

Image Cover Sheet

CLASSIFICATION

UNCLASSIFIED

SYSTEM NUMBER

507198



TITLE

TRAITEMENT DE DONNEES FRANCAISES A PARTIR DU LOGICIEL BRLCB POUR LE CALCUL DES
PRESSIONS MAXIMALES ET DES VIVACITES DYNAMIQUES

System Number:

Patron Number:

Requester:

Notes:

DSIS Use only:

Deliver to:



UNCLASSIFIED

CENTRE DE RECHERCHES POUR LA DÉFENSE
DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT
VALCARTIER, QUÉBEC

CRDV-TM-9728

Unlimited Distribution/Distribution illimitée

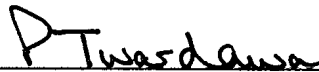
TRAITEMENT DE DONNÉES FRANÇAISES A PARTIR DU
LOGICIEL BRLCB POUR LE CALCUL DES PRESSIONS
MAXIMALES ET DES VIVACITÉS DYNAMIQUES

par

L.-S. Lussier, F. Beaupré et C. Nicole

February/février 1998

Approved by/Approuvé par



Section Head/Chef de section

97-11-27

Date

SANS CLASSIFICATION

SANS CLASSIFICATION

i

ABSTRACT

During the development of new gun propellant formulations, parameters such as vivacity and impetus are very important. These parameters are primarily used to compare new formulations with existing ones. Their values are usually calculated from pressure versus time data obtained from closed bomb experiments. Different reduction codes can be used to process the pressure versus time data. Among them, BRLCB was recently acquired from the US. Concurrently, some pressure versus time data were received from l'Établissement technique de Bourges, under the Franco-Canadian Accord. This memorandum presents the results obtained when processing the French data with BRLCB. Calculations of maximum pressure and dynamic vivacity were conducted and results similar to those obtained by the French code were found. Therefore, this cooperative work has allowed Canada to validate and compare BRLCB with other reduction codes, with regard to smoothing, calculation of the pressure derivative with respect to time, maximum pressure and dynamic vivacity.

RÉSUMÉ

Dans le développement de nouvelles compositions de poudres à canon, la vivacité et l'énergie libérée sont des paramètres très importants dont il faut tenir compte. Ils servent notamment à comparer les nouvelles compositions à celles déjà existantes. Ces paramètres sont généralement calculés à partir du traitement de données de la pression en fonction du temps obtenues à partir de tirs en bombe manométrique. Pour traiter ces données, il existe plusieurs logiciels de calcul. Le logiciel BRLCB, obtenu des États-Unis, compte parmi ces derniers et est depuis peu en utilisation au CRDV. Parallèlement à ceci, nous avons obtenu de l'Établissement technique de Bourges, dans le cadre de l'Accord franco-canadien, des données brutes de pression en fonction du temps. Ce mémorandum présente les résultats obtenus lors du traitement de ces données avec le logiciel BRLCB. Les résultats obtenus se sont avérés similaires à ceux obtenus par le logiciel de traitement des données français en ce qui concerne les pressions maximales et les vivacités dynamiques. Cette collaboration aura donc permis au Canada de valider et de contre-vérifier le logiciel BRLCB avec un autre logiciel au point de vue du processus de lissage, du calcul de la dérivée de la pression en fonction du temps et de l'évaluation de paramètres tels que la vivacité et de l'énergie libérée par la poudre.



SANS CLASSIFICATION

iii

TABLE DES MATIÈRES

ABSTRACT/RÉSUMÉ	i
FICHE DE SYNTHÈSE	v
LISTE DES SYMBOLES	vi
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 TRAITEMENT DES DONNÉES BRUTES	2
2.1 Préparation des données	2
2.2 Traitement des données brutes avec BRLCB	3
3.0 COMPARAISON DES RÉSULTATS	4
3.1 Graphiques	4
3.2 Pression maximale	5
3.3 Vivacité dynamique	6
4.0 CONCLUSIONS	8
5.0 RÉFÉRENCES	9

TABLEAUX I à XVI

FIGURES 1 à 56



SANS CLASSIFICATION

v

FICHE DE SYNTHÈSE

Les poudres à canon constituent une partie importante de toute munition. En effet, qu'elles soient de type conventionnel ou à faible vulnérabilité, leur qualité et leurs propriétés auront un rôle déterminant sur la performance de la munition. Dans le développement de nouvelles compositions, on doit soumettre les candidats à plusieurs évaluations: mécanique, physique, rhéologique et balistique. L'évaluation balistique des nouvelles compositions ne pouvant se faire systématiquement dans un canon, on fait régulièrement appel à un instrument appelé bombe manométrique.

Les bombes manométriques sont des enceintes de volume connu dans lesquelles on place une certaine quantité de poudre à canon qu'on allume. En variant la quantité de poudre à canon, on peut reproduire les différentes pressions rencontrées dans un canon. Les données extraites des tirs en bombe manométrique sont des valeurs de pression en fonction du temps. Après un traitement de ces données, on obtient des valeurs de vitesse de combustion.

Il existe différents codes de calcul qui permettent d'évaluer les vitesses de combustion à partir des données recueillies en bombe manométrique. Jusqu'à maintenant, le CRDV utilisait le code de calcul SIMPCB qui, tout en étant tout à fait approprié, ne permettait pas beaucoup de flexibilité. Depuis peu, le code BRLCB a été reçu au CRDV et est maintenant en utilisation. Ce code plus flexible permet le traitement de géométries de grains plus complexes et peut aussi être utilisé dans le cas d'un allumage électro-thermo-chimique (ETC). Le code SIMPCB ne permet pas de telles manoeuvres et, puisque les poudres à canon développées pour les Forces armées canadiennes ont parfois des géométries complexes et que l'allumage par ETC est à l'étude, l'utilisation d'un code tel que BRLCB est indispensable.

L'objectif premier de ce mémorandum est de présenter les résultats obtenus avec le logiciel BRLCB sur des données brutes de pression en fonction du temps que nous avons obtenues de l'Établissement technique de Bourges (ETBS) dans le cadre de l'accord franco-canadien. Dans un premier temps, on décrit la préparation des données pour les rendre compatibles avec le logiciel BRLCB. Par la suite, on présente les pressions maximales obtenues ainsi que les vivacités dynamiques calculées. Finalement, on compare les résultats canadiens à ceux obtenus par la France. Une telle comparaison permet, en quelque sorte, de valider notre logiciel de traitement des données au point de vue processus de lissage et de l'algorithme utilisé pour le calcul de la dérivée de la pression en fonction du temps.

Ce travail, réalisé dans le cadre de l'Accord franco-canadien, a été très bénéfique pour le CRDV. En effet, il nous a permis de valider notre logiciel de réduction des données BRLCB. Qui plus est, les données brutes fournies par la France faisaient partie d'essais interlaboratoires dans le cadre d'un STANAG de l'OTAN (STANAG 4115) et, de ce fait, nous ont permis de profiter des résultats obtenus lors de ces essais au point de vue contrôle de la qualité du lissage numérique et de la sensibilité des logiciels de dépouillement.



SANS CLASSIFICATION

vi

LISTE DES SYMBOLES

BRLCB: Ballistic Research Laboratory Closed Bomb

dP/dt: Dérivée de la pression par rapport au temps

L(Z) : Vivacité dynamique au point Z

P: Pression

P_{MAX} : Pression maximale

s: Coefficient de pondération

t : Temps

Z: Rapport pression/ pression maximale



1.0 INTRODUCTION

Dans le développement de nouvelles compositions de poudres à canon, l'énergie libérée par la poudre et la vivacité sont deux paramètres très utiles pour comparer les nouvelles compositions à celles déjà existantes. Ces valeurs sont habituellement calculées à partir de données brutes de pression en fonction du temps générées lors de tirs en enceinte manométrique. Dans un premier temps, les données brutes sont lissées et la pression maximale obtenue permet de calculer l'énergie libérée par la poudre. Par la suite, la dérivée de la pression en fonction du temps est utilisée pour le calcul de diverses vivacités (ex. vivacité relative, dynamique, etc.).

Depuis peu, le laboratoire d'enceintes manométriques du CRDV utilise le logiciel de calcul BRLCB (réf. 1-2) pour le traitement des données pression (P) en fonction du temps (t) et pour le calcul des vivacités et des énergies libérées par les nouvelles poudres à canon. La validation de ce logiciel a déjà fait l'objet d'une récente publication (réf. 3) et le but du présent mémorandum est de présenter les résultats obtenus avec le logiciel BRLCB sur des données brutes de pression en fonction du temps que nous avons obtenues de l'Établissement technique de Bourges (ETBS) dans le cadre de l'Accord franco-canadien. Dans un premier temps, on décrit la préparation des données pour les rendre compatibles avec le logiciel BRLCB. Par la suite, on présente les pressions maximales obtenues ainsi que les vivacités dynamiques calculées. Finalement, on compare les résultats canadiens à ceux obtenus par les Français. Une telle comparaison permet, en quelque sorte, de valider notre logiciel de traitement des données au point de vue processus de lissage et de l'algorithme utilisé pour le calcul de la dérivée de la pression en fonction du temps ce que le précédent mémorandum (réf. 3) ne faisait pas.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'Accord franco-canadien, Thème 12: Matériaux énergétiques. Les travaux présentés ont été effectués entre juin 1996 et mars 1997 sous le numéro d'unité de travail 2eb12, Poudres à canon HELOVA.

2.0 TRAITEMENT DES DONNÉES BRUTES

2.1 Préparation des données

Dans le cadre de l'Accord franco-canadien, la France a fourni au Canada deux disquettes de données obtenues lors de tirs en enceinte manométrique. Ces disquettes contenaient un total de 14 tirs. La description de ces tirs, selon les informations fournies par les Français, ainsi que le nom que nous avons attribué pour chacun des fichiers sont donnés au tableau I. Ces fichiers contenaient, sous forme ASCII, des valeurs de pression séparées par des virgules et qui étaient présentées sous forme de lignes. Toutefois, le logiciel BRLCB nécessite un fichier d'entrée constitué de deux colonnes, une pour le temps et une autre pour la pression. Nous avons donc dû, préalablement au traitement des données, à l'aide des logiciels appropriés (WP et Excel), modifier les fichiers français pour les rendre compatibles avec BRLCB. Ce travail consistait simplement en la transformation des données françaises de pression, qui se présentaient sous forme de lignes, en colonnes avec l'aide d'un logiciel de traitement de texte. Dans un deuxième temps on a dû générer, avec un chiffrier électronique, une colonne de temps, selon le pas de temps donné par la France soit, 10 ms. Finalement, le fichier d'entrée requis par BRLCB doit contenir un maximum de 2048 points. Puisque les fichiers français contenaient 4096 points, ils ont été réduits à 2048 en laissant de côté une donnée sur deux.

2.2 Traitement des données brutes avec BRLCB

Les fichiers préparés selon la façon décrite à la section 2.1 ont servi de fichiers d'entrée pour le logiciel BRLCB. Par la suite, le traitement des données a été effectué selon le cheminement suivant:

- 1-) Les points erratiques sont supprimés. Le procédé consiste en l'élimination des points en appliquant un seuil de tolérance. Essentiellement, la valeur entrée comme seuil de tolérance peut être vue comme le nombre de déviations standards requises par un point, par rapport à la moyenne des points voisins, pour être considéré comme erratique. Dans le traitement des données de ce mémorandum, un seuil de tolérance de 5 a été utilisé.
- 2-) Le nombre de points est réduit au minimum. Ce procédé consiste à éliminer les données de pression antérieures à l'allumage et celles postérieures à la pression maximale observée.
- 3-) Les données sont lissées selon le nombre de passages et l'option de lissage choisie. Dans ce travail les données furent lissées avec 2 passages d'un pont de 25 points. Ce procédé de lissage consiste essentiellement en une moyenne pondérée autour de chaque point. Le nombre de points utilisés pour le calcul de la moyenne correspond à la longueur du pont. Par exemple selon ce procédé de lissage un pont de 5 points consisterait à remplacer la valeur de la 50^e pression par la valeur, P50, suivante:

$$P(50) = s_1 [P(48)] + s_2 [P(49)] + s_3 [P(50)] + s_4 [P(51)] + s_5 [P(52)] \quad (1)$$

où s_1 - s_5 représentent les coefficients de pondération pour le pont à cinq points.

