

*Claude DOLIVET  
Véronique MORVAN*

# ***AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ DES ENFANTS EN CORSETS-SIÈGES***

***Rapport final***

*Rapport LBMC n° 2004  
Rapport de Convention avec la Fondation MAIF  
Juillet 2000*



*Claude DOLIVET\*, Véronique MORVAN\*\*.*

*\* Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs.  
25, avenue François Mitterrand, Case 24  
F-69675 BRON cedex*

*\*\* Hôpital National de Saint-Maurice.  
Institut National de Rééducation.  
14, rue du Val d'Osne.  
F-94415 Saint-Maurice cedex.*

*Les auteurs du rapport remercient vivement*

*Le Docteur Pascale FODE et son équipe du CERAH.  
Monsieur C. LECANTE de l'UFOP,  
pour la fourniture des corsets-sièges,*

*Le responsable et les techniciens de l'équipe du banc dynamique  
pour leur collaboration lors des campagnes d'essais.*



**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE  
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SÉCURITÉ**

## Fiche bibliographique

1 U.R. L.B.M.C.	2 Projet n° A 3-7	3 Rapport LBMC N° 2004	
4 Titre : Amélioration de la sécurité des enfants en corsets-sièges			
5 Sous-titre : Rapport final		6 Langue F	
7 Auteur(s) : Claude DOLIVET Véronique MORVAN		8 ISRN n° : INRETS/RR/00-513-FR	
9 Nom adresse financeur, coéditeur Fondation MAIF Immeuble Le Pavois. 50, Avenue Salvador ALLENDE 79000 NIORT		10 N° convention 9841	11 Date de publication Juillet 2000
12 Remarques			
13 Résumé <p>L'INRETS a été sollicité pour examiner la sécurité des enfants handicapés dans les automobiles. Une première recherche basée sur une revue bibliographique et sur la réalisation d'une enquête a montré que les enfants dont le handicap nécessite un appareillage de maintien de posture (corset-siège), posent le plus de problèmes et bénéficient très rarement d'une protection efficace en cas d'accident.</p> <p>Une première campagne expérimentale d'essais dynamiques a été réalisée dans les conditions dérivées des essais d'homologation des dispositifs de protection pour enfants selon les prescriptions du règlement européen 44. La sécurité offerte par les dispositifs testés n'est pas très élevée, principalement à cause d'un mauvais positionnement de la sangle sur le corps du mannequin d'essai.</p> <p>Ce document décrit, à partir d'essais dynamiques, l'expérimentation des solutions techniques permettant d'accroître la sécurité des enfants transportés dans leur corset-siège. Pour s'affranchir des particularités individuelles, il a été décidé de travailler avec des corsets-sièges directement moulés sur le mannequin d'essais. La conception de ce corset-siège intègre tous les éléments indispensables au quotidien des enfants handicapés. C'est la raison pour laquelle sa définition a été étudiée avec l'aide des spécialistes de la rééducation infantile.</p> <p>.</p>			
14 Mots clés : Enfant, sécurité, handicapés, corsets-sièges, ceinture de sécurité, dispositif de protection		15 Diffusion Normale	
16 Nombre de pages 26 pages	17 Prix	18 Confidentiel jusqu'au	19 Bibliographie

## SOMMAIRE

<b>FICHE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
<b>2. CHAPITRE I : METHODOLOGIE POUR LES ESSAIS DYNAMIQUES.....</b>	<b>7</b>
2.1. CARACTERISTIQUES DU CORSET-SIEGE .....	7
2.1.1. <i>Corset-siège "de référence"</i> .....	7
2.1.2. <i>Modifications du modèle initial</i> .....	8
2.2. LE MANNEQUIN .....	10
2.3. ACQUISITION DES DONNEES .....	11
2.4. CONDITIONS D'ESSAIS .....	11
2.4.1. <i>Conditions générales</i> .....	11
2.4.2. <i>Conditions particulières pour la 2<sup>ème</sup> campagne d'essais</i> .....	12
2.4.3. <i>Conditions particulières pour la 3<sup>ème</sup> campagne d'essais</i> .....	16
<b>3. CHAPITRE II : RESULTATS.....</b>	<b>17</b>
3.1. RESULTATS DE LA 2 <sup>EME</sup> CAMPAGNE D'ESSAIS.....	17
3.1.1. <i>Mesures physiques</i> .....	17
3.1.2. <i>Dépouillement cinématographique</i> .....	19
3.2. RESULTATS 3 <sup>EME</sup> CAMPAGNE D'ESSAIS.....	20
3.2.1. <i>Mesures physiques</i> .....	20
3.2.2. <i>Dépouillement cinématographique</i> .....	21
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>22</b>
<b>ANNEXE : VUES APRES CHOC DES ESSAIS 10 A 17 ET 20 A 21.....</b>	<b>23</b>

# 1. INTRODUCTION

En France, tout occupant d'un véhicule automobile doit utiliser pour sa sécurité, quelle que soit la place qu'il occupe, la ceinture installée sur le véhicule ou un dispositif de protection spécifique. En général, les dispositifs de retenue peuvent être utilisés sans problème par la majorité de la population, mais dans certains cas, ils peuvent être inadaptés à la morphologie ou aux particularités physiques. C'est le cas pour certaines personnes handicapées, tant adultes qu'enfants, ne pouvant tenir la position assise.

La sécurité des personnes handicapées (hors utilisateurs de fauteuil roulant) transportées dans les véhicules routiers n'a reçu que peu d'attention jusqu'à présent en raison du faible nombre de personnes concernées. Cette question constitue néanmoins pour les intéressés ou leur famille ainsi que pour les associations qui portent assistance à cette population particulière, une préoccupation importante.

L'INRETS, organisme public de recherche a été sollicité par diverses familles et associations pour examiner les actions possibles sur cette question très spécifique de la sécurité routière. Une action de recherche a été conduite sur ce thème en plusieurs phases avec le soutien financier de la fondation MAIF (sauf pour la phase exploratoire, menée sur fonds propres).

- la phase exploratoire a permis d'apprécier au moyen d'une enquête, l'ampleur du problème et de connaître les pratiques de ces usagers des transports (voir rapport INRETS - LBSU 9704 – Juillet 1997) ;

- la 2ème phase a consisté à réaliser une deuxième enquête plus fine sur les habitudes de transport des enfants handicapés et de conduire une 1ère campagne d'essais dynamiques afin de tester les capacités de retenue des corsets-sièges traditionnels (voir rapport de convention MAIF/INRETS - LBMC 9804 – décembre 1998) ; la conclusion de cette première étude expérimentale était que la qualité de la retenue de ces dispositifs était assez mauvaise malgré une bonne résistance au choc du matériau du corset-siège ;

- la phase finale a permis de réaliser deux autres campagnes d'essais dynamiques, afin de tester des solutions visant à améliorer la retenue des enfants transportés dans des corsets-sièges.

