

DISPOSITIFS DE RETENUE DES ENFANTS A BORD DES VEHICULES -
ANALYSE ET EVALUATION DES DIFFERENTS SYSTEMES

MM. OBERLE.G.*, MAURON G.* et Collaborateurs, C. TARRIERE **

* CENTRE D'ETUDES DE PARIS DES AUTOMOBILES PEUGEOT

** LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE ET DE BIOMECHANIQUE DE
L'ASSOCIATION PEUGEOT- RENAULT.

Les dispositifs de retenue disponibles actuellement en post-équipement, pour les enfants en bas âge (8 mois à 4 ans), offrent à la clientèle le choix entre de nombreux modèles que nous pouvons classer en trois catégories :

- les harnais, les sièges baquets et les réceptacles.
- LE HARNAIS se compose de sangles, boucles et attaches, formant une ceinture abdominale et des bretelles. Le tout est relié par une sangle aux points d'ancrages d'origine sur les véhicules, ou à des points d'ancrages spéciaux supplémentaires.
- LES SIEGES BAQUETS sont des sièges indépendants de ceux du véhicule, ils sont destinés à être occupés personnellement par un enfant mais ne constituent pas vraiment le moyen de retenue. C'est au harnais situé dans ces sièges que revient essentiellement cette fonction.

Les sièges baquets sont rendus solidaires du véhicule par des attaches fixées sur les points d'ancrage, mais ils nécessitent souvent des points supplémentaires.

- LES RECEPTACLES, eux sont placés devant l'enfant.

Ils sont conçus de telle manière qu'aucune sangle ne soit en contact avec l'enfant, ou tout au plus une ceinture abdominale. Ils offrent au moment du choc une surface de contact importante au thorax, éventuellement à la tête.

Les difficultés fondamentales, que l'on rencontre dans l'étude des dispositifs de retenue des enfants, résident dans les limites mal définies des particularités anthropométriques et biomécaniques des enfants.

Notre but, en l'absence de données précises, a été de comparer et d'évaluer l'efficacité des différents dispositifs de retenue dans les voitures, sans pour autant déduire si les seuils de tolérances humaines des enfants étaient atteints ou dépassés.

CONDITIONS GENERALES D'ESSAIS

a/ Le mannequin d'essais utilisé est un anthropomorphe de 3 ans de marque SIERRA.

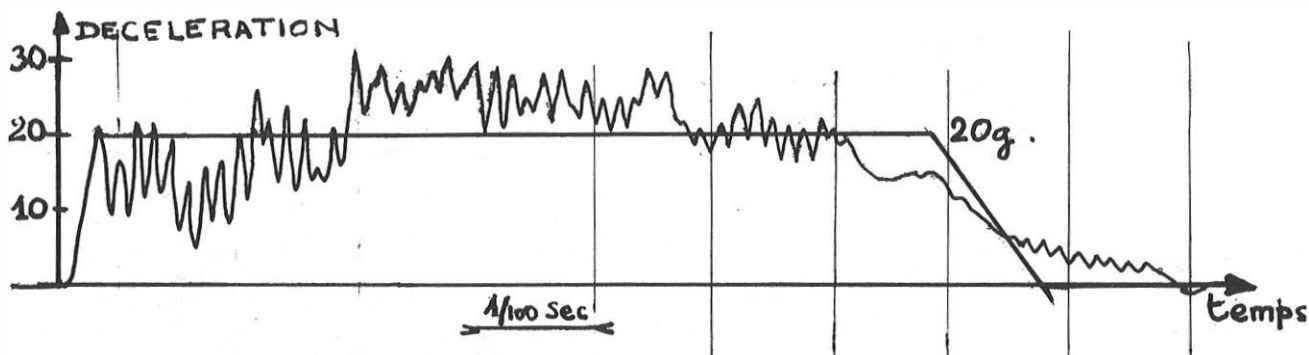
b/ Les paramètres mesurés sont :

- . Les décélérations "tête et thorax" suivant trois composantes
- . Les films à grande vitesse pris pendant le choc permettent de reconstituer les trajectoires et les déplacements maxima de l'enfant
- . Les indices de sévérité à la tête, les modules d'accélération maximum et écrêtés à 3 ms. au thorax sont calculés.









c/ Les essais sont réalisés dans des habitacles de véhicule 504 équipés des aménagements intérieurs de série (siège, ancrage, planche de bord, etc....)