- 4-) La dérivée de la pression en fonction du temps est calculée à partir des données lissées.
- 5-) Un fichier de trois colonnes est créé contenant le temps, la pression et la dérivée de la pression en fonction du temps.
- 6-) Avec l'aide d'un chiffrier électronique, la valeur de $L(Z)$, la vivacité dynamique, est calculée selon l'équation suivante:

$$L(Z) = \frac{1}{P_{MAX}} \times \frac{1}{P(Z)} \times \frac{dP(Z)}{dt} \quad (2)$$

$$\text{ou } Z = P/P_{MAX}$$

- 7-) Finalement, les graphiques de P vs t , dP/dt vs t , dP/dt vs P et $L(Z)$ vs Z ont été tracés. Ces graphiques sont présentés aux figures 1 à 56 en utilisant la notation décrite au tableau I.

3.0 COMPARAISON DES RÉSULTATS

Pour procéder à notre étude comparative nous avons reçu de la France deux publications (réf. 4 et 5) décrivant les résultats de leurs analyses. Les résultats obtenus par les deux pays sont présentés et comparés dans la présente section.

3.1 Graphiques

Les publications françaises ne contenaient que les graphiques pour les tirs #1 à 6 (réf. 4). Les figures 1 à 24 illustrent les graphiques obtenus pour ces tirs. Une inspection visuelle, entre les graphiques de la référence 5 et ceux des figures 1 à 24, montre que ces derniers sont tout à fait similaires à ceux obtenus en France. La seule différence notable est une translation de notre

échelle du temps par rapport à celle utilisée par la France. Ceci est dû au traitement des données par le logiciel BRLCB (cf. étape #2) qui élimine tous les points antérieurs à la pression d'allumage et définit le temps zéro comme étant celui correspondant à cette pression d'allumage. On observe aussi une légère différence au niveau du processus de lissage. En effet, les graphiques français, spécialement ceux de $L(Z)$ en fonction de Z , apparaissent moins lissés que les graphiques canadiens. Selon les informations obtenues aux références 4 et 5, la France a utilisé un lissage gaussien 26,26 tandis que le Canada a plutôt fait subir aux données deux passages d'un pont de 25 points. Bien que ces deux procédés de lissage soient similaires, ils sont quand même différents et ceci pourrait expliquer les légères différences observées.

3.2 Pression maximale

L'examen des pressions maximales obtenues permet aussi de comparer le processus de lissage numérique des logiciels. Qui plus est, la valeur de la pression maximale est importante puisque celle-ci sera utilisée dans de nombreux calculs subséquents comme le calcul de Z , de la vivacité dynamique, etc.; elle aura donc des répercussions sur plusieurs résultats.

Les pressions maximales obtenues, après le lissage des données, sont comparées à celles obtenues par la partie française au tableau II. Ce tableau contient aussi pour les tirs #7 à 12 les pressions maximales obtenues par un laboratoire néerlandais. Les pressions maximales obtenues de la France et des Pays-Bas ont été extraites des références 5 et 6.

Tel que discuté précédemment, les données ont été lissées avec un pont de 25 points tel que décrit à la section 2.2. La France a utilisé, comme mentionné précédemment, un lissage

gaussien 26,26. Par contre, nous n'avons pas de précision sur le type de lissage utilisé par les Pays-Bas. De plus, nous ne disposons pas des coefficients de pondération utilisés par la France, cependant, on peut quand même affirmer que ces deux types de lissage sont similaires. Tel qu'illustré au tableau II, les pressions maximales obtenues sont très voisines pour les trois pays. En effet, les différences peuvent être considérées minimales étant inférieures à 0.3 %. Une incertitude de cet ordre de grandeur s'explique facilement en tenant compte des erreurs associées à tout traitement numérique de données quel qu'il soit. Par exemple, chaque logiciel comporte des incertitudes associées à l'arrondissement des valeurs utilisées lors des calculs. Notre lissage consiste en un pont de 25 points tandis que le lissage français utilise 26 points. De plus, nous avons effectué deux passages contrairement à un pour les Français. Il y a aussi des différences dans le traitement mathématique du lissage comme l'utilisation de coefficients de pondération différents, etc. Somme toute, compte tenu de ces légères différences, on peut conclure que pour le lissage des mêmes données le logiciel BRLCB donne des résultats tout à fait similaires à ceux obtenus par les logiciels français ou néerlandais.

3.3 Vivacité dynamique

Les vivacités dynamiques, calculées selon l'équation 2, pour des valeurs choisies de Z sont présentées aux tableaux III à XVI pour les 14 tirs. Les valeurs françaises et néerlandaises ont, cette fois encore, été extraites des références 5 et 6. Un examen des tableaux III à XVI montre, pour la plupart des calculs, que les valeurs obtenues par les trois pays sont très similaires. En effet, les différences entre les valeurs calculées sont faibles et souvent inférieures à 1 %. Cette fois encore, les raisons évoquées à la section précédente, sur les incertitudes inhérentes à tout processus de traitement numérique des données, s'appliquent dans ce cas et peuvent expliquer

les faibles différences observées. Toutefois, il faut noter, que dans certains cas, une erreur supérieure à 1 % est observée. Par exemple, pour le tir #2 du tableau IV, pour une valeur de $Z = 0.1$, le $L(Z)$ obtenu par le Canada (1.110) est différent d'environ 4 % de celui obtenu par la France (1.156). Il faut toutefois ajouter qu'en général à l'intérieur d'un même tir les valeurs de $L(Z)$ calculées sont très voisines et que cet écart plus élevé demeure un cas isolé.

Par contre, ces écarts pourraient s'expliquer en tenant compte de la manière dont les $L(Z)$ sont évalués pour un Z donné. En effet, la fonction $L(Z)$ vs Z n'est pas une fonction continue mais un ensemble de points calculés à partir d'une fonction elle-même séquentielle, soit pression vs temps. L'ensemble des valeurs de Z et de $L(Z)$ ainsi obtenu est utilisé pour tracer des points sur un graphique et les points sont reliés entre eux de manière à constituer une courbe. À partir de cette courbe il est possible d'évaluer la valeur de $L(Z)$ pour un Z donné. D'un autre côté, on peut aussi se servir du tableau des valeurs de Z et $L(Z)$ et par interpolation, entre deux valeurs de Z qui ceinturent un Z donné, calculer le $L(Z)$ correspondant. Par exemple, rarement dans un tableau nous avons une valeur pour un Z exact de 0.1, 0.2 etc. Nous avons plutôt un Z à 0.9987 et un autre à 0.11 et par interpolation linéaire nous obtenons la valeur du $L(Z)$ correspondant à $Z = 0.1$. C'est ce dernier processus qui a été utilisé par le Canada et nous ignorons le processus utilisé par les Français pour l'évaluation du $L(Z)$ pour un Z donné. Il semble toutefois, qu'il y ait une différence car, tel que discuté à la section 3.1, les graphiques français du $L(Z)$ ont une apparence moins lisse que les nôtres, surtout pour des valeurs de Z inférieures à 0.3. Il est donc fort plausible que des différences de procédé dans l'estimation du $L(Z)$ ainsi que dans le traitement mathématique du lissage et du calcul de la dérivée puissent expliquer les écarts plus prononcés parfois obtenus. Toutefois, les résultats montrent clairement que le logiciel BRLCB utilisé au CRDV donne, au point

de vue vivacité dynamique, des résultats tout à fait similaires à ceux obtenus avec le logiciel français.

4.0 CONCLUSIONS

Le présent travail a démontré que lorsqu'utilisé sur les mêmes données brutes le logiciel de réduction des données BRLCB utilisé au CRDV donne, au point de vue pression maximale et vivacité dynamique, les mêmes résultats que celui utilisé par l'ETBS en France. Les quelques différences notées peuvent s'expliquer si l'on tient compte des erreurs inhérentes à tout processus numérique de traitement des données. Il reste cependant quelques points à éclaircir entre les deux pays concernant les différences entre les processus de lissage utilisés et sur la manière d'évaluer les valeurs de vivacité dynamique (L(Z)).

Ce travail réalisé dans le cadre de l'Accord franco-canadien a été très bénéfique pour le CRDV. En effet, il nous a permis de contre-vérifier notre logiciel de traitement des données BRLCB. Qui plus est, les données brutes fournies par la France faisaient partie d'essais interlaboratoires dans le cadre d'un STANAG de l'OTAN (STANAG 4115) et de ce fait nous permettaient de profiter des résultats obtenus lors de ces essais au point de vue contrôle sur la qualité du lissage numérique et sur la sensibilité des logiciels de dépouillement, en L(Z), lorsqu'on ajoute une petite quantité de poudre.

Dans le futur, il serait intéressant de faire une comparaison des vitesses de combustion obtenues par les deux pays avec ces mêmes données brutes.

6.0 RÉFÉRENCES

1. Oberle, W.F. and Kooker, D.E., "BRLCB: A Closed-Chamber Data Analysis Program. Part I - Theory and User's Manual", ARL-TR-36, January 1993, UNCLASSIFIED
2. Oberle, W.F., "Vivacity Calculation, Rolled Ball and Rosette Grain Form Function and Editing Capability Update to the Closed-Chamber Data Analysis Program BRLCB", ARL-MR-61, April 1993, UNCLASSIFIED
3. Beaupré, F., Lussier, L.S. et Nicole, C. , "Validation du Logiciel BRLCB", CRDV-TM-9726. SANS CLASSIFICATION
4. Roger, J., "Test de contrôle sur la qualité du lissage numérique des courbes P(t) des tirs en enceinte manométrique. Calculs de la vivacité dynamique et de la vitesse de combustion sur les essais interlaboratoires. Travaux dans le cadre de la révision du STANAG 4115" No RE: 4031, Établissement technique de Bourges, Octobre 1993, SANS CLASSIFICATION
5. Roger, J., "Révision du STANAG 4115. Définition et détermination des propriétés balistiques des poudres pour arme", Note technique no. 35/94 CE/LPI/LPE, Établissement technique de Bourges, Mai 1994, SANS CLASSIFICATION

SANS CLASSIFICATION

10

TABLEAU IDescription française des fichiers reçus avec le nom attribué dans ce mémorandum

DESCRIPTION	Nom du fichier
Poudre KN 6540 39.7 g (coup #0)	tir #1
Poudre KN 6540 39.7 g + 0.6 g d'une double base (coup #1)	tir #2
Poudre KN 6540 39.7 g (coup #2)	tir #3
Poudre KN 6540 39.7 g + 0.6 g d'une double base (coup #3)	tir #4
Poudre KN 6540 39.7 g (coup #4)	tir #5
Poudre KN 6540 39.7 g + 0.6 g d'une double base (coup #5)	tir #6
Poudre KN 6540 50 g (coup #0)	tir #7
Poudre KN 6540 49.25 g + 0.75 g d'une double base (coup #1)	tir #8
Poudre KN 6540 50 g (coup #2)	tir #9
Poudre KN 6540 49.25 g + 0.75 g d'une double base (coup #3)	tir #10
Poudre KN 6540 50 g (coup #9)	tir #11
Poudre KN 6540 49.25 g + 0.75 g d'une double base (coup #8)	tir #12
Poudre KN 6540 50 g (coup #12)	tir #13
Poudre KN 6540 49.25 g + 0.75 g d'une double base (coup #11)	tir #14

SANS CLASSIFICATION

11

TABLEAU II

Pressions maximales obtenues après lissage des données

# du tir	Pression maximale (MPa)		
	Canada	France	Pays-Bas
1	243.5	243.1	--
2	250.7	250.2	--
3	245.9	245.3	--
4	250.1	249.8	--
5	246.5	246.0	--
6	250.8	250.1	--
7	327.3	327.2	327.3
8	330.8	330.6	330.7
9	332.0	331.8	331.9
10	331.9	331.8	331.9
11	330.6	330.5	330.6
12	330.1	330.0	330.1
13	329.3	329.1	--
14	329.6	329.5	--

SANS CLASSIFICATION

12

TABLEAU III

Vivacités dynamiques - tir #1

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.247	1.212
0.2	0.997	0.980
0.3	0.927	0.911
0.4	0.891	0.891
0.5	0.905	0.907
0.6	0.933	0.928
0.7	0.939	0.939
0.8	0.892	0.889
0.9	0.584	0.580

TABLEAU IV

Vivacités dynamiques - tir #2

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.156	1.110
0.2	1.030	1.026
0.3	0.939	0.941
0.4	0.904	0.893
0.5	0.896	0.899
0.6	0.906	0.908
0.7	0.915	0.912
0.8	0.856	0.851
0.9	0.583	0.575

TABLEAU VVivacités dynamiques - tir #3

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.266	1.229
0.2	1.011	0.999
0.3	0.899	0.904
0.4	0.889	0.893
0.5	0.909	0.910
0.6	0.929	0.924
0.7	0.943	0.939
0.8	0.876	0.881
0.9	0.583	0.582