Le présent rapport décrit la méthode employée et les résultats obtenus au cours de la phase finale.

## **2. CHAPITRE I : METHODOLOGIE POUR LES ESSAIS DYNAMIQUES**

### **2.1. Caractéristiques du corset-siège**

#### **2.1.1. Corset-siège "de référence"**

Dans la conclusion du dernier rapport, le principe avait été retenu de faire réaliser un corset-siège, moulé directement sur un mannequin de 6 ans de type TNO P6 modifié. Le matériau (polyéthylène thermoformable) ayant donné toute satisfaction lors de la première campagne d'essais, il a été retenu pour la confection de deux corsets-sièges « standards ». L'ensemble mannequin/corset sert ensuite pour tous les essais. Chaque corset-siège a été ensuite modifié pour améliorer les performances de retenue au choc. Il a donc fallu tout d'abord déterminer ce qu'est un corset-siège "standard" afin de constituer une référence avant amélioration. Ce travail a été confié à des professionnels de la rééducation infantile. Le docteur MORVAN, coauteur de ce rapport, a réalisé le travail de synthèse nécessaire pour définir ce corset de référence. La conception de ce corset-siège "de référence" intègre tous les éléments indispensables au quotidien des enfants handicapés. Le premier critère de conception est qu'il doit intégrer le plus possible les contraintes orthopédiques les plus couramment rencontrées.

Il a été confectionné en matériau thermoformable garni d'un capitonnage en mousse. La hauteur du dossier correspond à la base du cou. La flexion des hanches est de 90°. L'abduction des hanches est de 20° par rapport au plan sagittal, contrôlé par un plot d'abduction. L'inclinaison du dossier vers l'arrière par rapport à la verticale est de 5°. Le socle a une dimension de 40 X 40 cm. Le maintien antérieur du thorax est assuré soit par plastron thoracique amovible soit par sangles d'épaule. Deux segments jambiers amovibles fixés par des vis peuvent être enlevés pour des essais dans des configurations différentes. Le corset-siège est équipé de deux têtes amovibles : une avec appui occipital plan et une avec cale-nuque tubulaire. Une sangle de maintien réglable de bassin est également installée (voir figure 1). Le poids du corset-siège est de 4,5 kg avec tous ses équipements (jambières plastron et tête)

Ces caractéristiques, notamment la position assise, sont issues de l'enquête citée dans l'introduction et représentent les cas les plus fréquemment rencontrés. Tous ces éléments sont réalisés selon la nomenclature de la Sécurité Sociale qui sont définis dans l'arrêté du 5 juin 1998.



*figure 1 : corset-siège et ses équipements moulés sur le mannequin P6m*

### **2.1.2. Modifications du modèle initial**

Les résultats de la première évaluation expérimentale ont conduit à formuler des hypothèses quant aux raisons du mauvais comportement cinématique au choc des mannequins installés dans des corset-sièges. En particulier, il a été jugé que la sangle de bassin passait trop haut sur l'abdomen en raison des parois latérales enveloppantes du corset siège. La sangle diagonale (boudrier) passait trop haut sur le cou du mannequin en raison d'une position trop basse du torse par rapport au point d'ancrage haut. Enfin, la présence de jambières empêche le corset-siège de reposer sur le dossier de la banquette en raison de la faible longueur de l'assise.

Aussi, des modifications du corset-siège initial ont été envisagées afin d'améliorer le comportement au choc du mannequin qui y prend place. Ces modifications consistent à échancreur les parois latérales afin d'abaisser le trajet de la sangle pelvienne de façon à ce qu'elle passe sur la surface supérieure des cuisses et prévienne le sous-marinage du mannequin. On peut voir sur la figure 2, ci-dessous, la forme et la nature des échancreures au niveau pelvien sur le corset-siège.



*figure 2 : découpes effectuées sur le corset-siège*

D'autre part, il est apparu dès le premier essai que le socle du corset-siège risquait d'abîmer le pêne de la ceinture. Une seconde découpe a été réalisée sur ce socle comme indiqué sur la figure 3.

Par ailleurs, afin de rehausser le torse et éviter le passage du baudrier sur le cou, une cale à glisser sous l'assise, de 80 mm d'épaisseur, a été confectionnée en polyéthylène rigide. Une autre cale de même nature a été utilisée pour combler l'espace entre le corset-siège et le dossier de la banquette. La profondeur du socle a également été diminuée sur l'arrière afin que celui-ci ne dépasse pas l'aplomb de la face arrière du dossier et n'empêche pas d'appliquer le dossier contre le siège du véhicule.

La disposition des cales (bleu clair) est montrée sur la figure 3.



*figure 3 : découpe effectuée sur le socle du corset-siège  
et configuration des cales de positionnement*

## **2.2. Le mannequin**

D'après les éléments de l'enquête et les commentaires émis par les parents (voir rapport INRETS - LBMC 9804 – décembre 1998), il semble que le problème de la retenue des enfants en corset-siège présente sa plus grande acuité pour la tranche d'âge de 4 à 10 ans. En effet, en deçà de 3 ans, beaucoup d'enfants voyagent dans des dispositifs "classiques", même si leur handicap ne permet pas toujours de bénéficier de l'efficacité optimale. De plus, l'observation directe a mis en évidence

que c'est pour cette tranche d'âge que les erreurs ont été relevées en plus grand nombre. En bref, c'est pour les enfants de 4 à 10 ans que la sécurité est la plus faible pour ne pas dire inexistante.

Le mannequin de 6 ans a été choisi comme mannequin d'essai pour la réalisation de cette campagne. Il est représentatif des enfants qui utilisent les dispositifs du groupe de masse II qui concernent les enfants dont le poids est compris entre 15 et 25 kilogrammes. La masse du mannequin TNO P6 modifié est de 22 kg et sa hauteur assise est de 636 mm.

On rappelle que pour cette tranche d'âge, les enfants ne souffrant d'aucun handicap voyagent principalement sur les places latérales arrière en utilisant des rehausses avec dossier ou non. L'enfant et son dispositif sont retenus par la ceinture 3-points qui équipe le véhicule. On rappelle aussi que l'enfant doit occuper exclusivement les places arrière.