La loi de décélération du chariot portant l'habitacle est une loi trapézoïdale représentative du choc frontal pur de ce véhicule.

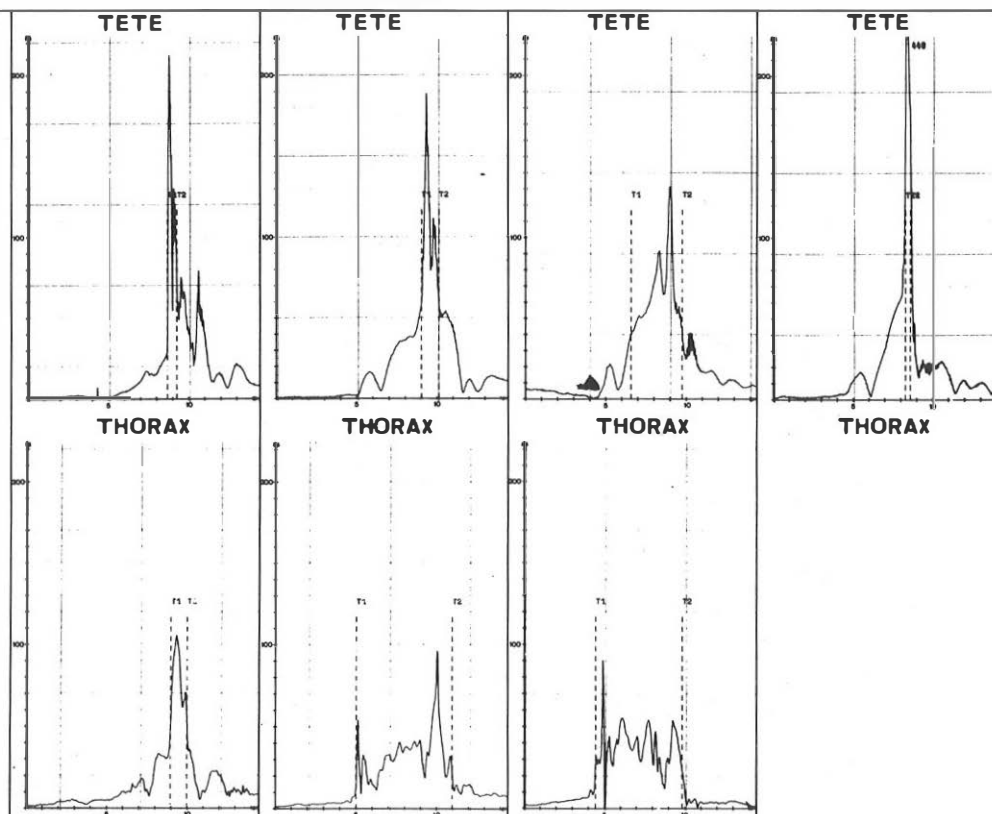
Enfoncement de 480 mm.



RESULTATS D'ESSAIS HARNAIS

N° ESSAIS			292 G2	292 G3	308 G1	308 G2
tete	deceleration en g	maxi 3 ms	213	188	132	440
	indice de severite	1/2 methode	1715	1885	1495	3790
	deplacement maxi en mm	horizontal vertical	620 -50	610 -60	580 -70	560 -20
thorax	deceleration en g	maxi 3 ms	105	96	90	
	deplacement maxi en mm	horizontal vertical	570 60	520 30	390 40	510 30
	largeur de sangle en mm		30	30	30	30
trajectoire	debut de choc					
	deplacement maxi					

MODULES DE L'ACCELERATION / TEMPS 1/ms sec 3 COMPOSANTES



- LES HARNAIS -

=====

Avec ce type de retenue, l'enfant jouit d'un confort supplémentaire, il n'est pas astreint à garder une position fixe, il a la possibilité de se mettre debout, à genoux, etc...mais c'est au détriment de la sécurité en cas de collision.

Le déplacement de l'enfant au cours du choc est dans tous les cas de figure beaucoup trop important; il permet à l'enfant de venir heurter les différentes parties rigides de l'habitacle.

Cette liberté de position peut également s'avérer dangereuse avec certains harnais, lors du freinage d'urgence ou de virages prononcés. L'enfant debout sur le siège, en se retournant pour regarder par la lunette AR, peut s'enrouler la sangle de retenue du harnais autour du cou.

