



---

**Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses  
et du Système général harmonisé de classification  
et d'étiquetage des produits chimiques****Sous-Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses****Quarante-septième session**

Genève, 22-26 juin 2015

Point 2 a) de l'ordre du jour provisoire

**Explosifs et questions connexes: épreuves et critères relatifs aux compositions éclair****Efficacité des bouchons modifiés des États-Unis et du HSL  
pour l'épreuve des compositions éclair****Communication de l'expert du Royaume-Uni<sup>1</sup>****Introduction**

1. Lors de la quarante-troisième session du Sous-Comité tenue à Genève en juin 2013, l'expert des États-Unis d'Amérique a présenté un document<sup>2</sup> décrivant en détail l'essai d'un modèle modifié de bouchon conçu pour améliorer l'épreuve HSL des compositions éclair qui figure dans les Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses, Manuel d'épreuves et de critères<sup>3</sup>. Des travaux visant à améliorer la conception et les possibilités d'utilisation du bouchon avaient également été effectués au Health and Safety Laboratory (HSL) du Royaume-Uni. Le Sous-Comité a décidé que des experts d'autres pays procéderaient à des essais sur toute une série de compositions afin d'en confirmer la reproductibilité. Le Royaume-Uni a accepté de coordonner les activités des pays participants.

---

<sup>1</sup> Conformément au programme de travail du Sous-Comité pour la période 2015-2016, adopté par le Comité à sa septième session (voir ST/SG/AC.10/C.3/92, par. 95, et ST/SG/AC.10/42, par. 15).

<sup>2</sup> ST/SG/AC.10/C.3/2013/23.

<sup>3</sup> Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses, Manuel d'épreuves et de critères, 5<sup>e</sup> éd. révisée, appendice 7, p. 443 à 450.



2. Lors de la quarante-cinquième session, l'expert du Royaume-Uni a rendu compte<sup>4</sup> d'une étude menée au HSL en vue de comparer le fonctionnement et les performances des deux modèles de bouchons modifiés. Les conclusions en étaient que:

a) Les modifications proposées tant par les États-Unis que par le HSL donnaient des résultats comparables et réduisaient le temps de montée par rapport au modèle actuel de bouchon;

b) Les deux bouchons avaient amélioré le fonctionnement et réduit le temps requis pour procéder aux épreuves; mais que

c) Les résultats n'avaient mis en évidence aucune amélioration en ce qui concerne les variations des temps de montée enregistrés avec ces modèles de bouchons modifiés par rapport au modèle existant.

3. Dans le cadre de leur programme de travail, des laboratoires des États-Unis d'Amérique, du Japon et du Royaume-Uni ont accepté de procéder à des essais sur toute une série de compositions en utilisant le modèle modifié de bouchon proposé par les États-Unis pour démontrer la reproductibilité des résultats obtenus par différents laboratoires. Les compositions utilisées seraient fournies par le Royaume-Uni afin d'éliminer toute variabilité due aux matières premières ou aux processus de fabrication. Les essais portant sur ces compositions n'avaient pas été achevés à temps pour la quarante-cinquième session mais ils sont désormais terminés et les résultats transmis par les divers laboratoires sont présentés en annexe du présent document.

## Discussion

4. La liste des compositions utilisées et la préparation requise avant les essais figurent au tableau 1 de l'annexe. Une préparation était nécessaire pour déterminer comment reproduire les compositions employées pour engendrer des étoiles, des sifflements, etc. afin de les utiliser comme charges d'éclatement. Il s'agissait de fournir le même matériel d'essai aux trois laboratoires concernés afin d'éliminer de l'équation une variable potentielle. Toutefois, en raison de contraintes liées aux matières libres de se déplacer, une certaine préparation a tout de même été nécessaire. Les laboratoires ont reçu des produits issus d'un même lot provenant d'un fabricant unique au Royaume-Uni ainsi qu'une procédure détaillée à suivre pour choisir et préparer les échantillons d'essai.

5. Les temps minimum de montée en pression relevés par chacun des laboratoires participants sont résumés dans le tableau ci-après; les données ont été classées par ordre croissant des temps de montée déterminés par le HSL.