TABLEAU VIVivacités dynamiques - tir #4

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.204	1.227
0.2	1.000	0.998
0.3	0.930	0.921
0.4	0.869	0.873
0.5	0.876	0.872
0.6	0.895	0.895
0.7	0.910	0.910
0.8	0.873	0.873
0.9	0.576	0.577

TABLEAU VIIVivacités dynamiques - tir #5

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.191	1.187
0.2	0.996	1.006
0.3	0.939	0.917
0.4	0.914	0.902
0.5	0.913	0.914
0.6	0.919	0.920
0.7	0.915	0.916
0.8	0.873	0.869
0.9	0.579	0.574

TABLEAU VIIIVivacités dynamiques - tir #6

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.199	1.212
0.2	0.989	0.999
0.3	0.919	0.918
0.4	0.882	0.872
0.5	0.867	0.879
0.6	0.900	0.897
0.7	0.906	0.911
0.8	0.865	0.864
0.9	0.580	0.572

TABLEAU IX

Vivacités dynamiques - tir #7

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) PAYS-BAS (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.089	1.091	1.089
0.2	0.889	0.890	0.887
0.3	0.835	0.821	0.831
0.4	0.847	0.843	0.843
0.5	0.871	0.873	0.874
0.6	0.898	0.899	0.899
0.7	0.915	0.919	0.916
0.8	0.858	0.866	0.862
0.9	0.569	0.586	0.574

TABLEAU X

Vivacités dynamiques - tir #8

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) PAYS-BAS (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.108	1.096	1.097
0.2	0.907	0.908	0.904
0.3	0.830	0.834	0.837
0.4	0.819	0.821	0.820
0.5	0.847	0.846	0.848
0.6	0.876	0.875	0.876
0.7	0.898	0.906	0.900
0.8	0.848	0.854	0.851
0.9	0.570	0.585	0.574

TABLEAU XI

Vivacités dynamiques - tir #9

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) PAYS-BAS (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.055	1.049	1.054
0.2	0.878	0.877	0.880
0.3	0.835	0.835	0.836
0.4	0.848	0.846	0.848
0.5	0.872	0.872	0.872
0.6	0.902	0.898	0.900
0.7	0.919	0.926	0.923
0.8	0.866	0.876	0.868
0.9	0.564	0.580	0.569

TABLEAU XII

Vivacités dynamiques - tir #10

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) PAYS-BAS (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.098	1.097	1.090
0.2	0.896	0.898	0.902
0.3	0.833	0.835	0.837
0.4	0.821	0.819	0.819
0.5	0.844	0.838	0.844
0.6	0.874	0.874	0.876
0.7	0.898	0.901	0.901
0.8	0.850	0.854	0.852
0.9	0.567	0.586	0.573

TABLEAU XIIIVivacités dynamiques - tir #11.

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) PAYS-BAS (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.095	1.116	1.109
0.2	0.909	0.922	0.914
0.3	0.849	0.847	0.848
0.4	0.829	0.830	0.828
0.5	0.848	0.854	0.849
0.6	0.877	0.857	0.876
0.7	0.896	0.899	0.897
0.8	0.839	0.841	0.840
0.9	0.568	0.594	0.575

TABLEAU XIVVivacités dynamiques - tir #12

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) PAYS-BAS (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.093	1.080	1.080
0.2	0.899	0.889	0.893
0.3	0.839	0.838	0.839
0.4	0.847	0.847	0.846
0.5	0.864	0.866	0.864
0.6	0.893	0.893	0.895
0.7	0.919	0.922	0.920
0.8	0.855	0.863	0.858
0.9	0.560	0.579	0.566

TABLEAU XVVivacités dynamiques - tir #13

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.131	1.137
0.2	0.923	0.920
0.3	0.857	0.858
0.4	0.834	0.831
0.5	0.851	0.852
0.6	0.877	0.876
0.7	0.897	0.899
0.8	0.852	0.857
0.9	0.581	0.585

TABLEAU XVIVivacités dynamiques - tir #14

Z	L(Z) FRANCE (1/MPa*s)	L(Z) CANADA (1/MPa*s)
0.1	1.081	1.082
0.2	0.889	0.892
0.3	0.821	0.837
0.4	0.844	0.843
0.5	0.861	0.862
0.6	0.885	0.886
0.7	0.908	0.909
0.8	0.857	0.860
0.9	0.570	0.574