Les mannequins prescrits dans la réglementation pour les essais dynamiques sont ceux fabriqués par le TNO. Pour ces essais on utilise le mannequin TNO de 6 ans (P6Modifié) instrumenté.

Très discutés à cause du manque de réalisme de certaines parties de leur corps, ils ont été modifiés récemment notamment dans le cadre du programme européen CREST consacré à l'amélioration de la sécurité des enfants passagers d'automobile.

Une grande partie des modifications a été réalisée sur la base des spécifications des équipes de recherche du LBMC notamment en ce qui concerne la découpe de la partie inférieure de la cage thoracique. La rigidité du thorax s'en trouve grandement diminuée. Le segment corporel bassin-abdomen a aussi été fortement remodelé tant dans sa forme géométrique que dans les caractéristiques des mousses.

En outre, les mannequins modifiés ont plus de capacité de mesure, notamment aux niveaux thoracique (capteur de déflexion sternale) et abdominal (capteur d'effort).

## **2.3. Acquisition des données**

Les données acquises sont les mêmes que celles de la première campagne d'essais :

MESURES PHYSIQUES :  $\gamma_x$  chariot ;  $\gamma_x$  caisse ;  $3\gamma$  tête ;  $3\gamma$  thorax ;  $3\gamma$  bassin ; déflexion thoracique ; effort abdomen ; 3 efforts ceinture.

FILMS et VIDEO :

1 caméra film 16 mm, 500 i/s, vue latérale gauche, porte arrière ;

1 caméra vidéo, 500 i/s, vue  $\frac{3}{4}$  avant droite ;

1 caméra vidéo, 200 i/s, vue latérale gauche, porte arrière.

PHOTOS : avant choc ; après choc.

DEPOUILLEMENT CINEMATOGRAPHIQUE :

Le mannequin ainsi que le corset-siège sont équipés de mires afin de pouvoir effectuer le suivi de la trajectoire de la tête. Les trajectoires du mannequin sont tirées des films 16 mm au moyen d'un système d'analyse d'images (PHOTOSPOT).

## **2.4. Conditions d'essais**

### **2.4.1. Conditions générales**

Les 2 campagnes d'essais ont été effectuées sur le banc dynamique du Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs de l'INRETS à Bron. Cette plate-forme se compose

essentiellement d'un chariot entraîné sur une distance de lancement d'environ 30 m par un treuil vers un butoir. En fin de course, le chariot est décéléré par un dispositif d'arrêt à laminage de tubes en polyuréthane. La décélération souhaitée est obtenue, entre autres, par le nombre et le profil des tubes ainsi que par les caractéristiques mécaniques du polyuréthane utilisé. La vitesse de lancement a été fixée à 50 km/h et la décélération est de 25 g (+-4). Les conditions d'essais retenues sont les mêmes que pour la toute première campagne, à savoir celles habituellement utilisées pour tester les dispositifs classiques pour les enfants, en l'occurrence les prescriptions du règlement européen CEE R44 (amendements 03).

#### **2.4.2. Conditions particulières pour la 2<sup>ème</sup> campagne d'essais**

Il semblait pertinent de se placer dans un contexte plutôt réaliste pour faire cette évaluation du corset-siège dans la mesure où ces dispositifs échappent pour l'instant à la réglementation. Aussi, pour cette deuxième campagne, le corset-siège et le mannequin ont été installés dans l'habitacle d'une Peugeot 406 équipé d'une banquette arrière d'origine. L'habitacle est solidarisé au chariot d'essai par l'intermédiaire d'une interface appropriée. Toujours dans un souci de réalisme, le système de retenue utilisé est une ceinture 3-points à enrouleur équipant normalement le véhicule.

L'utilisation d'un habitacle de véhicule solidarisé au chariot d'essai n'est pas inhabituel dès lors que le contexte réglementaire n'est pas indispensable

Les essais réalisés sont numérotés de 10 à 17. Les essais ont été programmés de façon à tester les hypothèses de travail suivantes :

- l'essai n°10 est considéré comme l'essai de référence qui permet de faire le lien entre la première et la deuxième campagne ;
- l'ajout d'une cale dorsale permet le bon ajustement du corset-siège avec retour jambier sur la banquette du véhicule (essais 11, 13, 14, 15, 16 et 17) ;
- une cale d'assise permet d'ajuster la hauteur de l'épaule de l'occupant et évite le passage de sangle sur le cou ;
- les échancrures créées dans les parois latérales autorisent un positionnement correct de la sangle pelvienne (essais 12 à 17) et préviennent le sous-marinage.

Le mannequin est assis dans le corset-siège, il est équipé d'une sangle réglable de bassin à finalité uniquement orthopédique. Il est ensuite retenu par une ceinture trois points à enrouleur et installé en place arrière gauche.

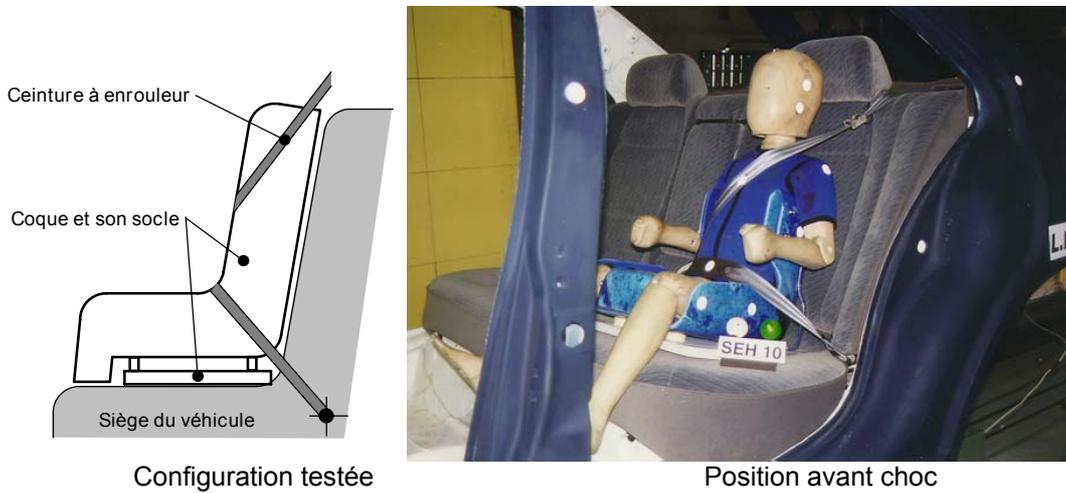
Avant l'essai on positionne le mannequin dans le corset-siège, on boucle la ceinture le plus normalement possible en reprenant le "mou" et en laissant un jeu de port par l'intermédiaire d'un cylindre de 25 mm interposé entre le brin d'épaule et le thorax du mannequin.