Le plus dangereux avec ces dispositifs de sécurité est la position du harnais sur le corps de l'enfant. Les bretelles souvent étroites et la ceinture du bassin, retiennent l'enfant uniquement par le thorax et l'abdomen ; ils n'utilisent pas les points d'appuis solides osseux du bassin.

Les risques de traumatismes thoraciques sont importants, ainsi que les dangers que représente une ceinture abdominale remontée au-dessus des crêtes iliaques comprimant les viscères.

- LES SIEGES BAQUETS -

=====

Les sièges baquets sont constitués d'une coque matelassée intérieurement, destinée à asseoir confortablement l'enfant. Un harnais à bretelles comprenant des sangles et une boucle fixées à la coque en 4 ou 5 points forme, à vraiment parler, le moyen de retenue.

- Ces sièges présentent, à des degrés divers, de nombreux défauts* , parmi lesquels :

1. Leur mode de fixation aux véhicules est critiquable par :

- la géométrie permettant un jeu important entre le baquet et l'habitacle, favorisant les déplacements lors du choc sans absorption d'énergie
- l'utilisation partielle ou nulle des points d'ancrages du véhicule qui seuls ont la résistance nécessaire
- le sous-dimensionnement des pièces de fixation qui font l'objet de ruptures fréquentes lors des essais.

* la critique de certains sièges commercialisés a déjà fait l'objet de publications antérieures (1) (2) (3) (4) (5)

2. Les harnais, bien que formant l'essentiel du moyen de retenue n'ont pas fait l'objet d'études assez poussées et de soins attentifs.

- La dégradation d'énergie n'est pas optimisée en fonction de la masse des enfants ;

soit que le harnais est trop rigide et conduit à des niveaux de décélération trop importants, risquant de surcroit de provoquer des lésions aux vertèbres cervicales (rapport des masses tête / thorax) ;

soit qu'il est trop faible ou trop élastique, et conduit à des trajectoires qui permettent à l'enfant de heurter les éléments rigides du véhicule.

- Les pressions sont réparties sur des petites surfaces (largeur de sangle faible), souvent mal localisées par remontée ou mauvaise position de la sangle abdominale lors du choc, lorsque le harnais ne comporte pas le 5^{me} brin entre les jambes de l'enfant. Les risques de traumatismes thoraciques et viscéraux sont les mêmes qu'avec les dispositifs à harnais seul.


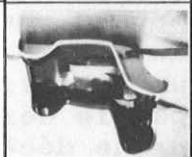









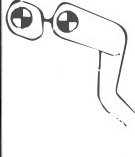
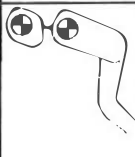


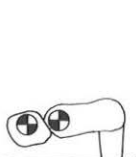


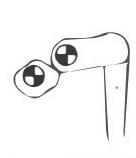









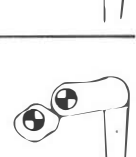
Les boucles sont également souvent en contact direct sur l'abdomen de l'enfant, ce qui peut encore aggraver l'absence du 5^{me} brin entre les jambes.

- Si le harnais est relié directement aux points d'ancrage sur le véhicule, c'est le dos de l'enfant qui retient le baquet proprement dit. Il en résulte, du fait de la masse non négligeable de certains sièges, une augmentation importante et dangereuse des efforts subis par l'enfant.
- Une distinction doit être faite pour l'utilisation de ces sièges dos à la route. La majeure partie des défauts signalés sont supprimés et les niveaux de décélération enregistrés sont favorables ; les pressions elles aussi sont réparties sur une grande surface.

Cependant, si le siège est placé à l'arrière du véhicule, le baquet repose sur le dossier du siège avant du véhicule qui n'est en général pas conçu pour supporter les efforts qu'engendrerait un choc violent ; de plus, les modes de fixation ne sont pas du tout adaptés aux véhicules encore que ce défaut pourrait être pallié en fixant le siège ainsi utilisé aux ancrages prévus à l'arrière de l'habitacle.

Il faut souligner également le mauvais confort physiologique que représente pour certains sujets le fait de voyager dans le sens inverse à la marche du véhicule.

