle Crash Fatalities and Injuries." *JAMA* 272 (1994): 1506-1511
- [46] 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.
- [47] Lee KF, LK Wagner, YE Lee, JH Suh, SR Lee, *The impact-absorbing effects of facial fractures in closed-head injuries: An analysis of 210 patients.* J Neurosurg 1987; 66: 542-547
- [48] Le Fort R, *Etude expérimentale sur les fractures de la mâchoire supérieure.* Rev Chir de Paris 1901; 23: 208-227; 360-379; 479-507
- [49] Liu, W. "Current Status of FMVSS No. 218, Motorcycle Helmets." Proceedings: International Motorcycle Safety Conference (1990): Motorcycle Safety Foundation
- [50] Marciani RD, Gonty AA. *Principles of management of complex craniofacial trauma.* J Oral Maxillofac Surg 1993 ; 51 : 535-42.
- [51] McSwain NE, Belles A. *Motorcycle helmets—medical costs and the law.* J Trauma 1990;30:1189-99.
- [52] McSwain NE, Petrucelli E. *Medical consequences of motorcycle helmet nonusage.* J Trauma 1984;24:233-6.
- [53] Meyer RD, Daniel WW. *The biomechanics of helmets and helmet removal.* J Trauma 1985;25:329-32
- [54] Mock CN, Maier RV, Boyle E, et al. *Injury prevention strategies to promote helmet use decrease severe head injuries at a level I trauma center.* J Trauma 1995;39:29-35.
- [55] Muelleman RL, Mlinek EJ, Collicott PE. *Motorcycle crash injuries and costs: effect of a reenacted comprehensive helmet use law.* Ann Emerg Med 1992; 21:266-72.
- [56] National Highway Traffic Safety Administration, *State Legislative Fact Sheets, Motorcycle Helmet Use Law*, January 2001

- [57] National Highway Traffic Safety Administration. *Without Motorcycle Helmet Law We All Pay the Price*. US Dept of Transportation, August 1998.
- [58] Offner PJ, Rivara FP, Maier RV. *The impact of motorcycle helmet use*. J Trauma 1992;32:636-42.
- [59] Orsay E, Holden JA, Williams J, et al. *Motorcycle trauma in the state of illinois: analysis of the Illinois Department of Public Health Trauma Registry*. Ann Emerg Med 1995;26:455-60.
- [60] Payen JF, Bettega G, *traumatismes maxillofaciaux*, Conférences d'actualisation 1999, p. 705-719.
- [61] Pedder JB, SB Hagues, GM Mackay, *A study of 93 fatal two-wheeled motor vehicle accidents*,. IRCOBI 1979; 24-38
- [62] Peek-Asa C, Kraus JF. *Estimates of injury impairment after acute traumatic injury in motorcycle crashes before and after passage of a mandatory helmet use law*. Ann Emerg Med 1997;9:630-6.
- [63] Rowland J, Rivara F, Salzberg P, et al. *Motorcycle helmet use and injury outcome and hospitalization costs from crashes in Washington State*. Am J Public Health 1996;86:41-5.
- [64] Rutledge R, Stutts J. *The association of helmet use with the outcome of motorcycle crash injury when controlling for crash/injury severity*. Accid Anal Prev 1993;25:347-53.
- [65] Sarkar S, Peek C, Kraus JF. *Fatal injuries in motorcycle riders according to helmet use*. J Trauma 1995;38:242-5.
- [66] Schoonboroodt M., *Le casque motocycliste : son rôle lors d'un accident de la route, implications médico-légales*, Université Libre de Bruxelles - Faculté de Médecine, 1998, p. 142.
- [67] Sécurité routière, *la sécurité routière en France, bilan de l'année 2001*, la documentation française, Paris, 2002.
- [68] Sécurité routière, *la sécurité routière en France, bilan de l'année 2002*, la documentation française, Paris, 2003.
- [69] Shankar BS, Ramzy AI, Soderstrom CA, Dischinger PC, Clark CC, *Helmet use, patterns of injury, medical outcome, and costs among motorcycle drivers in Maryland*, Maryland Institute for Emergency Medical Services Systems, 1992 Aug;24(4):385-96
- [70] Sosin DM, Sacks JJ, Holmgreen P, *Head injury-associated deaths from motorcycle crashes*. JAMA 1990;264:2395-9.
- [71] Sosin DM, Sacks JJ. *Motorcycle helmet-use laws and head injury prevention*. JAMA 1992;267:1649-51.
- [72] The Trauma Foundation. *California's Motorcycle Helmet Law Has Saved Lives and Tax Dollars Since 1992* Informational Pamphlet