On trouvera ci-après les détails des diverses configurations de corsets-sièges installés (voir figures 4 à 12).



figure 4 : environnement général des essais

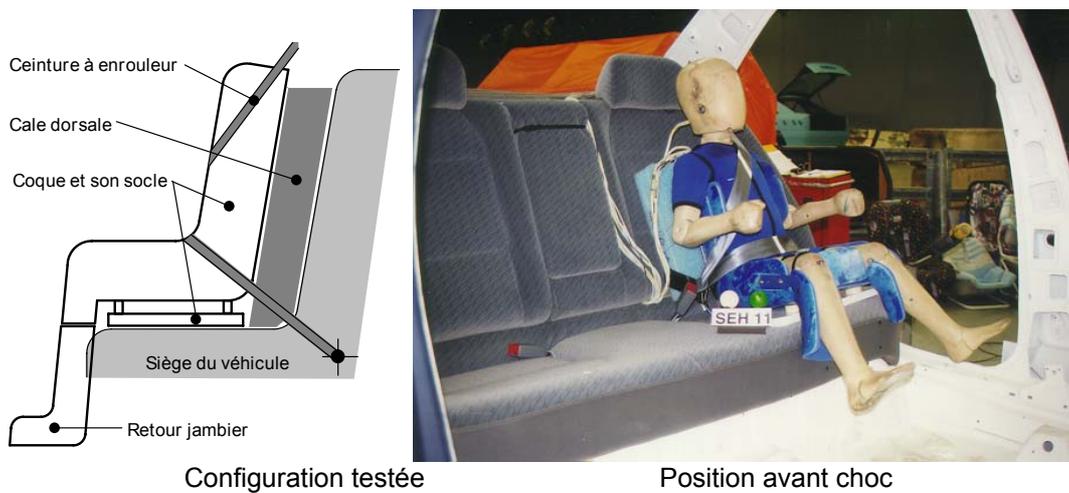
**Essais avant modification du corset-siège :**



Configuration testée

Position avant choc

figure 5 : essai 10 ; corset-siège de référence



Configuration testée

Position avant choc

figure 6 : essai 11 ; corset-siège avec jambières et cale dorsale

## Essais après modification du corset-siège

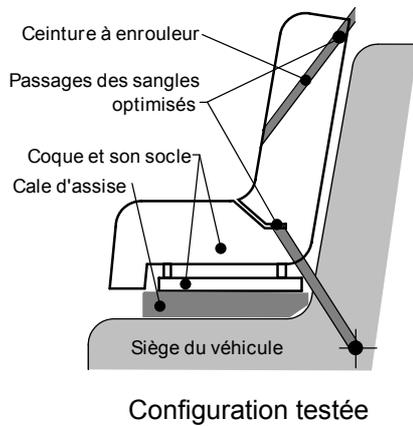


figure 7 : essai 12

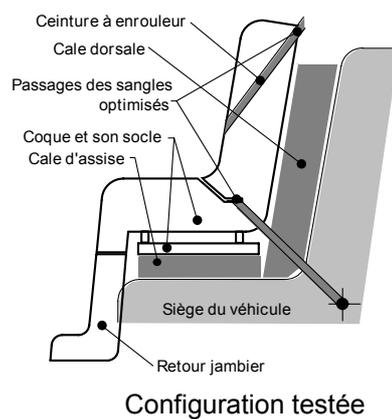


figure 8 : essai 13

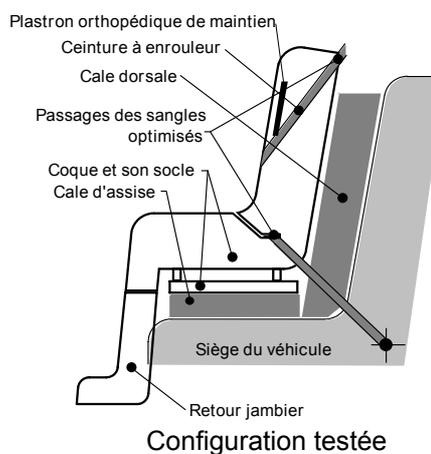
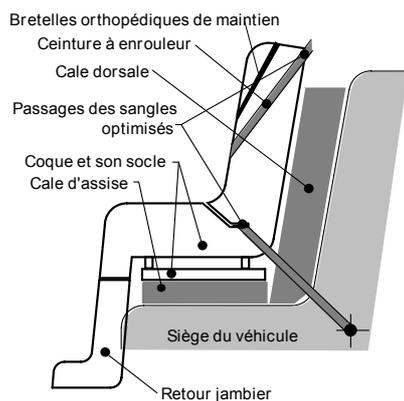


figure 9 : essai 14 ; même configuration que l'essai 13 mais le plastron sert de maintien orthopédique statique en position assise et non de retenue en cas de choc

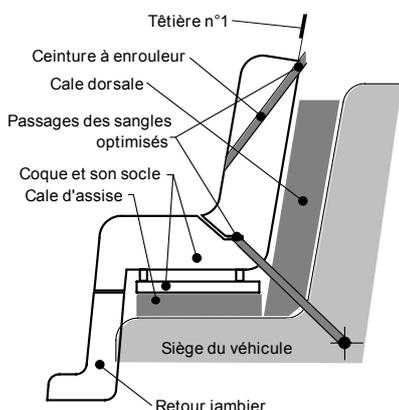


Configuration testée



Position avant choc

figure 10 : essai 15 ; même configuration que l'essai 13 mais les bretelles servent de maintien orthopédique statique en position assise et non de retenue en cas de choc

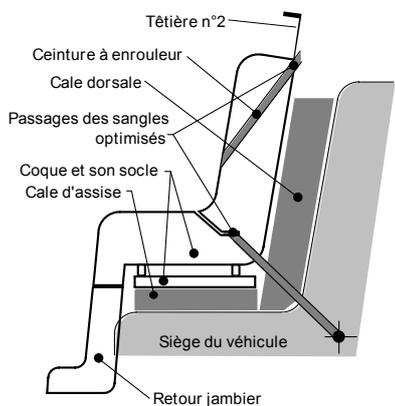


Configuration testée



Position avant choc

figure 11 : essai 16



Configuration testée



Position avant choc

figure 12 : essai 17

### 2.4.3. Conditions particulières pour la 3<sup>ème</sup> campagne d'essais

Lors de la 2<sup>ème</sup> campagne d'essais, grâce aux modifications apportées au corset-siège, des résultats satisfaisants ont été obtenus. Aucune modification particulière n'apparaissant nécessaire dans l'immédiat, la dernière campagne d'essais a été menée dans un contexte réglementaire afin de voir comment se comporterait le corset-siège dans une situation d'homologation. Ainsi, le corset siège a été mis en place sur une tourelle réglementaire équipée d'une banquette standard.