SANS CLASSIFICATION

19

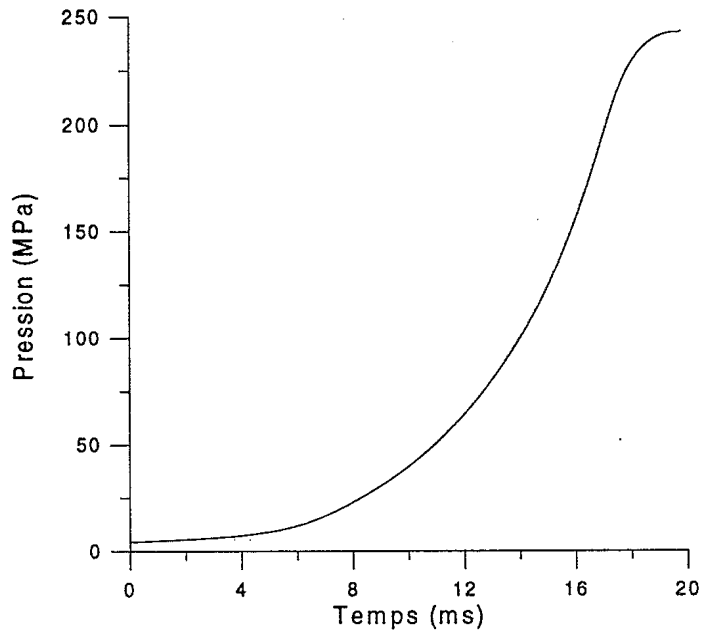


FIGURE 1 - Pression en fonction du temps tir #1

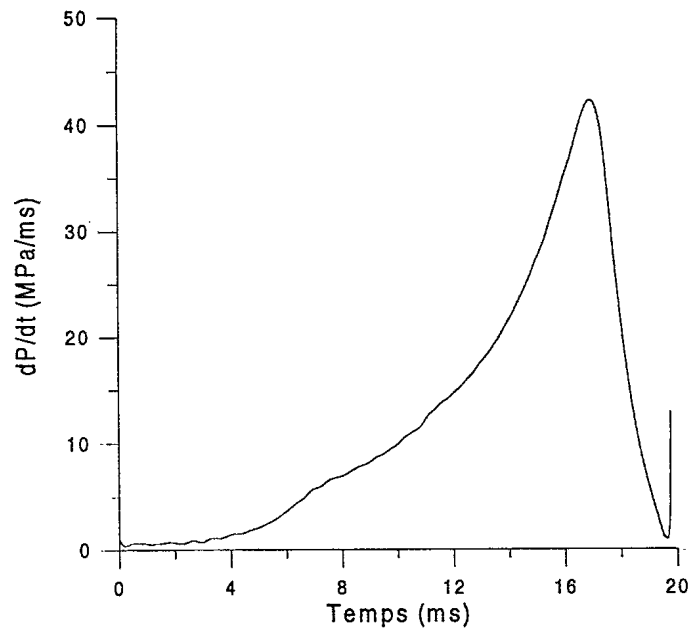


FIGURE 2 - dP/dt en fonction du temps tir #1

SANS CLASSIFICATION
20

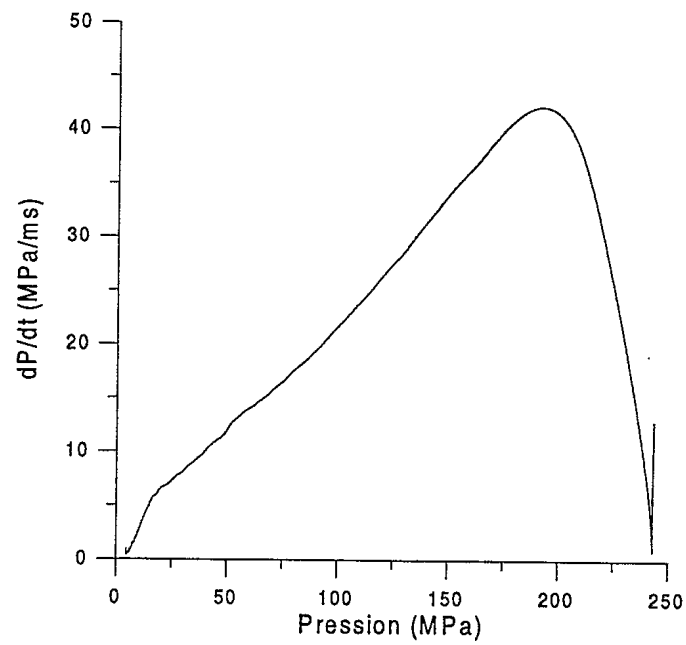


FIGURE 3- dP/dt en fonction de la pression tir #1

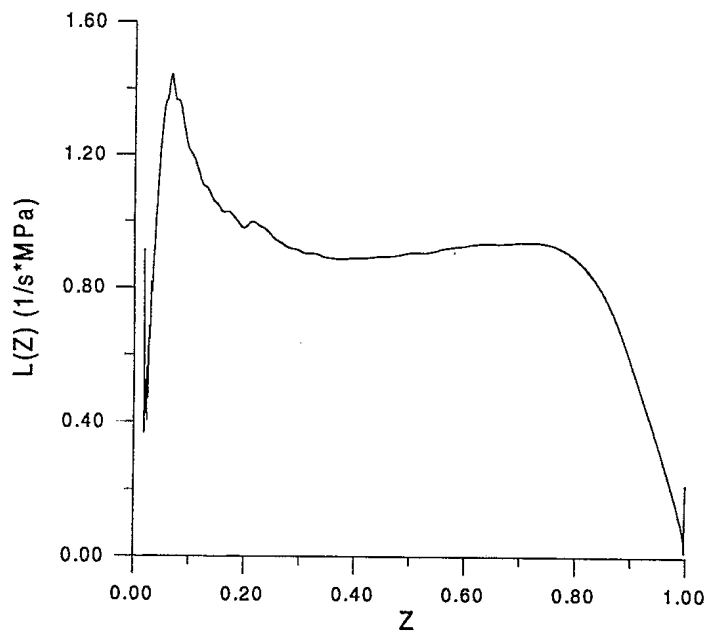


FIGURE 4- L(Z) en fonction de Z tir #1

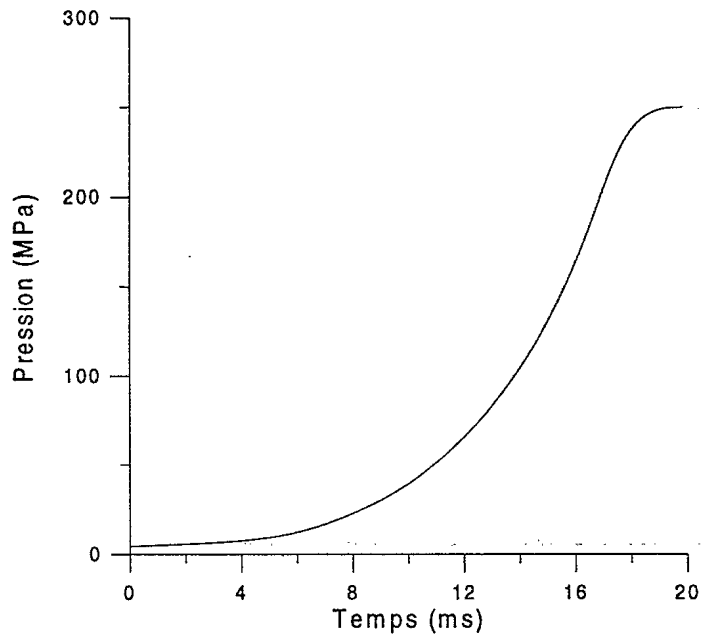


FIGURE 5 - Pression en fonction du temps tir #2

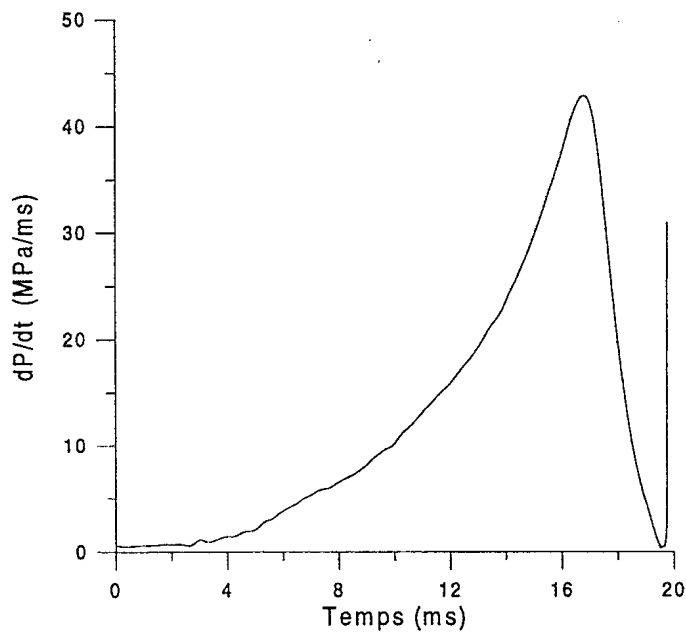


FIGURE 6- dP/dt en fonction du temps tir #2

SANS CLASSIFICATION
22

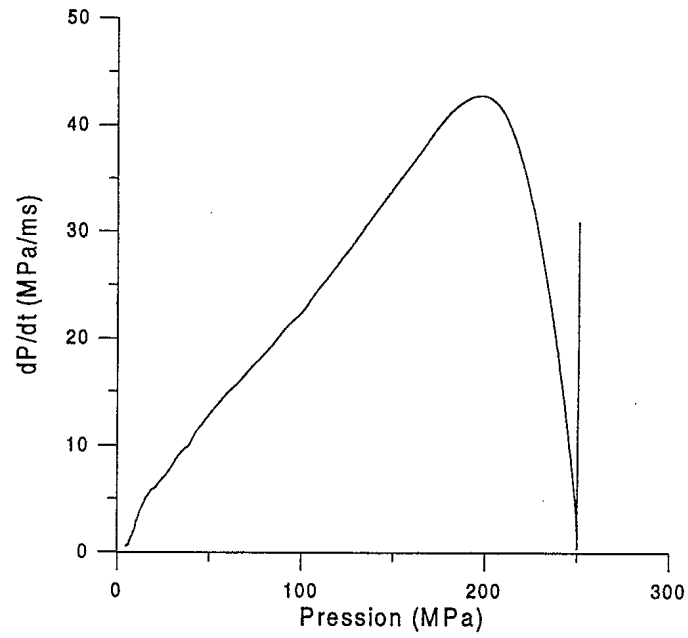


FIGURE 7 - dP/dt en fonction de la pression tir #2

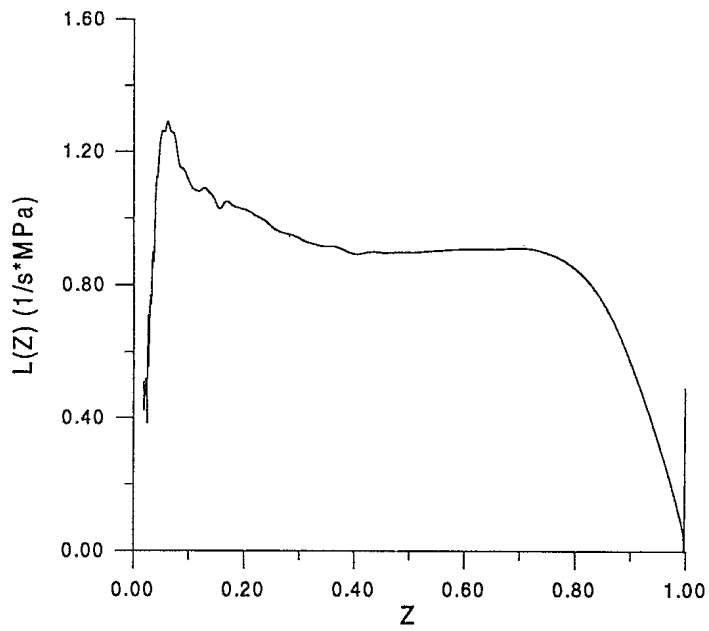


FIGURE 8 - L(Z) en fonction de Z tir #2

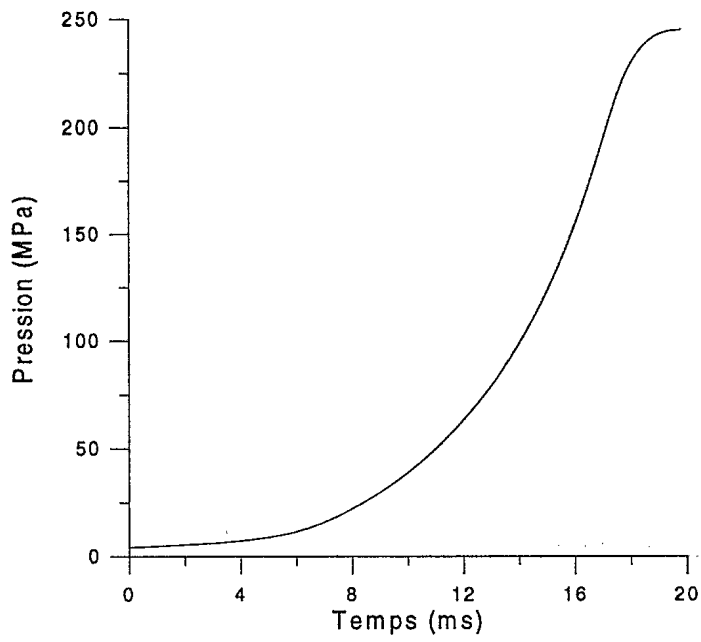


FIGURE 9 - Pression en fonction du temps tir #3

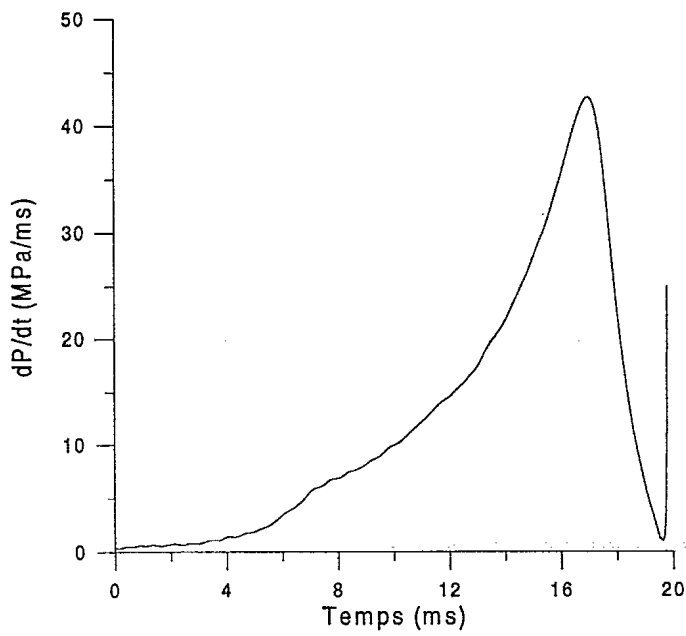