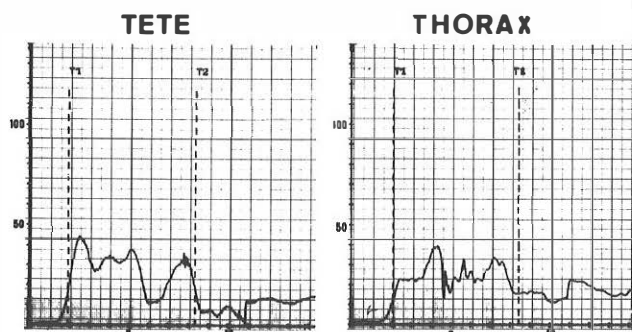
RESULTATS D'ESSAIS SIEGES BAQUET

Conditions d'essais		168G6	292G1	434G6	434G11	4C7G1	520G1	530G1	530G3
Véhicule		Plateforme	504	504	504	504	504	504	504
Vitesse en km/h		49,2	48,6	48,6	50,2	50,2	50,4	50,6	50,6
Type de siège									
Tête	Décélération maxi en g	44		220	74	68	138	62	63
	Index de sévérité 1 ^{re} /2 ^e méthode	360		270	960	710	1220	610	635
	Déplacement maxi en mm	530		450	290	350	575	405	370
Thorax	Décélération maxi en g	39		54	56	50	87	70	63
	Déplacement maxi en mm	490		300	175	230	350	210	160
	Déplacement maxi en mm	-20		.50	.45	.65	.55	.45	.50
Largeur de sangle en mm		35		30	40	38	50	25	38
Trajectoire									
Début de choc									
Déplacement maximum									

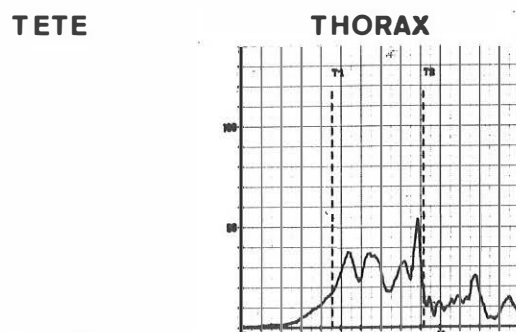
MODULES DE L'ACCELERATION / TEMPS 1/100 sec