Les essais, nommés SEH, sont numérotés de 20 à 21.

On trouvera ci-après les détails des diverses configurations de corset-sièges installés (voir figures 13 et 14). La différence entre ces deux essais provient de la tête qui est plate pour l'essai 20 et tubulaire pour l'essai 21

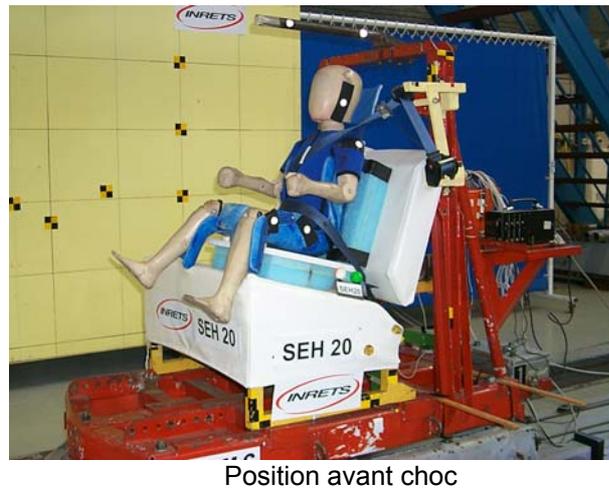
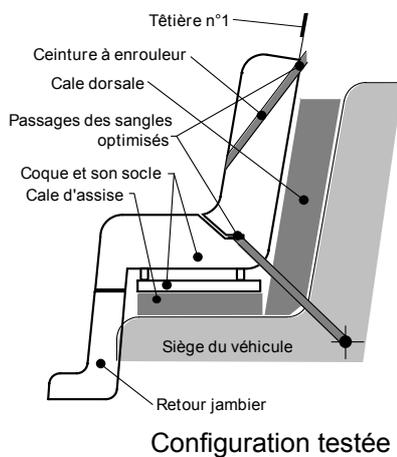


figure 13 : essai 20

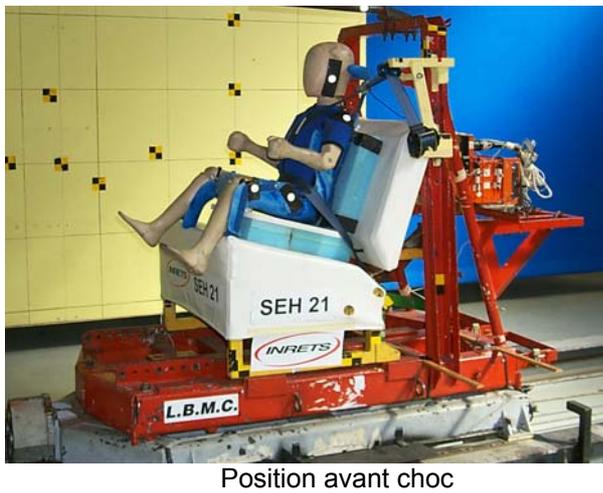
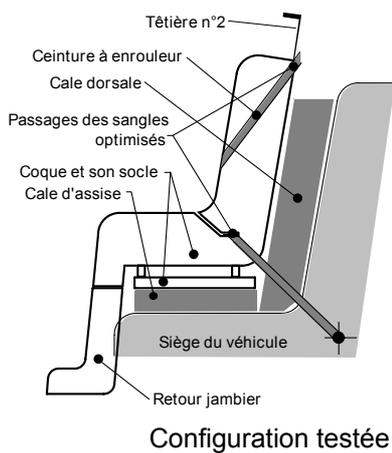


figure 14 : essai 21

## 3. CHAPITRE II : RESULTATS

### 3.1. Résultats de la 2<sup>ème</sup> campagne d'essais

Le premier constat important est que ni le corset-siège ni la ceinture n'ont subi de dommages suite aux essais. L'ensemble de retenue a fonctionné de façon satisfaisante en terme de tenue au choc.

#### 3.1.1 Mesures physiques

Le tableau 1 donne les valeurs maximales relevées sur les courbes des variables physiques mesurées au cours des essais. La vitesse atteinte et la décélération du véhicule présentent une répétitivité convenable.

Les variables physiques caractérisant la réponse du mannequin, pour les essais 12 à 17 (après amélioration), restent en deçà ou légèrement supérieures, de façon non significative, aux valeurs limites fixées par le règlement 44. Par exemple, l'excursion de la tête est inférieure à 550 mm ; l'accélération résultante du thorax est inférieure à 55 g ; l'accélération selon l'axe vertical du thorax (Z thorax) est inférieure à 30 g.

Il est communément admis que le sous-marinage apparaît à partir d'un effort abdomen de plus de 100 DaN. Les valeurs indiquées dans le tableau 1 restent largement inférieures à cette limite.