### Temps minimum de montée en pression des différentes compositions

Numéro de l'échantillon	Nom de la composition	Modèle HSL actuel <sup>*</sup>	Temps de montée (ms)		
			Royaume-Uni	Japon	États-Unis
1	Flash Report No. 2		0,34	1,18	1,15
11	Whistle	1,04	0,52	1,64	0,97
4	15' Sparkburst		0,58	2,04	5,21
2	Airburst Large Silver Glitter		0,64	0,72	4,93

<sup>4</sup> Document informel INF.20 (quarante-cinquième session).

Numéro de l'échantillon	Nom de la composition	Modèle HSL actuel*	Temps de montée (ms)		
			Royaume-Uni	Japon	États-Unis
6	25ft White +Tail comet		1,25	2,47	**Pas d'essai
5	15' Waterfall		1,33	7,11	2,7
9	1.5'' 50-60' Mine Silver	3,70	2,49	6,27	10,4
7	1.5'' 50-60' Mine Red		2,73	8,05	9,58
3	Super Gunshot Red		3,11	S.O.	7,43
10	1.5'' 50-60' Mine Yellow	3,62	4,29	S.O.	13,2
8	Theatrical Flash Large	8,51	12,73	S.O.	54,4

S.O. – Le seuil supérieur de 2 070 kPa n'a pas été atteint – aucune donnée enregistrée.

\* À partir de données historiques (échantillons d'essai issus de lots différents).

\*\* La composition 6 n'a pas été évaluée aux États-Unis, faute de matériau d'essai suffisant.

6. Les lignes épaisses en gras marquent la démarcation entre les résultats qui dépassent le seuil de 6 ms et ceux qui ne le font pas. Une matière ne doit pas être classée comme composition éclair si le temps de montée dépasse 6 ms. On constate que le nombre de compositions susceptibles d'être classées comme compositions éclairs diffère selon les laboratoires.

7. L'évaluation des données contenues dans le tableau indique que le laboratoire du Royaume-Uni a systématiquement obtenu des montées en pression plus rapides que ceux des États-Unis et du Japon. Le laboratoire japonais a enregistré des temps de montée en pression plus courts que le laboratoire des États-Unis dans le cas des compositions 2, 7 et 9, tandis que le laboratoire des États-Unis a relevé des montées en pression plus rapides que les résultats japonais pour les compositions 1, 11 et 5.

Il ressort clairement des résultats transmis par les laboratoires participants (tableaux 2 à 4) qu'il existe une certaine variabilité entre les résultats obtenus, aussi bien entre les laboratoires qu'entre les données produites par un même laboratoire. Ce phénomène est davantage perceptible lorsque les compositions soumises à l'essai sont évaluées par rapport au seuil de classement en tant que composition éclair.

Sur 11 compositions évaluées, seules quatre (les compositions 1, 2, 4, et 11) auraient fait l'objet d'un tel classement par tous les laboratoires. De plus, le Royaume-Uni classerait cinq compositions supplémentaires (les compositions 3, 6, 7, 9 et 10) comme compositions éclair, alors que le laboratoire japonais n'ajouterait que la composition 6. Les données indiquent que les États-Unis et le Japon ne classeraient pas les compositions 3, 7, 9 et 10 comme compositions éclair, contrairement au Royaume-Uni.

Tous les laboratoires ont trouvé que le temps de montée était supérieur à 6 ms pour la composition 8, qu'ils ne classeraient donc pas comme composition éclair.

8. Il est à relever que la poudre noire et ses substituts soumis à l'essai ont donné un temps de montée inférieur à 6 ms et auraient donc été considérés comme des compositions éclair sur la base de ces résultats. Les essais effectués avec de la poudre propulsive n'ont pas fourni de résultats suffisamment probants pour qu'il puisse être envisagé de la considérer comme référence.