FIGURE 10 - dP/dt en fonction du temps tir #3

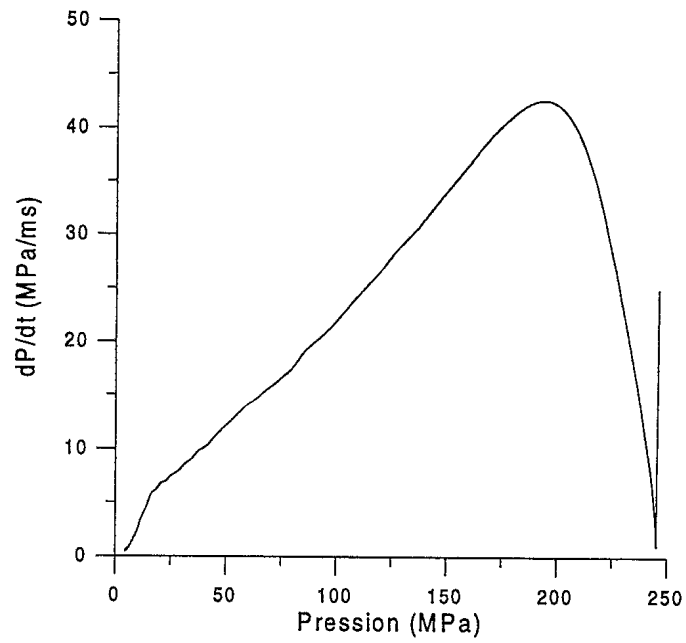


FIGURE 11 - dP/dt en fonction de la pression tir #3

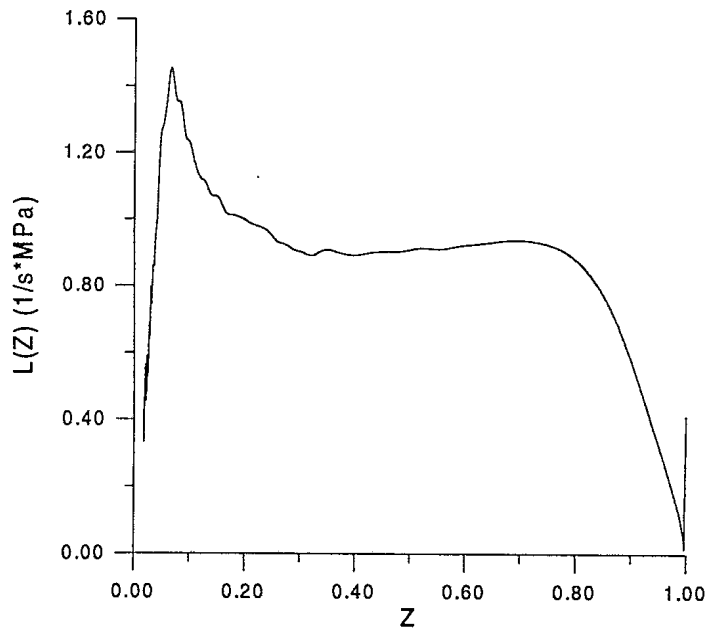


FIGURE 12 - L(Z) en fonction de Z tir #3

SANS CLASSIFICATION
25

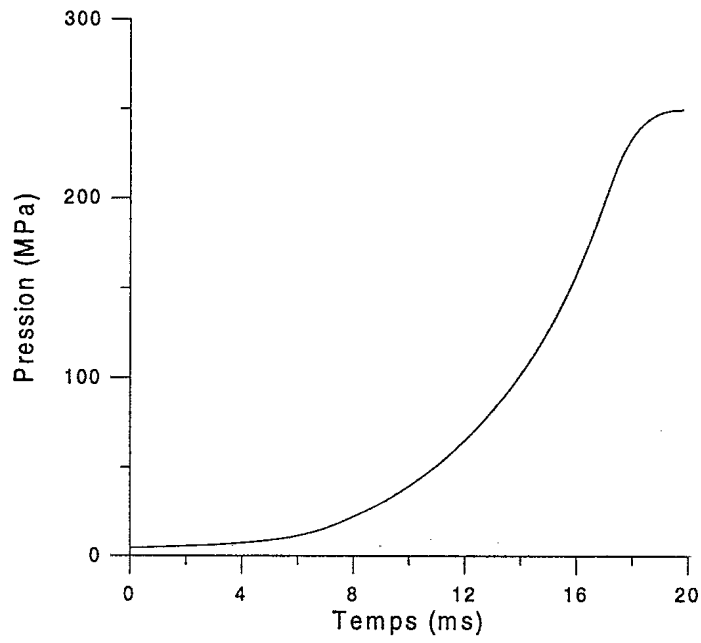


FIGURE 13 - Pression en fonction du temps tir #4

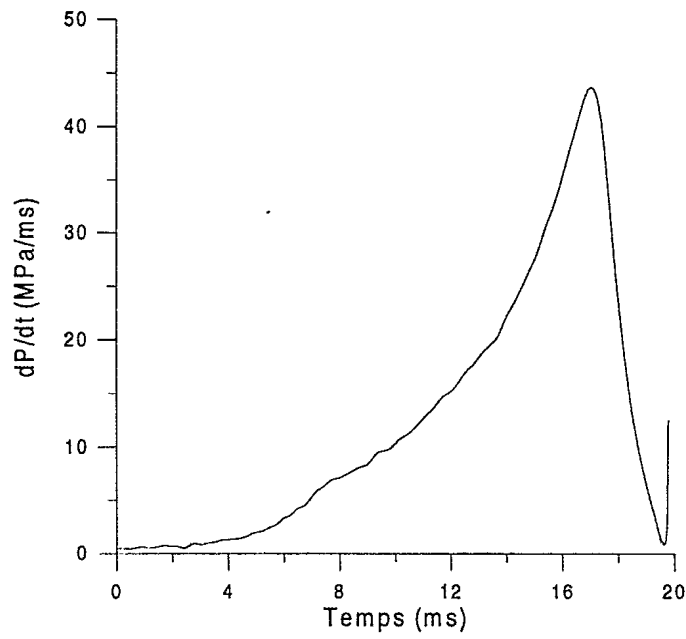


FIGURE 14 - dP/dt en fonction du temps tir #4

SANS CLASSIFICATION
26

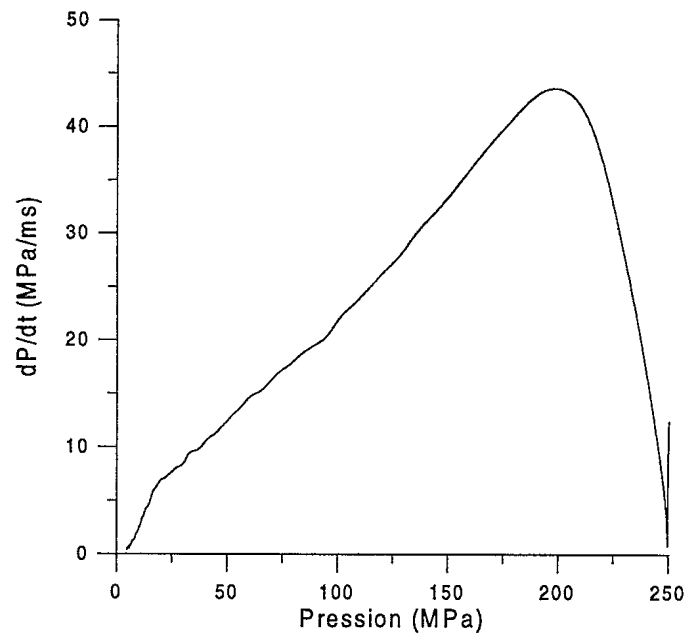


FIGURE 15 - dP/dt en fonction de la pression tir #4

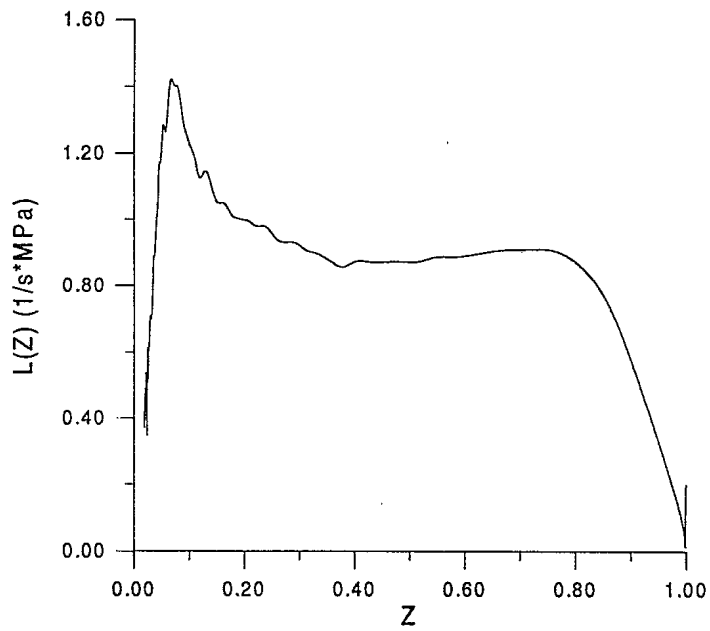


FIGURE 16 - L(Z) en fonction de Z tir #4

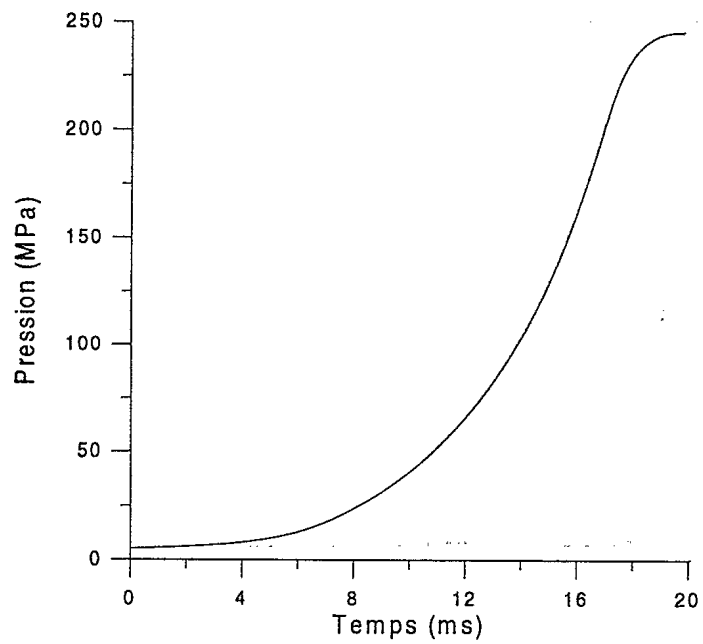


FIGURE 17 - Pression en fonction du temps tir #5

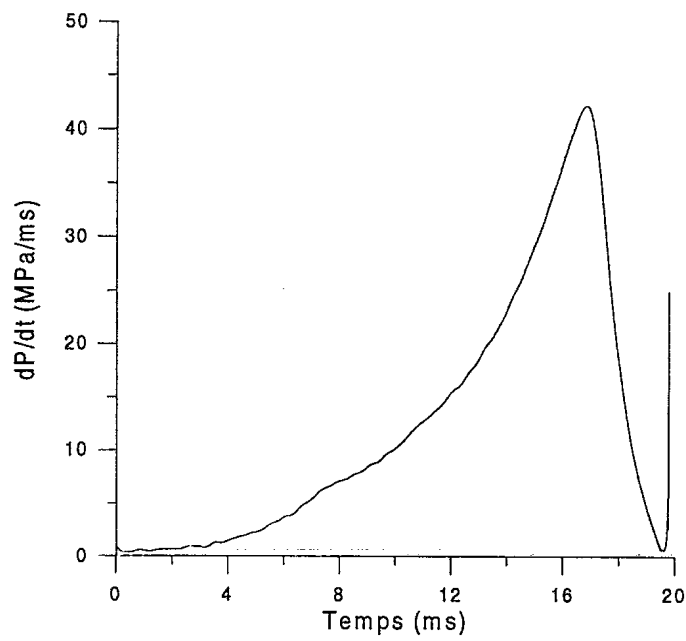


FIGURE 18 - dP/dt en fonction du temps tir #5

SANS CLASSIFICATION
28

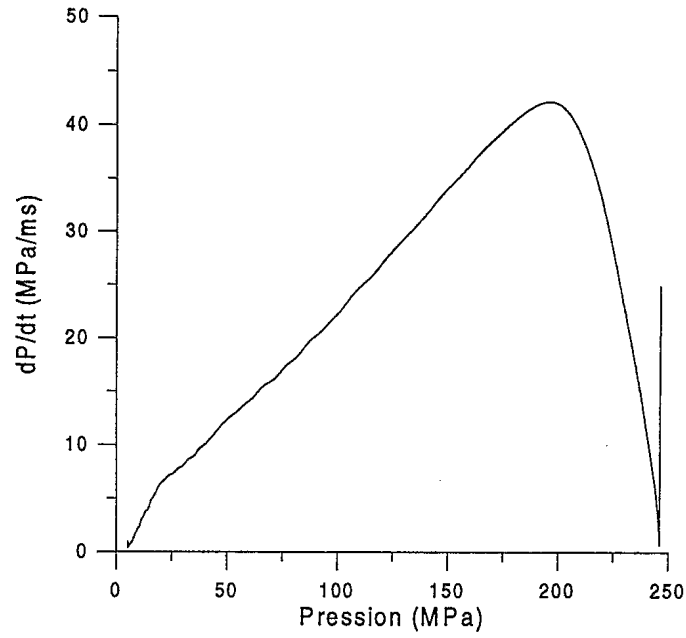