3 COMPOSANTES

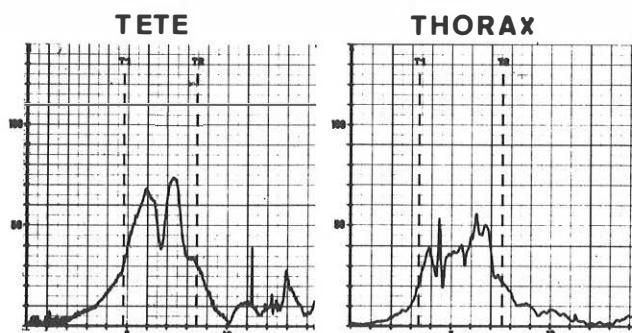
292 G1



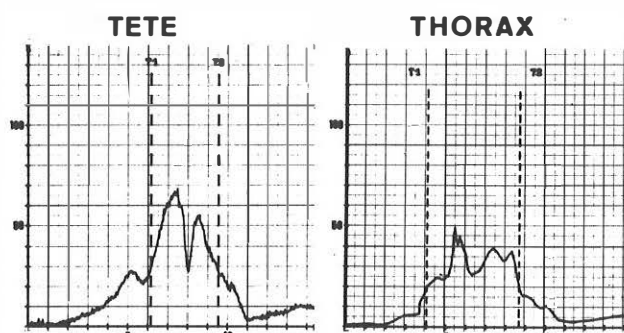
434 G6



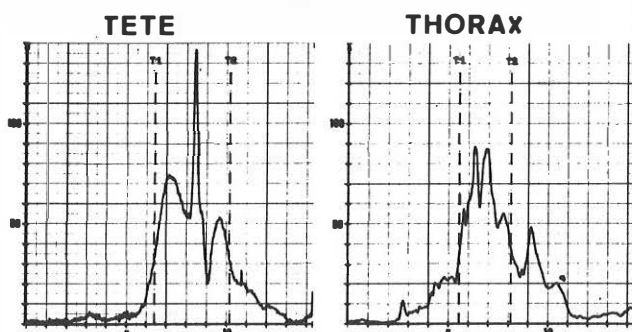
434 G11



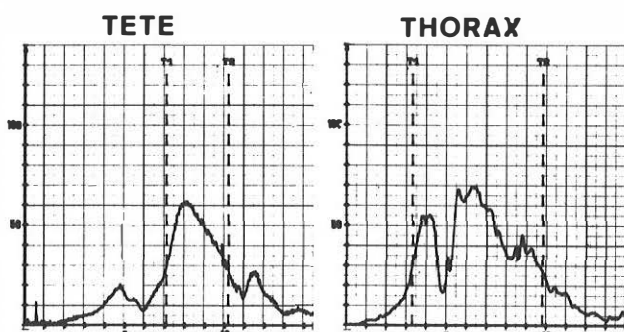
467 G1



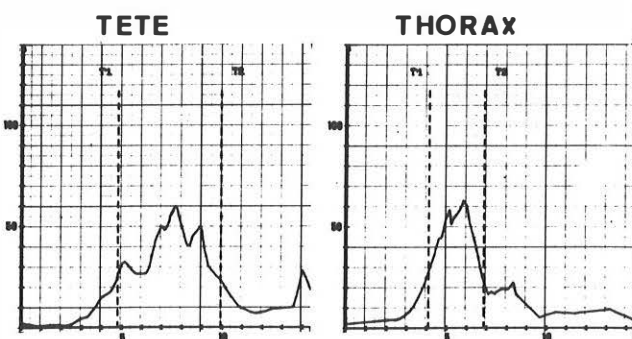
520 G1



530 G1



530 G3



- LES DISPOSITIFS A RECEPTACLE -

=====

Ces dispositifs sont réalisés de telle façon que l'enfant ne soit pas directement en contact avec la ceinture. Ils offrent au thorax de l'enfant une aire importante pour répartir au mieux les forces de décélération.

La rigidité, la géométrie, l'absorption d'énergie du réceptacle, et la cinématique de l'enfant pendant le choc, sont les paramètres primordiaux à prendre en considération dans l'étude de ces dispositifs.







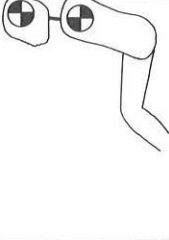
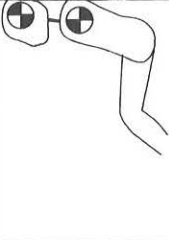
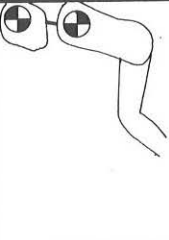

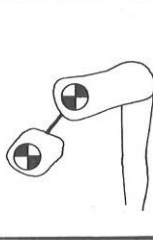


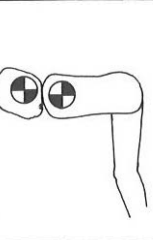

Ces sièges à réceptacle ne donnent pas actuellement entière satisfaction. L'espace entre le réceptacle et le thorax de l'enfant est parfois trop important. Il en résulte : une mauvaise utilisation de la distance disponible pour absorber l'énergie cinétique, l'apparition d'une vitesse relative par rapport au réceptacle, qui n'est pas négligeable, due au manque de couplage avec le dispositif. Il s'en suit une décélération brutale sur le réceptacle qui se traduit par un pic de décélération élevé.

Selon d'autres configurations de réceptacles, la cinématique de l'enfant au cours du choc est telle que son torse se replie sur ses jambes et les décélérations horizontales sont alors enregistrées dans l'axe vertical de l'enfant. Elles deviennent dangereuses par la possibilité des déplacements des masses suspendues, tels que le muscle cardiaque et la crosse aortique (6)