9. Les différences entre les séries de données et les variations potentielles en matière de classement des formulations laissent penser que des différences sous-jacentes pourraient affecter les données obtenues. Les laboratoires ont fourni au HSL des informations concernant les sondes de pression utilisées, les caractéristiques des disques de rupture et les têtes d'amorce; elle sont résumées ci-dessous:

<i>Équipement</i>	<i>Japon</i>	<i>États-Unis</i>	<i>Royaume-Uni</i>
<b>Marque de la sonde de pression</b>	PCB 112A05	PCB 102B06	Kulite ETS-1a-375-500SG
Taux d'échantillonnage (microsecondes)	1	50	20
<b>Matériau du disque de rupture</b>	0,4 mm d'alliage d'aluminium trempé	0,18 mm d'aluminium H14	0,12 mm de laiton recuit trempé
Résistance à la traction (MPa)	Inconnue	105-145	330-500
Dureté Brinell (HB)	Inconnue	34	65-136
<b>Tête d'amorce</b>	Davey Bickford	Daveyfire SA2001	Vulcan

10. Ce tableau met en évidence un certain nombre de différences résultant du choix des sondes, des disques de rupture et des têtes d'amorce, autant d'éléments susceptibles d'introduire une certaine variabilité dans les résultats. Le choix par le HSL du laiton comme matériau des disques de rupture met en lumière une contradiction dans la procédure fournie à l'appendice 7 du Manuel d'épreuves; le paragraphe 2.2 ne mentionne en effet que l'aluminium comme matériau de construction du disque de rupture mais le paragraphe 3.1 laisse le choix entre l'aluminium et le laiton. Le HSL a opté pour un disque de rupture en laiton sur la base de son expérience en matière de mise à l'épreuve de compositions dont la température de combustion est élevée; le nombre de cas où l'essai ne parvient pas à dépasser la limite supérieure de pression (2 070 kPa) s'en trouve réduit, probablement en raison d'une meilleure tolérance à la chaleur produite.

## Conclusions

11. L'évaluation par plusieurs laboratoires du bouchon modifié des États-Unis dans le contexte de l'épreuve HSL des compositions éclair a révélé l'existence de certaines variations dans les résultats obtenus par ces laboratoires. Il n'a pas été possible de confirmer que la modification proposée par les États-Unis d'Amérique améliorerait la cohérence des résultats. Toutefois, comme il a déjà été mentionné, l'utilisation du bouchon modifié proposé (et de la version britannique) a permis d'améliorer les manipulations et de réduire la durée des essais.

Les données ont montré que d'une manière générale tous les laboratoires classaient les compositions de la même manière en fonction du temps de montée. Toutefois, les temps de montée obtenus par chaque laboratoire pour une composition donnée variaient sensiblement. Le critère permettant d'établir si une composition pyrotechnique doit être considérée comme une composition éclair repose sur un temps de montée inférieur ou égal à 6 ms; les variations de temps de montée observées entre les laboratoires auraient conduit à des incohérences dans l'application du tableau de classification par défaut des artifices de divertissement, avec le risque d'erreurs de classement des objets pour le transport.

Aucune variable unique n'a été identifiée comme ayant une influence dominante sur l'ensemble des résultats et des différences constatées entre les laboratoires.

12. Tous les laboratoires ont reçu des échantillons provenant du même lot de compositions et on a uniformisé la préparation des échantillons pour tenter d'éviter que des différences dans les matières soumises à l'épreuve se traduisent par des variations. Il s'agissait notamment de faire passer la matière à travers un tamis de 500 microns lorsque c'était nécessaire pour réduire les variations de la taille des particules. Même si les différences n'ont pas pu être complètement éliminées, la dispersion constante des résultats incite à penser qu'elle n'est pas seulement imputable à la variation des échantillons et que le choix de différents équipements utilisés pourrait également y contribuer. Il s'agit notamment de s'intéresser:

- Au disque de rupture;
- Au type de tête d'amorce;
- Aux fuites de gaz du dispositif.

On examine actuellement la possibilité d'entreprendre des études destinées à mettre en évidence la contribution de chacune de ces variables afin de trouver des moyens d'améliorer la précision des résultats des épreuves. Un projet portant sur les paramètres de performance des têtes d'amorce est d'ores et déjà en cours.

## Proposition

13. Il est évident que des améliorations de la procédure d'épreuve décrite à l'appendice 7 du Manuel d'épreuves et de critères sont susceptibles de faciliter les manipulations, de réduire le temps nécessaire à la réalisation de l'épreuve et d'assurer la cohérence des matériaux utilisés.