Numéro d'essai	10	11	12	13	14	15	16	17	Valeurs limites R 44
Vitesse	47.7 km/h	48.4 km/h	48.1 km/h	48.2 km/h	48 km/h	48.2 km/h	48.2 km/h	48.3 km/h	48 km/h (+0+2)
Caractéristiques du corset	Avant amélioration	Avant amélioration	Après amélioration	Après amélioration	Plastron Après amélioration	Sangles Après amélioration	Têt. N° 1 Après amélioration	Têt. N° 2 Après amélioration	
Acc. véhicule	23.9 g	24.9 g	25.3 g	24.7 g	23.8 g	25.8 g	25.5 g	25.5 g	25 g(+4)
Acc.résul. Tête	68.5 g	64.5 g	60.5 g	70.0 g	73.9 g	70.0 g	74.0 g	70.1 g	
H I C	762	876	612	698	720	735	639	567	
Excursion tête	486 mm	423 mm	512 mm	427 mm	502 mm	462 mm	506 mm	410 mm	550 mm
Acc. Z Thorax	39.3 g	45.6 g	24.6 g	29.6 g	25.6 g	24.7 g	24.2 g	25.9 g	30 g
Acc. Résul. Thorax	87.3 g	69.1 g	51.4 g	54.5 g	55.4 g	54.4 g	51.6 g	48.3 g	55 g
Acc. Résul. Bassin	56.6 g	52.8 g	53.8 g	53.4 g	54.0 g	56.4 g	56.1 g	56.0 g	
Déflex. Thorax	29 mm	22 mm	56 mm	36 mm	46 mm	35 mm	54 mm	52 mm	
Effort Abdomen	8 DaN	6 DaN	51 DaN	6 DaN	15 DaN	7 DaN	30 DaN	29 DaN	
Effort ceinture ; Epaule 01	540 DaN	485 DaN	485 DaN	510 DaN	485 DaN	515 DaN	500 DaN	475 DaN	
Effort ceinture ; Penne 02	736 DaN	662 DaN	642 DaN	591 DaN	596 DaN	610 DaN	608 DaN	586 DaN	
Effort ceinture ; Exter. 03	376 DaN	322 DaN	324 DaN	309 DaN	304 DaN	319 DaN	315 DaN	305 DaN	

tableau 1 : valeurs maximales des variables physiques enregistrées au cours des essais de la deuxième campagne

L'ensemble de ces mesures indique que le fonctionnement de la retenue par ceinture à enrouleur et corset-siège est satisfaisant.

Les valeurs maximales ont été moyennées sur tous les essais de chaque campagne. Ces moyennes englobent les essais 02, 04, 05, 06, 07 (série A) de la première campagne ; 10 et 11 (série B) et 12, 13, 14, 15, 16, et 17 (série C) de la 2<sup>ème</sup> campagne. Les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 2 ci-après.

	1ère campagne (série A)	2ème campagne avant modification (série B)	2ème campagne après modification (série C)
Acc. véhicule	24.9 g	24.4 g	25.1 g
Acc. résul. Tête	128.3 g	66.5 g	69.8 g
H I C	1491	819	662
Excursion tête en X	481 mm	455 mm	470 mm
Acc. Z thorax	40.9 g	42.5 g	25.8 g
Acc. résul. Thorax	75.4 g	78.2 g	52.9 g
Acc. résul. Bassin	115.2 g	54.7 g	55.0 g
Déflex. Thorax	5 mm	26 mm	47 mm
Effort Abdomen	37 DaN	7 DaN	23 DaN
Effort ceinture ; Epaule 01	524 DaN	513 DaN	495 DaN
Effort ceinture ; Pêne 02	702 DaN	699 DaN	606 DaN
Effort ceinture ; Exter. 03	364 DaN	349 DaN	313 DaN

*tableau 2 : moyennes des valeurs maximales des variables physiques mesurées au cours des essais des trois campagnes*

Tous les essais ont été réalisés dans les mêmes conditions de vitesse et décélération. L'accélération résultante tête diminue nettement entre A et B-C, grâce à l'adaptation du corset-siège au mannequin. Corrélativement, le HIC s'améliore également. L'excursion tête est très légèrement améliorée. L'accélération subie par le thorax est nettement diminuée après modification du corset-siège entre B et C, grâce à l'amélioration de la retenue par un meilleur passage de sangles. La résultante bassin est améliorée entre A et B, C. La déflexion thoracique augmente en raison d'un couplage plus énergique dû à l'amélioration du passage des sangles. L'effort abdomen varie peu avec un résultat peu explicable pour la situation B. Les efforts ceinture varient peu car ils dépendent essentiellement de la masse totale retenue (siège plus mannequin).

On notera donc que par rapport à la 1<sup>ère</sup> campagne, l'utilisation d'un corset moulé sur le mannequin améliore la retenue et les modifications apportées au corset donnent des résultats encore meilleurs sauf en ce qui concerne :

- l'effort abdomen, mais reste en dessous du seuil acceptable ;
- la déflexion thoracique (qui ne possède pas de critère de tolérance connu à ce jour) ;
- l'excursion de la tête, mais reste en dessous des 550 mm tolérés pour l'homologation.

### 3.1.2. Dépouillement cinématographique

L'examen des films enregistrés à grande vitesse permet de faire, outre la mesure de l'excursion de la tête, une évaluation qualitative de ces essais.

Le déplacement horizontal de la tête reste en dessous des critères imposés pour l'homologation et présente un écart d'environ 100 mm sans raison particulière. Ces déplacements restent assez voisins entre la première et la deuxième campagne. La figure 15 donne un aperçu du déplacement de la tête dans le plan sagittal lors du choc. Aucun lien n'apparaît entre le déplacement maximum de la tête et la configuration de l'essai.