- [73] Trojan, G. "Brain Injury in Relation to Motorcycling: A Review of Medical Literature - Neuroanatomy and Mechanism of the Brain." Proceedings: International Motorcycle Safety Conference (1990): Motorcycle Safety Foundation
- [74] Tsai YJ, Wang JD, Huang WF. *Case-control study of the effectiveness of different types of helmets for the prevention of head injuries among motorcycle riders in Taipei, Taiwan.* Am J Epidemiol 1995;142:974-81.
- [75] ULP Strasbourg, programme PREDIT PROTEUS (PROtection de la TÊte des Usagers vulnérables), *proposition de programme de recherche Groupe 4 (Usagers vulnérables) du PREDIT III, 2003*
- [76] Wagle, V.G., C. Perkins and A. Vallera. "Is Helmet Use Beneficial to Motorcyclists?" The Journal of Trauma 34 (1993) 120-123
- [77] Walker J, Johnson SW, NHTSA "CODES" Study (The Crash Outcome Data Evaluation System (CODES) Study, report n° DOT HS 808 338, NHTSA Technical Report, January 1996
- [78] Watson GS, Zador PL, Wilks A. *The repeal of helmet use laws and increased motorcyclist mortality in the United States, 1975-1978.* Am J Public Health 1980;70:579-85.
- [79] Wells S et coll. : "Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study." Br Med J., 2004 ; 328 : 857-861.
- [80] Willinger, R., & Baumgartner, D. (2003). *Numerical and physical modelling of the human head under impact - Towards new injury criteria.* Int. J Vehicle Design, Vol.31, N1/2, pp 94-115
- [81] Willinger, R., Diaw, BM., & Kang, HS. (2000b). *Finite element modeling of skull fracture caused by direct impact.* Int. J. of Crashworthiness, Vol.5 N°3, 249-258.
- [82] Willinger, R., Diaw, BM., Baumgartner., & Chinn, B. (2002). *Full face protective helmet modeling and coupling with a human head model.* Int. J. of Crashworthiness, 2002, Vol 7, N°2, 167-178.
- [83] Willinger, R., Guimberteau, T., & Baumgartner, D. (2000a). *Dynamic characterization of motorcyclist's helmet.* J of Sound and Vibration, vol.235(4), 611-625.
- [84] Willinger, R., Kang, HS., & Diaw, BM. (1999a). *Développement et validation d'un modèle mécanique de la tête humaine.* C. R. Acad. Sci. Paris, t.326, Série II b, pp. 125-131.
- [85] Willinger, R., Kang, HS., & Diaw, BM. (1999c). *Modélisation de la boîte crânienne et du cerveau soumis à un impact.* Revue Française de Mécanique n° 1999-3, 179-185.
- [86] Zmyslowski WP, Maloney PL. *Nasotracheal intubation in the presence of facial fractures.* JAMA 1989 ; 262 : 1327-8.

XII. Sites Internet

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

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

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

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

<http://www.cetih.fr/> (institut français du textile et de l'habillement)

<http://www.code-route.com/>

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

<http://www.kinetics-online.co.uk>

<http://www.lerepairedesmotards.com>

<http://www.motoservices.com>

<http://www.reevu.com>

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

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

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

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

XIII. Table des figures et des tableaux

<u>Fig 1</u> : Tués par million de véhicules en fonction du kilométrage annuel moyen.	p.11
<u>Figure n°2</u> : Comparaison de l'évolution entre parc et tués en fonction de la catégorie de deux-roues de 1997 à 2001	P.14
<u>Fig 3</u> : Répartition des blessures en France et en Ile de France en fonction du port du casque.	P.17
<u>Fig 4</u> : Identification des points d'impact (norme ECE 22)	p.21
<u>Fig 5</u> : taille théorique d'un casque capable d'absorber l'énergie d'un choc survenant à 64,4 km/h	P.50
<u>Fig 6</u> Taux de port du casque	P.59
<u>Fig 7</u> : Port du casque selon la cylindrée, pilote et passager	P.60
<u>Fig 8</u> : Port correct du casque selon la cylindrée, pilote et passager	P.61
<u>Fig 9</u> : Ejection du casque et port correct	P.62
<u>Fig 10</u> : Vétusté du casque selon la cylindrée, pilote et passager	P.63
<u>Fig 11</u> : Type de casque porté	P.64
<u>Fig 12</u> : Type de casque porté en fonction du type de machine	P.65
<u>Fig 13</u> : Localisation des lésions en fonction du type de casque	P.66
<u>Fig 14</u> : Nombre moyen de lésions à la tête et à la face par accidenté	P.67
<u>Fig 15</u> : Localisation des chocs sur le casque	P.68
<u>Fig 16</u> : Typologie des lésions à la tête	P.70
<u>Fig 17</u> : Réduction des blessures grâce à l'équipement : le casque.	P.71
<u>Tableau n°1</u> : Evolution de la mortalité des conducteurs en fonction de la catégorie de deux-roues de 1997 à 2001	P.13
<u>Tableau n°2</u> : Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque chez les cyclomotoristes en rase campagne et en agglomération	P.15
<u>Tableau n°3</u> : Evolution entre 1999 et 2003 des taux de port du casque chez les motocyclistes en rase campagne et en agglomération	P.16
<u>Tableau n°4</u> : Epaisseur théorique d'un casque « efficace » en fonction de la vitesse	P.49
<u>Tableau n°5</u> : Echelle de sévérité du codage AIS	P.58

XIV. 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 les 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).