Il est proposé de revoir la procédure et de l'actualiser pour:

- i. Inclure le laiton comme matériau pour les disques de rupture au paragraphe 2.2 de l'appendice 7 et spécifier la pression de rupture voulue plutôt que l'épaisseur;
- ii. Changer de modèle de bouchon de mise à feu au profit de celui que proposent les États-Unis d'Amérique et le Royaume-Uni.

## Annexe

### Comparaison des résultats des essais utilisant les bouchons modifiés proposés par les États-Unis pour l'épreuve HSL pression/temps

#### Essai

##### Choix de l'échantillon et préparation

Les laboratoires des États-Unis d'Amérique, du Japon et du Royaume-Uni ont reçus des échantillons issus d'un même lot de produits finis provenant d'un fabricant d'articles pyrotechniques destinés au théâtre basé au Royaume-Uni. Avant l'essai, on a démonté chacun des échantillons pour en retirer la composition pyrotechnique. Certaines de ces compositions ont nécessité une préparation supplémentaire avant l'essai: l'emplacement et la préparation préalable des échantillons (le cas échéant) sont indiqués au tableau 1 ci-dessous.

<i>Échantillon n°</i>	<i>Type d'article pyrotechnique</i>	<i>Quantité de la composition choisie dans l'article complet (g)</i>	<i>Emplacement de la composition choisie à l'intérieur de l'article</i>	<i>Préparation</i>
1	Flash Report	5g	Contenu en vrac dans le dispositif	Retiré de l'article – aucune préparation supplémentaire nécessaire
2	Airburst	5g	Contenu en vrac dans le dispositif	Retiré de l'article – aucune préparation supplémentaire nécessaire
3	Super Gun Shot	12g	Dans une cartouche à la base du tube	Cartouche retirée de l'article pour y prélever la composition pyrotechnique, – pas d'autre préparation nécessaire
4	Starburst	1,5g	Contenu en vrac dans le dispositif	Retiré de l'article – aucune préparation supplémentaire nécessaire
5	Waterfall	env. 25g	Contenu du dispositif pressé dans le tube	Tube brisé et broyage avant tamisage <500 µm

<i>Échantillon n°</i>	<i>Type d'article pyrotechnique</i>	<i>Quantité de la composition choisie dans l'article complet (g)</i>	<i>Emplacement de la composition choisie à l'intérieur de l'article</i>	<i>Préparation</i>
6	White with tail comet	env. 1g	Contenue dans des étoiles situées sous un capuchon en papier	Etoiles séparées des autres composants pyrotechniques, écrasée et tamisées <500 µm
7	Red Mine	env. 10g	Etoiles situées sous un capuchon en papier	Etoiles séparées des autres composants pyrotechniques, écrasée et tamisées <500 µm
8	Theatrical Flash	7g	Située sous un opercule en papier	Retiré de l'article – aucune préparation supplémentaire nécessaire
9	Silver Mines	env. 10g	Etoiles situées sous un capuchon en papier	Etoiles séparées des autres composants pyrotechniques, écrasée et tamisées <500 µm
10	Yellow Mine	env. 10g	Contenue dans des étoiles situées sous un capuchon en papier	Etoiles séparées des autres composants pyrotechniques, écrasée et tamisées <500 µm
11	Whistle	env. 10g	Contenu pressé dans le tube	Tube brisé et broyage avant tamisage <500 µm

### Résultats des essais

Les données enregistrées par les trois laboratoires sont présentées dans les tableaux 2 à 4. Il est à noter que le HSL (Royaume-Uni) a procédé à neuf essais de mise à feu sur chaque composition, contre trois seulement pour les laboratoires des États-Unis et du Japon. Ces mises à feu supplémentaires avaient pour but de mieux vérifier la variabilité des essais. Tant le laboratoire des États-Unis que celui du Royaume-Uni ont également procédé à des essais sur la poudre noire et ses substituts afin de démontrer que certaines formulations pouvaient avoir un temps de montée en pression minimum égal ou inférieur à 6 ms. En vertu des critères actuels<sup>4)</sup> ils devraient donc être classés comme compositions éclair. Les données relatives à la poudre noire et à ses substituts sont également présentées dans les tableaux le cas échéant. Le Royaume-Uni a aussi évalué une poudre sans fumée (tableau 2), car il avait été imaginé qu'une telle composition pourrait servir de référence commune pour les laboratoires. Le laboratoire japonais n'a cependant pas été en mesure de procéder à cette évaluation en raison de restrictions à l'importation des produits en question au Japon.