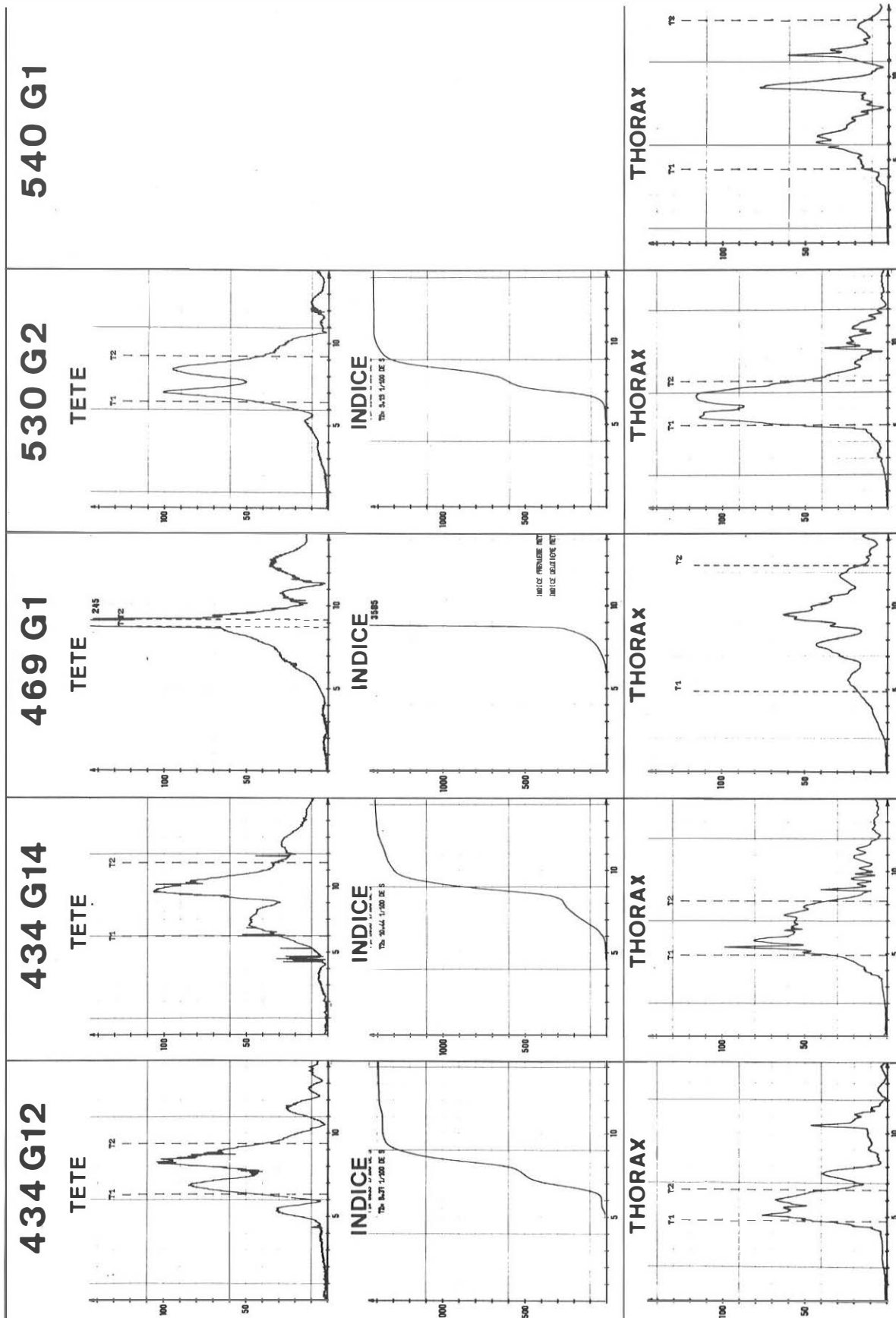
Enfin, certaines trajectoires procurent un impact de la tête par le menton sur le réceptacle, les décélérations sont directement transmises à la boîte crânienne par le maxillaire inférieur et des observations récemment publiées ont révélé le danger potentiel de ces impacts appliqués sur la moitié inférieure de la face (7)

Tous ces inconvénients sont aggravés par le fait que l'absorption d'énergie du réceptacle n'est pas optimisée en fonction de la masse des enfants.