FIGURE 19 - dP/dt en fonction de la pression tir #5

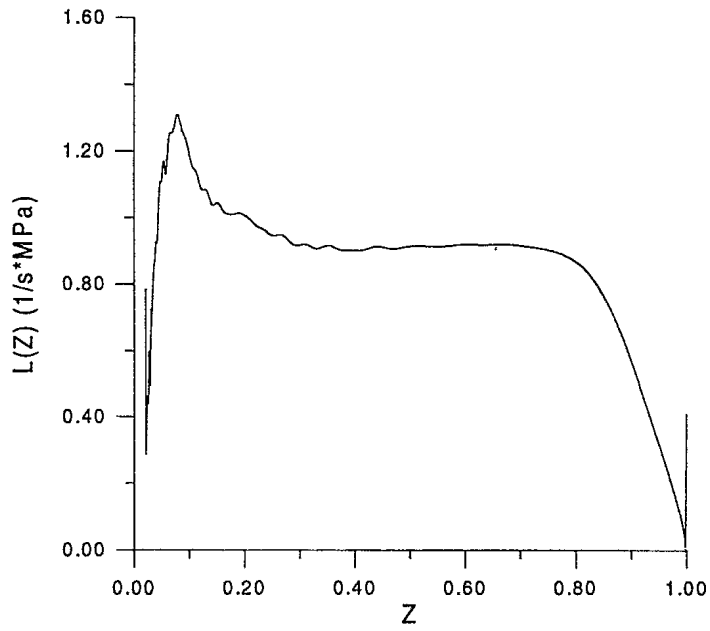


FIGURE 20 - L(Z) en fonction de Z tir #5

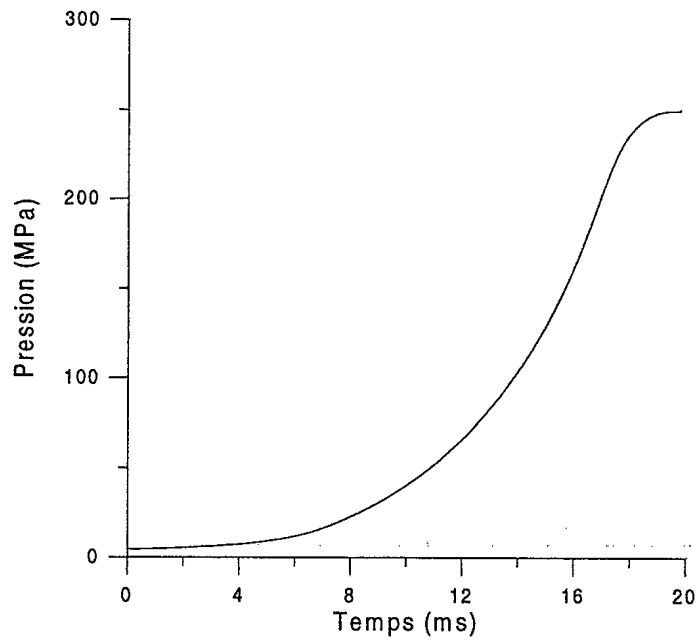


FIGURE 21 - Pression en fonction du temps tir #6

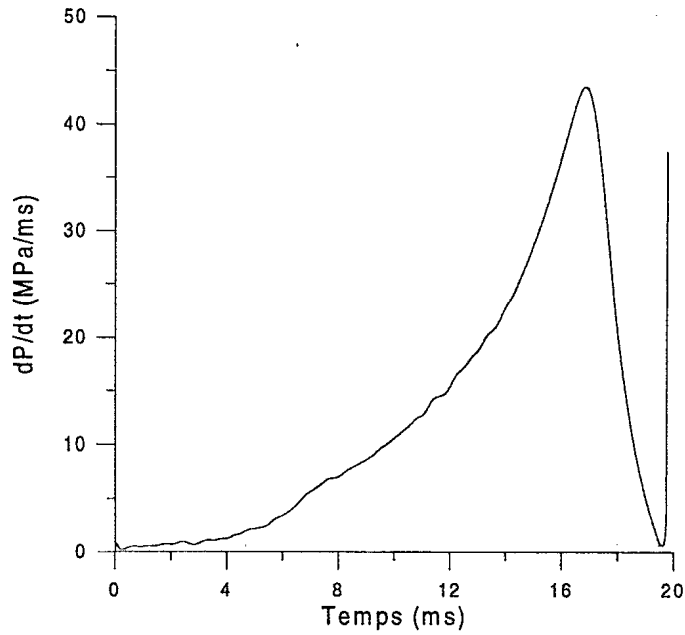


FIGURE 22 - dP/dt en fonction du temps tir #6

SANS CLASSIFICATION
30

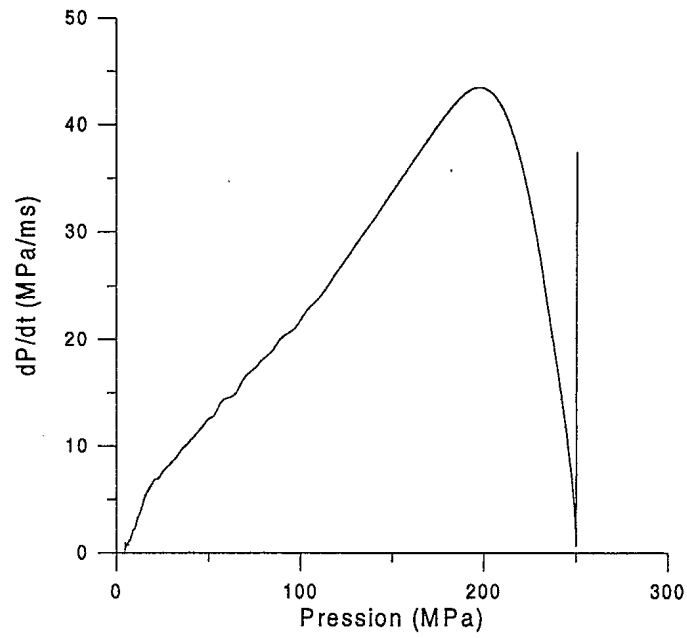


FIGURE 23 - dP/dt en fonction de la pression tir #6

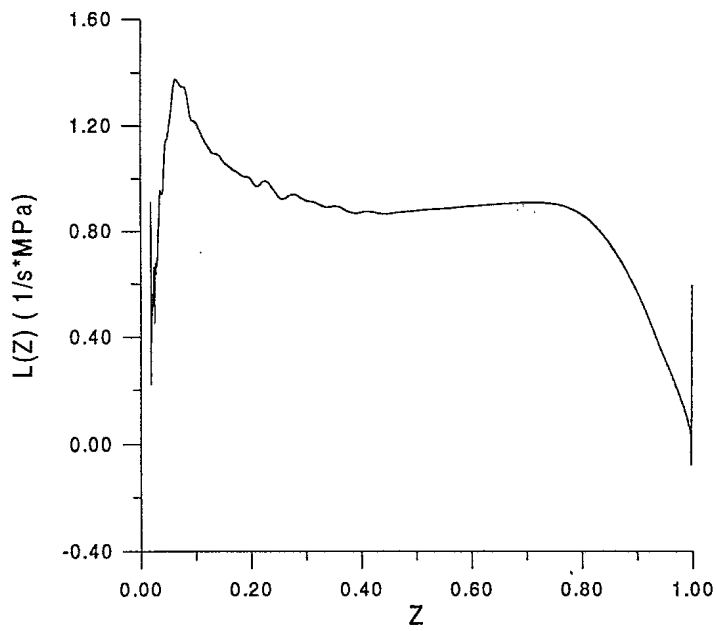


FIGURE 24 - L(Z) en fonction de Z tir #6

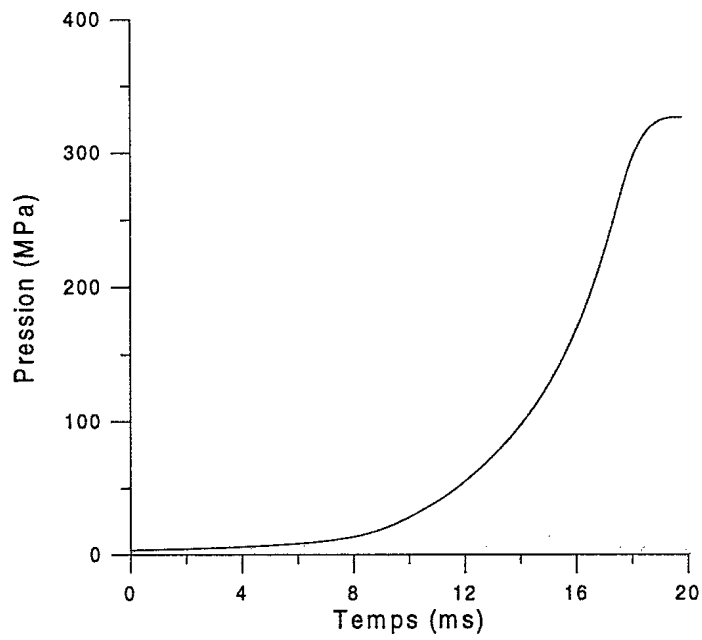


FIGURE 25 - Pression en fonction du temps tir #7

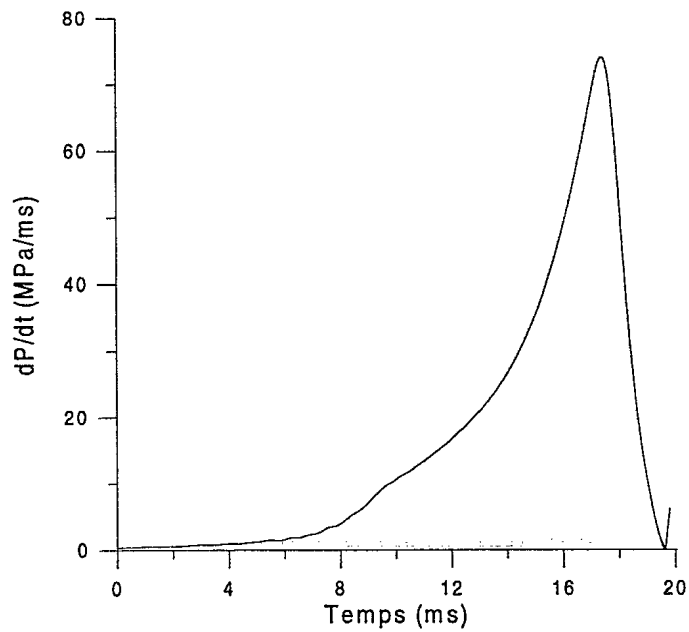


FIGURE 26 - dP/dt en fonction du temps tir #7

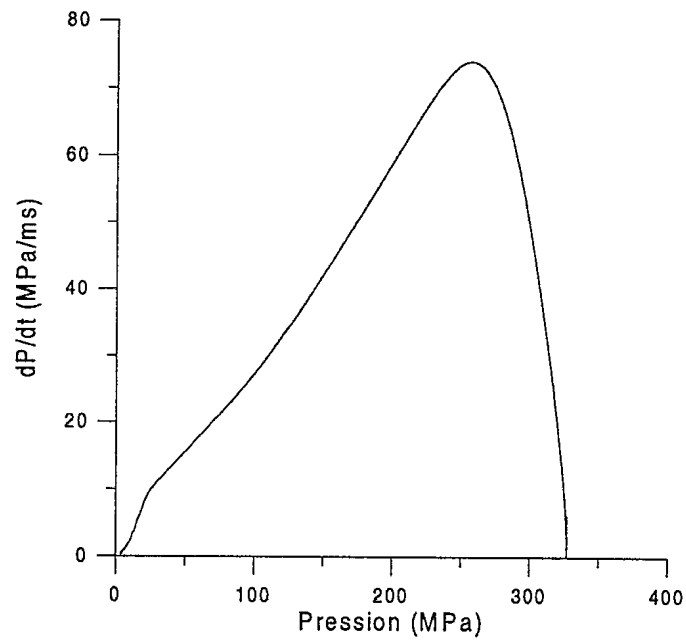


FIGURE 27 - dP/dt en fonction de la pression tir #7

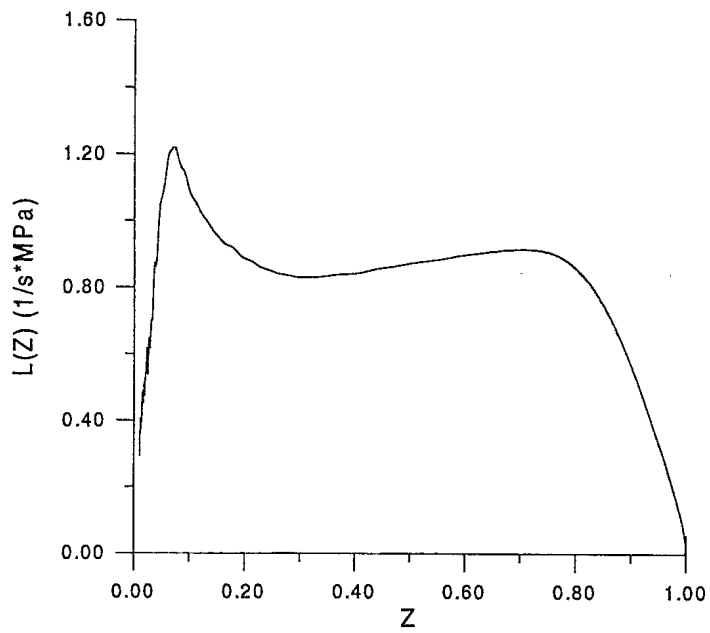


FIGURE 28 - L(Z) en fonction de Z tir #7

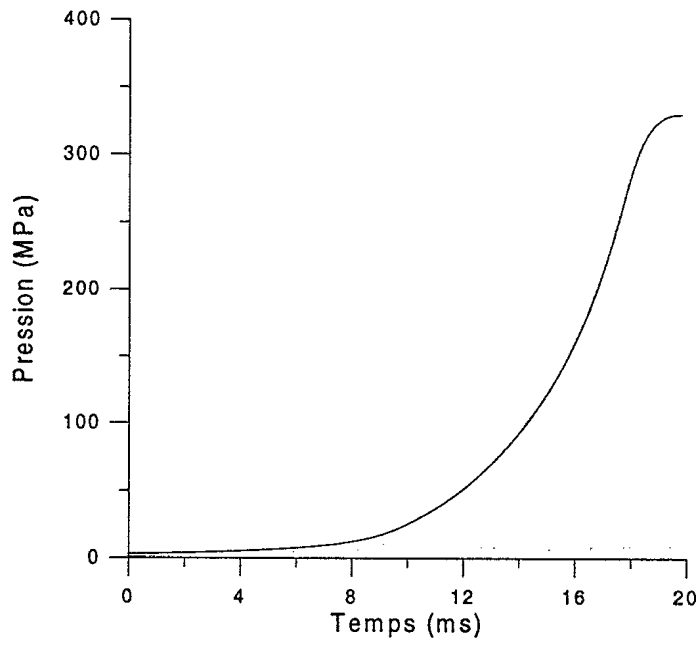