Les données enregistrées au Japon (tableau 4) indiquent qu'aucun temps de montée en pression n'a été obtenu pour les compositions 3, 8 et 10. La cause en est que le seuil supérieur de 2 070 kPa n'a pas été atteint lors des essais. Aux États-Unis et au Royaume-Uni, en revanche, toutes les compositions ont permis des mesures. Cette incapacité à atteindre le seuil plus élevé a également été relevée au Japon lors de l'évaluation des compositions 7 et 9, où ce seuil n'a pas été atteint dans le cas d'un ou deux essais effectués sur chaque composition. Les premières données japonaises relatives à la composition 5 ont également présenté une valeur aberrante et une série supplémentaire de trois essais a été effectuée. Les résultats de ces essais répétés, qui figurent au bas du tableau 4, mettent en évidence une variation par rapport aux données initiales.

Il est ressorti clairement des données que deux des trois essais effectués sur une composition donnaient des résultats similaires en ce qui concerne le temps de montée, alors que le troisième paraissait s'en écarter sensiblement. Ce phénomène semble avoir concerné toutes les compositions évaluées, quels que soient le laboratoire et le type d'échantillon. Il est intéressant de relever que la valeur aberrante n'apparaissait pas toujours lors du premier essai effectué sur chaque composition mais pouvait surgir dans n'importe lequel des trois essais de la série.

Les temps de montée en pression les plus courts parmi les séries de données de chacun des laboratoires participants sont résumés dans le tableau du rapport principal; les données y ont été classées par ordre de temps de montée croissants déterminés par le HSL. L'évaluation de ces données indique que le laboratoire du Royaume-Uni a systématiquement obtenu des montées en pression plus rapides que les laboratoires des États-Unis ou du Japon. Le laboratoire japonais a enregistré des montées en pression plus rapides que celui des États-Unis en ce qui concerne les compositions 2, 7 et 9, alors que le laboratoire des États-Unis a obtenu des montées en pression plus rapide que ceux du Japon pour les compositions 1, 11 et 5.



Tableau 2

**Données du Royaume-Uni concernant le bouchon modifié des États-Unis pour l'épreuve HSL des compositions éclair**

Échantillon n°	Nom de l'article pyrotechnique	Temps de montée (ms)											
		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Essai 7	Essai 8	Essai 9	Min	Moyen	DS
1	Flash Report	0,98	0,77	0,34	0,40	0,65	0,79	0,75	0,85	0,72	0,34	0,69	0,21
2	Silver Glitter Airburst	2,71	1,67	0,64	3,08	1,71	1,19	1,73	2,44	1,66	0,64	1,87	0,76
3	LMA Super Gun Shot	3,79	3,19	4,74	5,05	4,77	3,37	5,17	3,11	3,16	3,11	4,04	0,88
4	15ft Starburst	0,63	0,58	0,99	2,03	1,85	2,49	1,33	0,82	1,17	0,58	1,32	0,67
5	15fr Waterfall	1,9	1,33	1,40	1,99	1,56	1,52	1,33	1,37	1,77	1,33	1,57	0,25
6	25ft White with Tail comet	2,3	1,25	2,63	1,47	1,34	1,54	1,51	2,06	1,26	1,25	1,71	0,5
7	Red 50-60ft mine	2,87	4,52	3,09	2,73	3,18	3,06	2,74	2,88	2,95	2,73	3,11	0,55
8	Silver 50-60ft mine	6,03	6,62	3,39	2,49	3,34	4,04	4,25	4,14	6,15	2,49	4,49	1,44
9	Yellow 50-60ft mine	5,17	4,77	4,29	4,53	4,58	4,55	5,69	5,09	4,83	4,29	4,83	0,43
10	Theatrical Flash	14,47	21,31	12,73	12,73	28,53	13,58	33,38	19,53	17,5	12,73	19,31	7,36
11	Whistle composition	0,80	0,52	0,64	0,86	1,12	0,66	0,60	0,65	0,6	0,52	0,72	0,18
12	Swiss No 1 black powder	2,70	1,67	2,79	2,09	2,16	2,46	2,23	1,36	1,97	1,36	2,16	0,46
13	FOA black powder	5,17	4,42	4,59	4,39	3,23	3,81	4,15	4,38		3,23	4,27	0,57
14	Hodgdon triple severn BP substitute	3,40	3,13	3,38	3,10	3,06	3,39	2,77	6,68	2,79	2,77	3,52	1,21
15	Pyrodex TW	9,35	5,03	7,46	5,15	4,76	7,90	6,96	7,98	3,95	3,95	6,51	1,84
16	Alliant «Bullseye» smokeless powder	4,36	3,82	3,14	2,41	4,49	3,18	4,19	4,18	3,57	2,41	3,71	0,69