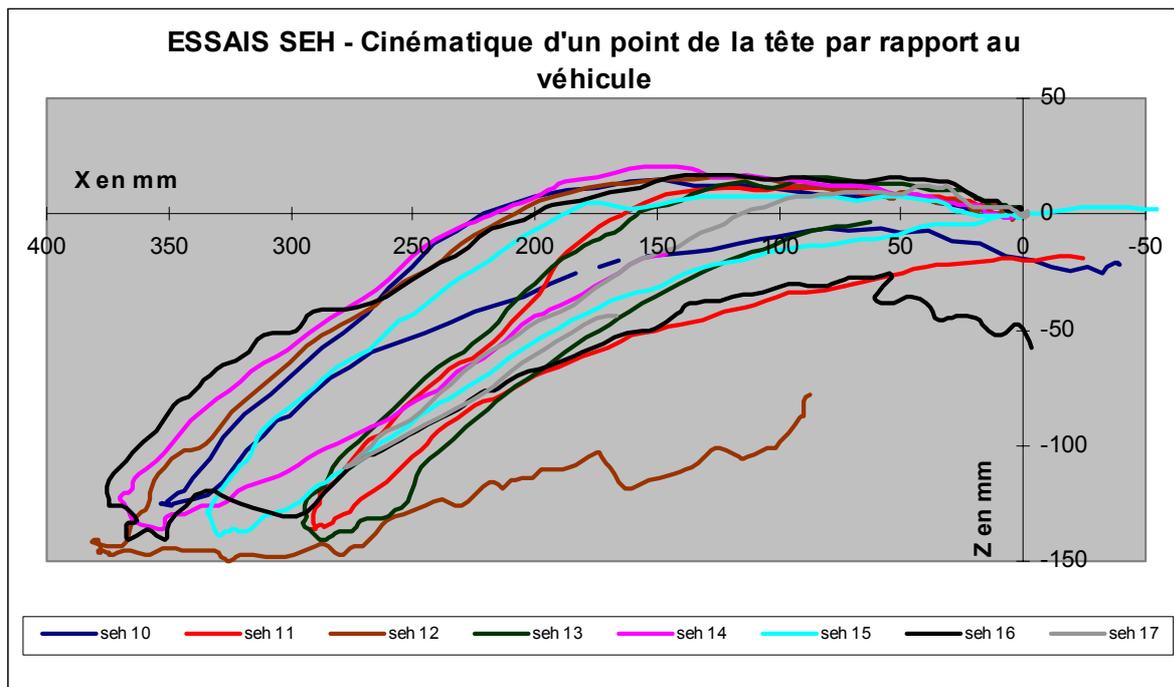


figure 15 : déplacement de la tête mesuré à partir des films d'essais de la deuxième campagne

Dans tous les essais, le socle avance et se soulève en fin de choc. Par ailleurs les faits particuliers suivants peuvent être mentionnés :

SEH 12 : l'adjonction de la cale d'assise entraîne une rotation du thorax autour de la sangle baudrier.

SEH 13 : moins de rotation du thorax du fait de la présence de la cale de dossier ; pour mémoire, c'est cette configuration (corset avec jambiers et cales d'assise et dorsale) qui a été retenue pour tester les dispositifs de maintien orthopédique tels que plastrons et têtiers.

SEH 14 : cinématique identique au SEH 13 et fonctionnement du plastron sans interférence avec la retenue.

SEH 15 : cinématique identique au SEH 13 et fonctionnement des bretelles de maintien sans interférence avec la retenue.

SEH 16 : cinématique identique au SEH 13 et fonctionnement de la têtère plate sans interférence avec la retenue ; la têtère se plie sous le choc mais ne s'est pas rompue.

SEH 17 : Cinématique identique au SEH 13 et fonctionnement de la têtère tubulaire sans interférence avec la retenue. On voit très nettement la têtère se plier sous le choc mais elle ne s'est pas rompue.

En résumé, les traits marquants de cette campagne sont :

- l'ensemble ceinture et corset-siège ne présentent pas de dommages dus au choc ;
- les actions entreprises pour adapter le corset-siège ont apporté des améliorations très nettes dans la qualité de la retenue ;
- l'absence d'influence des dispositifs de maintien orthopédiques sur la qualité de la retenue.

On trouvera en annexe l'ensemble des photos après choc des essais 10 à 17.

## 3.2. Résultats 3<sup>ème</sup> campagne d'essais

Comme pour la deuxième campagne aucun dommage n'a été constaté sur la ceinture et le corset-siège.

### 3.2.1. Mesures physiques

Le tableau 3 ci-après présente les valeurs maximales des variables physiques mesurées au cours des deux essais de la 3<sup>ème</sup> campagne. Les valeurs maximales restent en deçà des limites fixées par la réglementation et présentent peu de différence selon le type de tétière installée. Les valeurs ont donc été moyennées pour comparaison avec celles des essais des campagnes précédentes.

Numéro d'essai	20	21	moyenne	Valeurs limites R 44
Vitesse	49.1	49.1		48 Km/h (+0+2)
Caractéristiques du corset	Tétière 1	Tétière 2		
Acc. véhicule	21.8 g	22.3 g	22.1 g	25 g(+4)
Acc. Résul. Tête	62.6 g	59.4 g	61.0 g	
H I C	593	532	563	
Excursion tête	409 mm	405 mm	407 mm	550 mm
Acc. Z Thorax	15.0 g	14.0 g	14.5 g	30 g
Acc. Résul. Thorax	40.5 g	38.7 g	39.6 g	55 g
Acc. Résul. Bassin	41.1 g	39.2 g	40.2 g	
Déflex. Thorax	48 mm	47 mm	48 mm	
Effort Abdomen	42 DaN	52 DaN	47 DaN	
Effort ceinture ; Epaule 01	454 DaN	461 DaN	458 DaN	
Effort ceinture ; Penne 02	528 DaN	493 DaN	511 DaN	
Effort ceinture ; Exter. 03	207 DaN	210 DaN	209 DaN	

tableau 3 : valeurs maximales et moyennes des variables physiques mesurées au cours des deux essais de la 3<sup>ème</sup> campagne.

Le tableau 4 regroupe l'ensemble des valeurs maximales des variables physiques moyennées sur la totalité des essais de chaque campagne.

	1ère campagne	2 <sup>ème</sup> campagne		3 <sup>ème</sup> campagne	Valeurs limites R 44
		avant modification	après modification		
Acc. véhicule	24.9 g	24.4 g	25.1 g	22.1 g	24 g (+-4)
Acc. résul. Tête	128.3 g	66.5 g	69.8 g	61.0 g	
H I C	1491	819	662	563	
Excursion tête en X	481 mm	455 mm	470 mm	407 mm	550 mm
Acc. Z Thorax	40.9 g	42.5 g	25.8 g	14.5 g	30 g
Acc. résul. Thorax	75.4 g	78.2 g	52.9 g	39.6 g	55 g
Acc. résul. Bassin	115.2 g	54.7 g	55.0 g	40.2 g	
Déflex. Thorax	5 mm	26 mm	47 mm	48 mm	
Effort Abdomen	37 DaN	7 DaN	23 DaN	47 DaN	
Effort ceinture ; Epaule 01	524 DaN	513 DaN	495 DaN	458 DaN	
Effort ceinture ; Penne 02	702 DaN	699 DaN	606 DaN	511 DaN	
Effort ceinture ; Exter. 03	364 DaN	349 DaN	313 DaN	209 DaN	

tableau 4 : récapitulatif des valeurs maximales des variables physiques mesurées moyennées sur tous les essais de chaque campagne

D'une campagne à l'autre, les résultats ont été améliorés sauf en ce qui concerne la déflexion thoracique et l'effort abdomen. La première explication qui vient à l'esprit est que le meilleur positionnement de la sangle, grâce à un dispositif de plus en plus "techniquement ajusté", entraîne une action plus énergique de la ceinture sur ces segments. Cela dit, ces critères ne sont pas pris en compte aujourd'hui par le règlement 44.