FIGURE 29 - Pression en fonction du temps tir #8

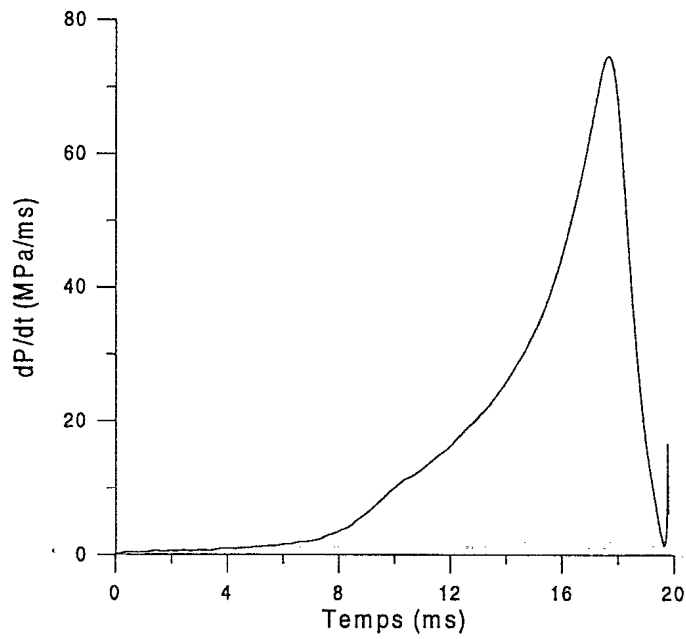


FIGURE 30 - dP/dt en fonction du temps tir #8

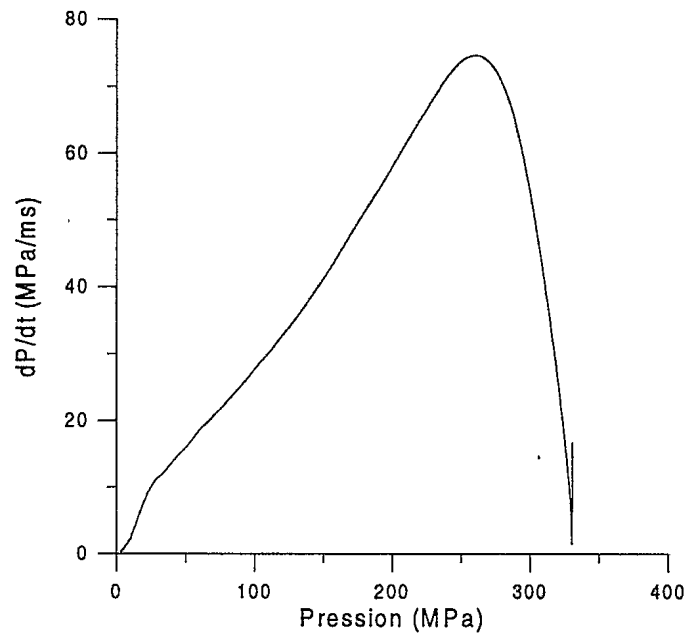


FIGURE 31 - dP/dt en fonction de la pression tir #8

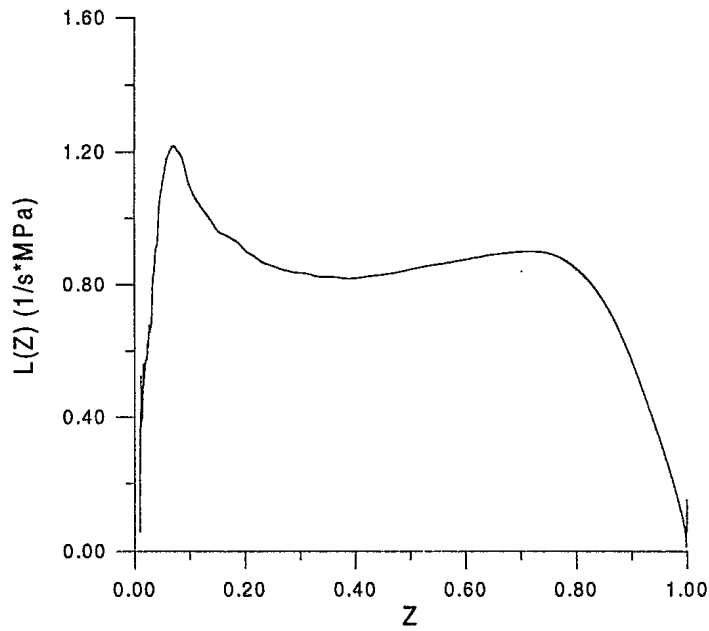


FIGURE 32 - L(Z) en fonction de Z tir #8

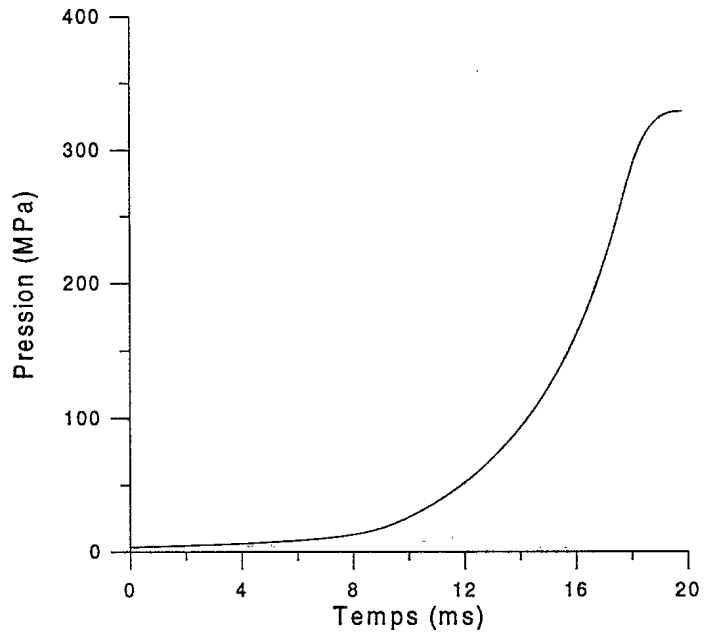


FIGURE 33 - Pression en fonction du temps tir #9

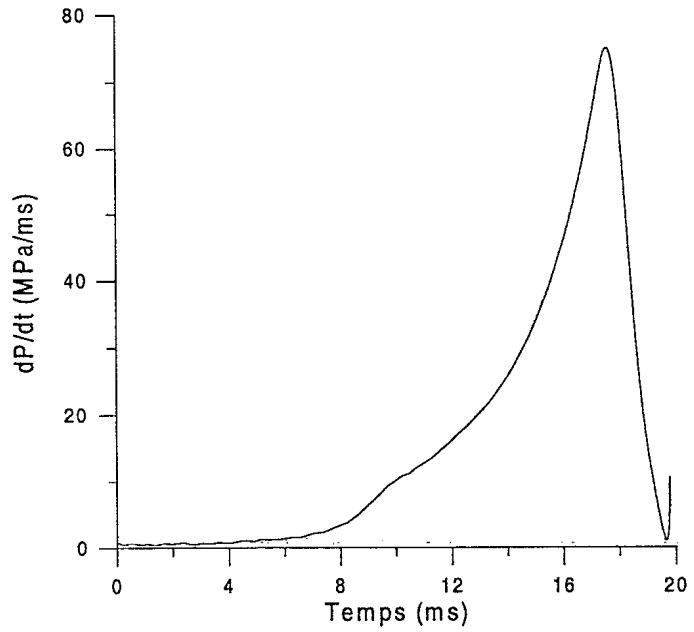


FIGURE 34 - dP/dt en fonction du temps tir #9

SANS CLASSIFICATION
36

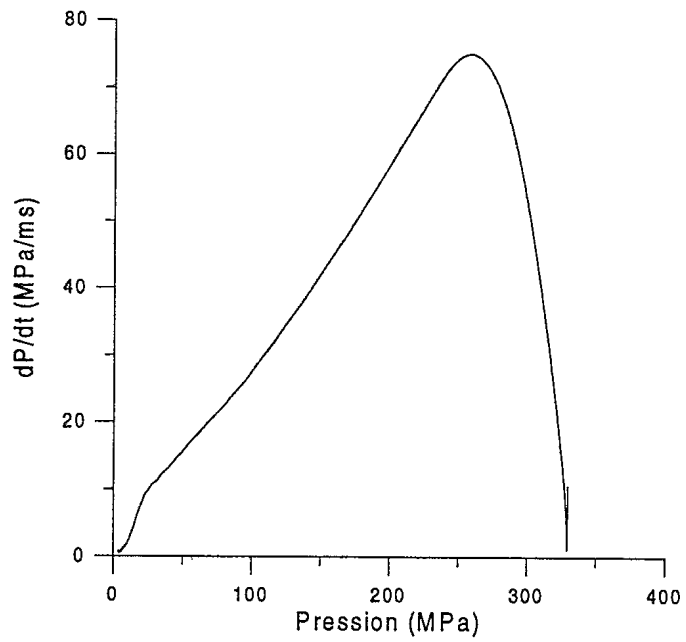


FIGURE 35 - dP/dt en fonction de la pression tir #9

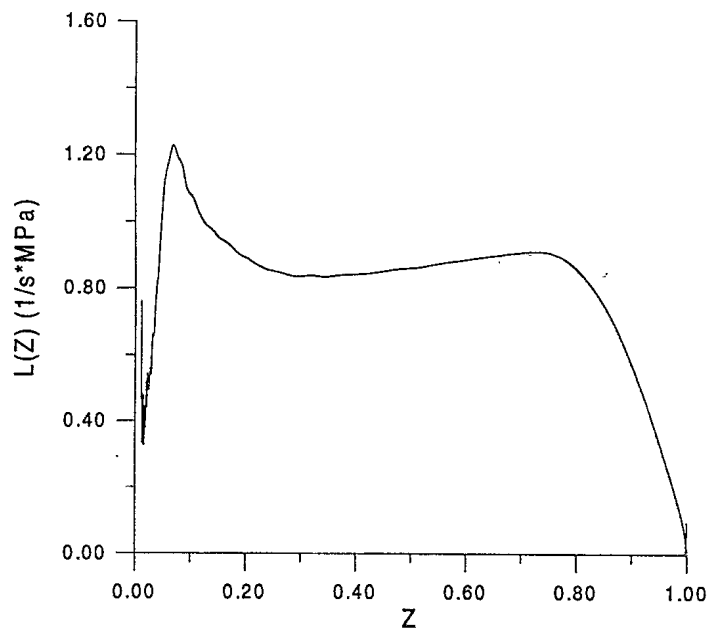


FIGURE 36 - L(Z) en fonction de Z tir #9

SANS CLASSIFICATION
37

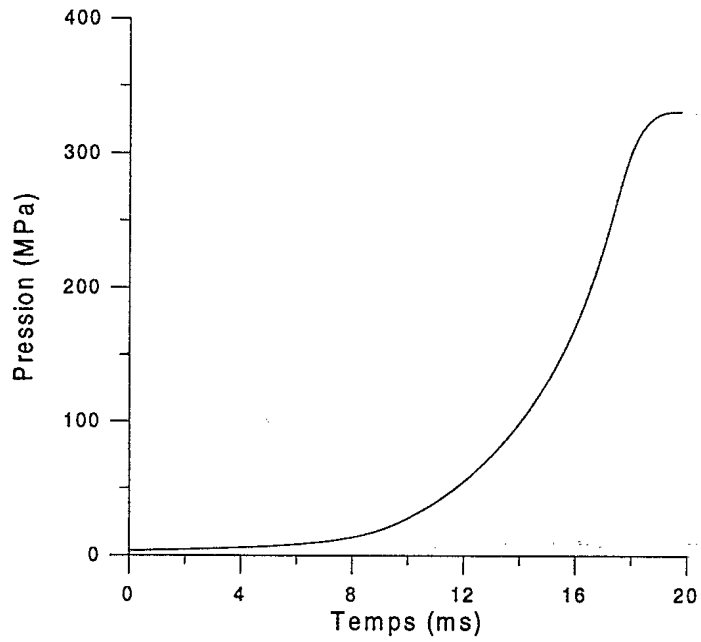


FIGURE 37 - Pression en fonction du temps tir #10

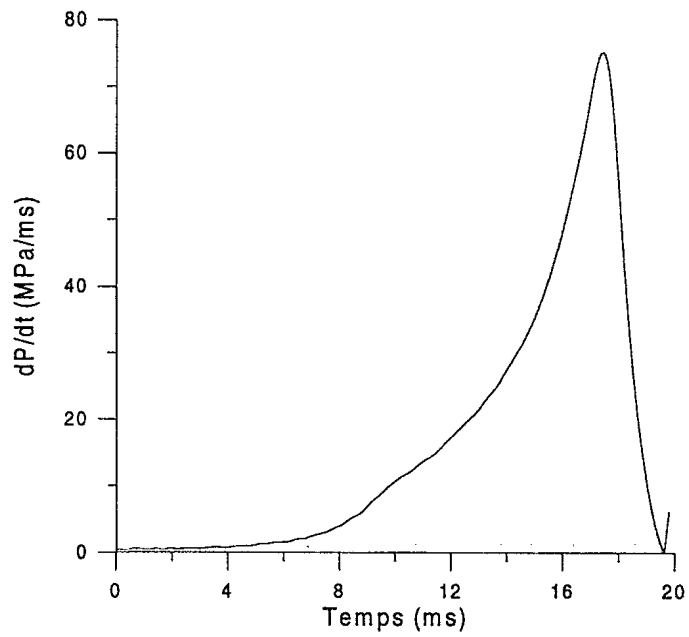