RESULTATS D'ESSAIS DISPOSITIFS A RECEPTACLE

Conditions d'essais	Numéro d'essais	434G12	434G14	469G1	530G2	540G1
Tête	Type de siège					
	Décélération en g	104	106	245	101	
	maxi					
	pdt 3 ms	96	99	171	94	
	Indice de 1 ^{re} /2 ^e méthode sévérité	1400	1420	3585	1430	1195
Thorax	Déplacement horizontal	530	735	780	470	670
	maxi en mm					
	vertical	-45	-305	-140	-90	-155
	Décélération en g	76	98	63	116	78
	pdt 3 ms	66	77	56	114	64
Trajectoire	Déplacement horizontal	295	480	590	270	510
	maxi en mm					
	vertical	-50	-120	-110	-10	-140
	Début de choc					
	Déplacement maximum					

MODULES DE L'ACCELERATION / TEMPS 1/100 sec 3 COMPOSANTES



- CONCLUSIONS -

=====

Les différents dispositifs de retenue pour enfants : harnais, sièges baquets, réceptacles actuellement commercialisés n'offrent pas, à des degrés divers, une protection suffisante pour les enfants lors de chocs violents. Certains même peuvent être dangereux, car ils offrent une sécurité illusoire qui pourrait se révéler inférieure à celle obtenue par la seule précaution de laisser l'enfant aux places AR.

Il suffirait pour quelques-uns de modifications peu importantes pour améliorer leurs performances dynamiques (8). Par contre, d'autres sont de conception inadaptée au problème de la retenue des enfants.

Il est naturel de trouver d'aussi mauvais résultats. En effet, peu de dispositifs ont fait l'objet d'essais dynamiques sérieux dans les véhicules et les éléments liés aux conditions réelles d'utilisation n'ont pu être pris en considération. Par ailleurs, les limites des tolérances biomécaniques des enfants sont actuellement très mal connues.

Notre participation à ce difficile problème de la retenue des enfants ne se borne pas à un examen critique des dispositifs existants.

Nous avons entrepris une étude originale et spécifique qui fait, à l'heure actuelle, l'objet de nombreux essais. Elle prend en compte aussi largement que possible les connaissances acquises dans les domaines :

- des limites biomécaniques des tolérances humaines au choc; même si elles ne sont pas spécifiques de l'enfant elles peuvent être éclairées par l'application de l'analyse dimensionnelle à partir des tolérances de l'adulte (9)
- des conditions rencontrées réellement dans un véhicule : (le contexte environnement véhicule) : trajectoire de l'enfant dans l'habitacle et lois de décélérations représentatives des accidents réels.
- de l'optimisation de l'absorption d'énergie en fonction des espaces disponibles dans les véhicules et de la masse des enfants concernés (8)

Les premiers résultats que nous possédons sont très encourageants et nous permettent d'espérer parvenir à l'élaboration d'un dispositif réel de sécurité.

BIBLIOGRAPHIE -----

- (1) HONTSCHIK H. - SCHMIDT T
- Evaluation of protective devices for children in motor
véhicules -
Battell institut e;v; Frankfurt am Main

- (2) F.DAVID C. VERBERT, BRIAN A. VAZEY, JAMES M. WYLLIE
RODNEY G. VAUGHAN and Vladimir LEITIS (730972)
- Evaluation of Australian child restraints -
XVII^e Stapp car crash conférence

- (3) VERNE L. ROBERTS and JAMES H. Mc ELHANEY (720971)
- Dynamic performance of child seating Systems -
XVI^e Stapp car crash conférence

- (4) APPOLDT F.A.
- Dynamic tests of restraints for children -
VIII^e Stapp car crash conference

- (5) G.M. MACKAY
- Tests of child safety seats -
"DRIVE" revue de "Automobil Association" 1973

- (6) R. COERMANN, G. DOTZAVEK, W.LANGE, G.E. VOIGT
- The effects of the design of the steering assembly and
the instrument panel on injuries (especially aortic rupture)
sustained by car drivers in head on collision -
The Journ of Trauma 12.8.1972

- (7) G. MERIGNARGUES, C. GOT, C. TARRIERE, F. HONNART,
A.M. CHESNEAU, A. PATEL
- Les fractures circulaires de la base du crâne au cours des
Accidents de la route -
La nouvelle presse médicale 1974.

- (8) D. DE ROSA - F. FAYON - C.TARRIERE - G. MAURON
- Déplacement admissible en choc frontal pour les enfants
retenus. - Validité de ce critère pris comme critère de
protection -
Communication à la 2^{me} Conférence Internationale de
l'IRCOBI - Lyon Septembre 1974.

(9) A. FAYON -C. TARRIERE

- Essai de définition de la tolérance de la tête des jeunes enfants aux chocs -

Communication à la 2me conférence internationale de
l'IRCOBI - Lyon Septembre 1974