### 3.2.2. Dépouillement cinématographique

SEH 20 : légère avancée du socle du corset-siège. Pivotement du thorax autour du brin d'épaule. Retour normal de la tête contre l'appui tête.

SEH 21 : même cinématique que SEH 20.

Lors de cette série d'essais avec tourelle réglementaire, le coussin du siège, qui est plus dur, se tasse moins et provoque une avancée du corset-siège moins importante que lors des essais avec caisse de véhicule 406.

On trouvera en annexe l'ensemble des photos après choc des essais 20 à 21.

## 4. CONCLUSION

Cette étude soutenue financièrement par la fondation MAIF avait pour but d'examiner au plan de la protection contre les effets des accidents, le transport des enfants handicapés hors fauteuil roulant. Cette catégorie d'occupants de véhicule, en raison de son effectif très restreint, est en effet pratiquement absente des préoccupations des institutions traitant de la sécurité secondaire.

Deux enquêtes ont été menées afin de mieux connaître les pratiques de transport des personnes handicapées. Elles ont fait apparaître le problème spécifique du transport des enfants en corset-siège.

Une première campagne expérimentale effectuée à l'INRETS sur banc dynamique de simulation de choc, avec des mannequins d'essais de chocs, a montré que ces corsets-sièges, retenus par la ceinture de sécurité montée en série sur les véhicules, étaient suffisamment résistants pour ne pas subir de dommage lorsqu'ils étaient soumis aux efforts engendrés par la retenue d'un enfant lors d'un accident. En revanche, leur conception ne prenant pas en compte les exigences d'utilisation de cette ceinture, ils ne permettent pas de positionner correctement cette dernière. Les enfants ainsi installés et victimes d'un accident, risquent de ce fait de subir des charges dans certaines régions vulnérables comme l'abdomen ou le cou.

Des modifications de ces corsets-sièges en vue de permettre un bon positionnement de la ceinture de sécurité ont été imaginées à partir de ces constatations. Ces modifications consistent essentiellement en des découpes des parois latérales permettant un bon positionnement de la sangle pelvienne, et en l'adjonction de cales d'assise et de dossier garantissant un passage de sangle correct sur le thorax et un appui du dossier du corset-siège sur le dossier de la banquette en cas d'utilisation de jambières.

Deux campagnes expérimentales sur banc dynamique ont été consacrées à l'évaluation des modifications proposées. Des essais ont été réalisés avec mannequin sur un corset-siège de référence, puis sur un corset-siège modifié, dans un environnement réaliste (banquette arrière de véhicule commun) et dans un environnement réglementaire.

La technique de retenue utilisée pour les corsets-sièges, c'est-à-dire la ceinture du véhicule retient l'utilisateur et le dispositif de protection, est identique dans son principe à celle utilisée avec les rehausses pour enfants valides. L'examen des films d'essais montre que le comportement du corset est analogue à celui des rehausses avec dossier. L'adjonction de systèmes de maintien orthopédiques ne nuit pas à la qualité de la retenue car l'utilisateur reste plaqué au fond du siège (rehausse ou corset-siège). A l'issue de ces essais, il apparaît que les critères de sécurité imposés par la réglementation (ECE – R44) sont respectés.

Cependant, il faut souligner que ces critères de tolérance humaine au choc sont admis pour des enfants valides et assis dans une position « classique ». Dans quelle mesure la tolérance des enfants handicapés est-elle différente de celle des valides ? Cette question risque de demeurer longtemps sans réponse tant notre connaissance de la tolérance chez l'enfant, d'une façon générale, est pauvre. La question des enfants en position semi-assise se pose également sans que l'on ait de réponse aujourd'hui appropriée.

On ne peut donc aujourd'hui considérer que la question du transport des enfants handicapés en corset-siège est résolue. A l'issue de ce travail, on dispose simplement d'éléments qui pourraient servir de point de départ pour une information des familles qui utilisent et des orthopédistes qui réalisent ces corsets-sièges afin que les exigences d'usage de la ceinture de sécurité soient prises en compte dans la réalisation de ces orthèses. La spécification précise des aménagements à apporter demanderait une étape complémentaire d'étude. Toutefois, les corsets-sièges sont par nature des objets uniques, faits sur mesure pour chaque enfant et il paraît difficile, financièrement et même techniquement, d'envisager leur homologation en tant que dispositif de sécurité.

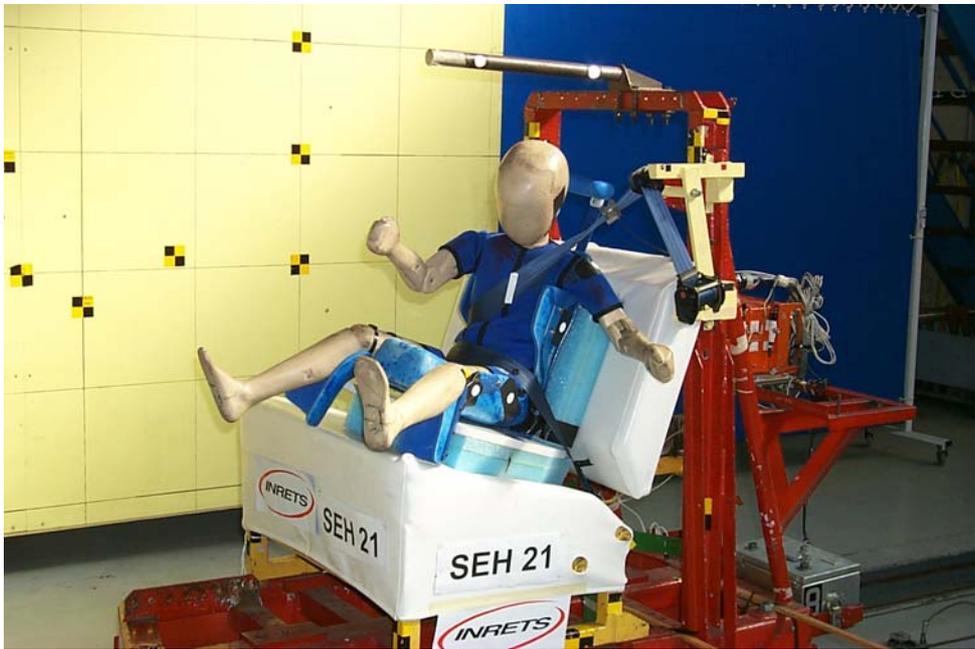
## Annexe : Vues après choc des essais 10 à 17 et 20 à 21











ISRN n° : INRETS/RR/00-513-FR