Tableau 3  
Données des États-Unis concernant le bouchon modifié des États-Unis pour l'épreuve HSL des compositions éclair

Échantillon n°	Nom de l'article pyrotechnique	Temps de montée (ms)					
		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Min	Moyen	DS
1	Flash Report No. 2	1,17	1,15	1,80	1,15	1,37	0,37
2	Airburst Large Silver Glitter	16,4	5,94	4,93	4,93	9,09	6,35
3	Super Gunshot Red	7,43	9,34	10,1	7,43	8,96	1,38
4	15' Sparkburst	5,21	8,01	8,37	5,21	7,20	1,73
5	15' Waterfall	5,30	2,70	2,90	2,70	3,63	1,45
7	1,5" 50-60' Mine Red	9,58	19,00	10,3	9,58	12,96	5,24
8	1,5" 50-60' Mine Silver	12,9	22,4	10,40	10,40	15,23	6,33
9	1,5" 50-60' Mine Yellow	25,00	25,00	13,2	13,20	21,07	6,81
10	Theatrical Flash Large	128,9	54,4	63,89	54,40	82,40	40,55
11	Whistle,	1,38	1,23	0,97	0,97	1,19	0,21
12	GOEX Fg Black Powder	5,05	4,30	4,54	4,30	4,63	0,38
13	GOEX FFFg Black Powder	4,55	4,14	4,40	4,14	4,36	0,21
14	GOEX FFFFg Black Powder	3,93	3,01	3,50	3,01	3,48	0,46

Tableau 4  
Données du Japon concernant le bouchon modifié des États-Unis pour l'épreuve HSL des compositions éclair

Échantillon n°	Nom de l'article pyrotechnique	Temps de montée (ms)					
		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Min	Moyen	DS
1	Flash Report No. 2	3,09	1,18	1,55	1,18	1,94	1,01
2	Airburst Large Silver Glitter	2,44	1,97	0,72	0,72	1,71	0,89
3	Super Gunshot Red	S.O.	S.O.	S.O.		0	
4	15' Sparkburst	2,94	2,92	2,04	2,04	2,63	0,51
5	15' Waterfall	64,00*	7,11	9,70	7,11	26,94	32,12
6	25ft White with Tail comet	2,14	4,14	5,47	2,14	3,92	1,68
7	1,5" 50-60' Mine Red	8,05	S.O.	19,38	8,05	13,71	8,01
8	1,5" 50-60' Mine Silver	S.O.	S.O.	6,27	6,27	6,27	
9	1,5" 50-60' Mine Yellow	S.O.	S.O.	S.O.		0	
10	Theatrical Flash Large	S.O.	S.O.	S.O.		0	
11	Whistle	1,86	1,72	1,64	1,64	1,74	0,11
5**	15' Waterfall	5,45	5,98	5,12	5,12	5,52	0,43

\* Aberration perçue.

\*\* Résultats de l'essai 5 répété.

S.O. Seuil supérieur de 2 070 kPa pas atteint.