FIGURE 38 - dP/dt en fonction du temps tir #10

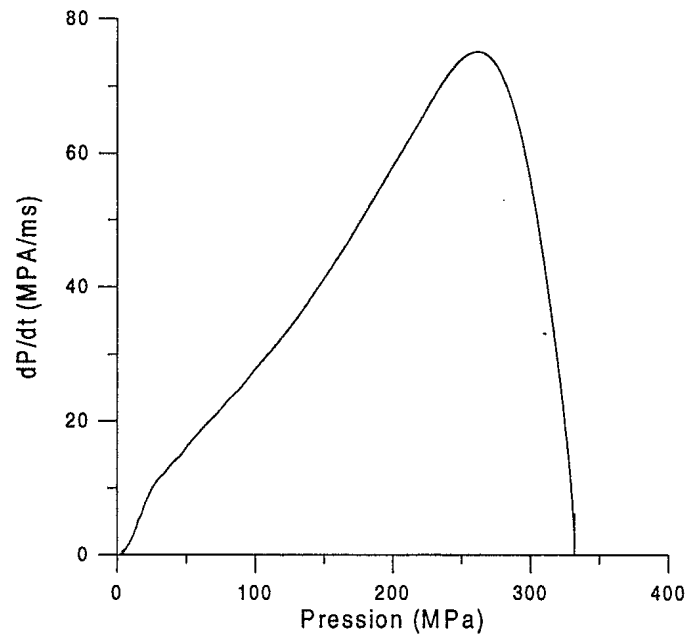


FIGURE 39 - dP/dt en fonction de la pression tir #10

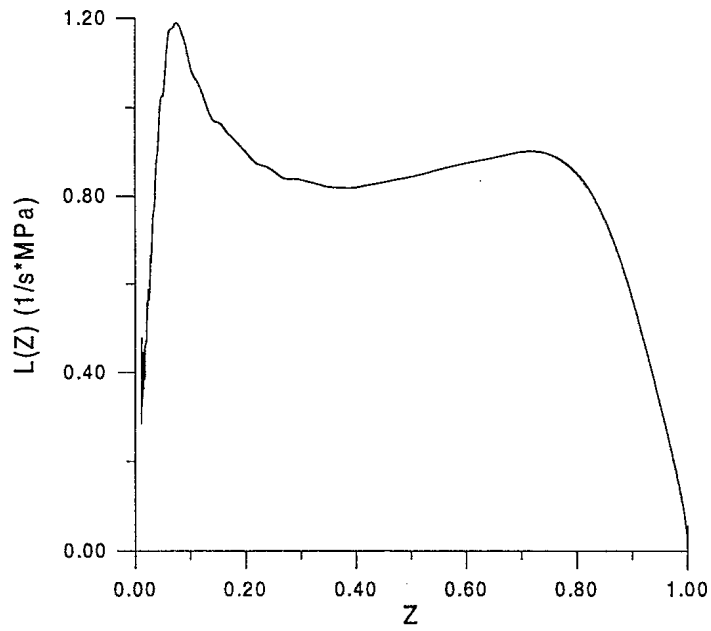


FIGURE 40 - L(Z) en fonction de Z tir #10

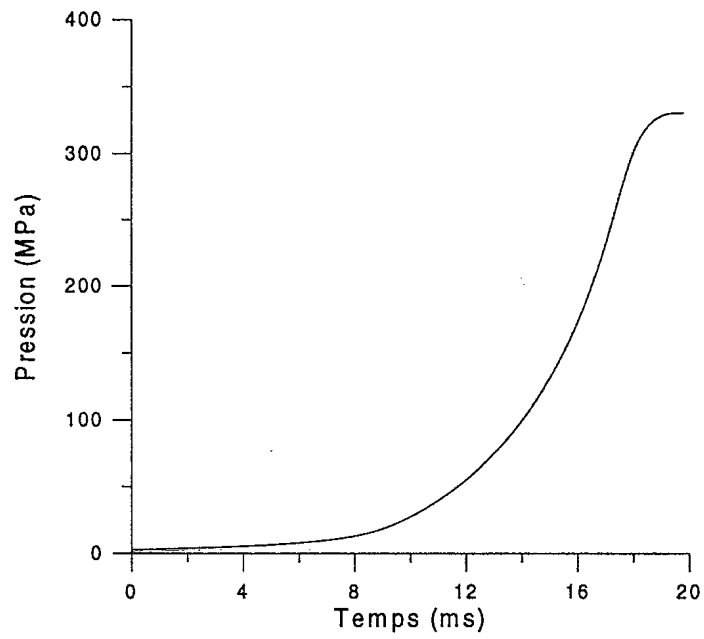


FIGURE 41 - Pression en fonction du temps tir #11

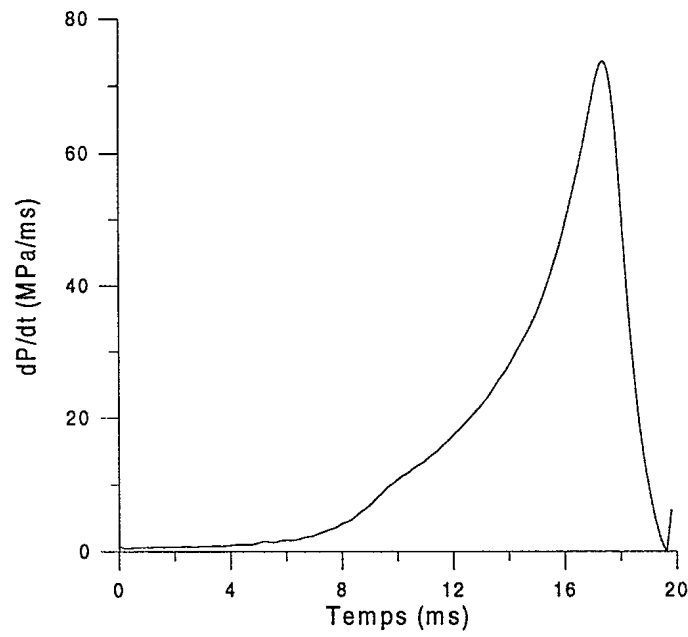


FIGURE 42 - dP/dt en fonction du temps tir #11

SANS CLASSIFICATION
40

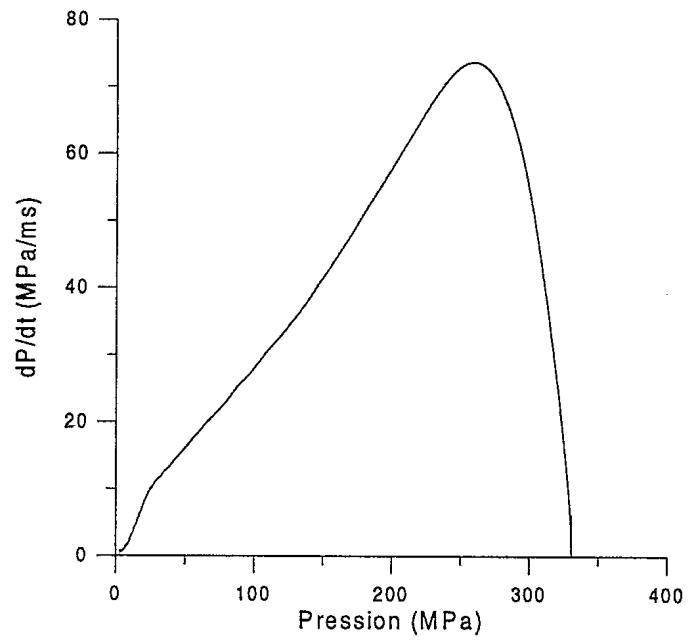


FIGURE 43 - dP/dt en fonction de la pression tir #11

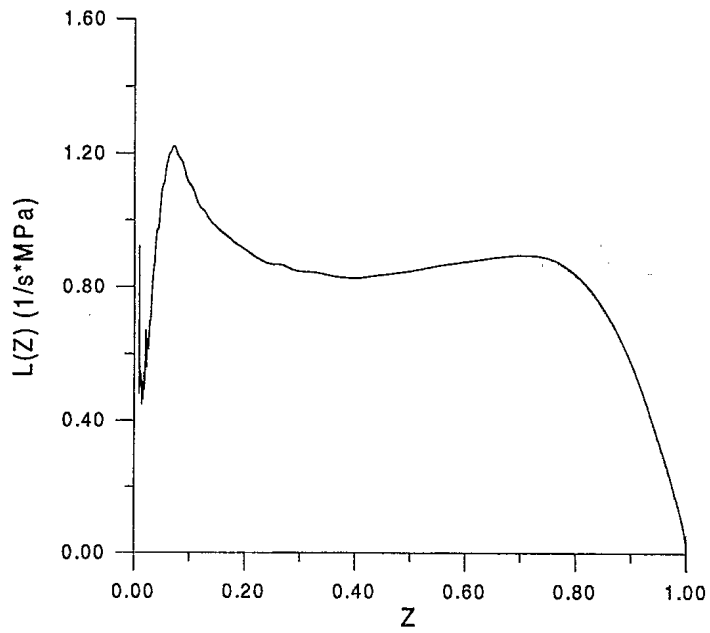


FIGURE 44 - L(Z) en fonction de Z tir #11

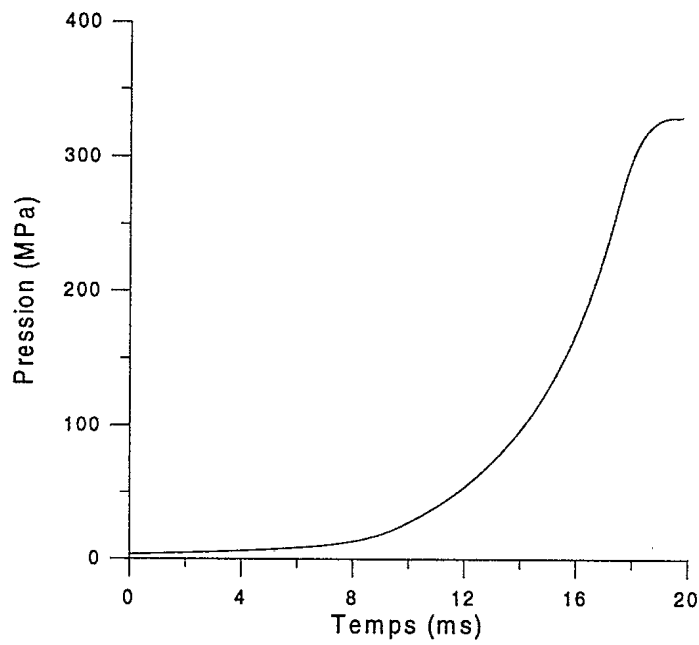


FIGURE 45 - Pression en fonction du temps tir #12

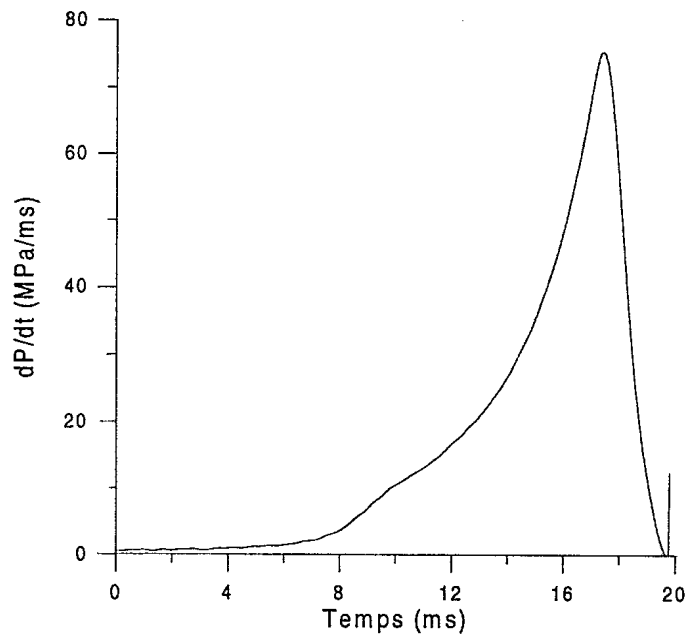


FIGURE 46 - dP/dt en fonction du temps tir #12

SANS CLASSIFICATION
42

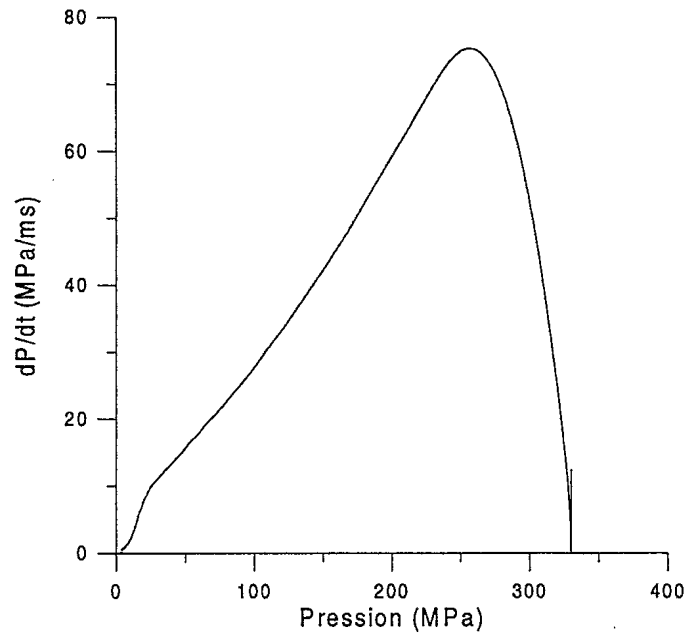


FIGURE 47 - dP/dt en fonction de la pression tir #12

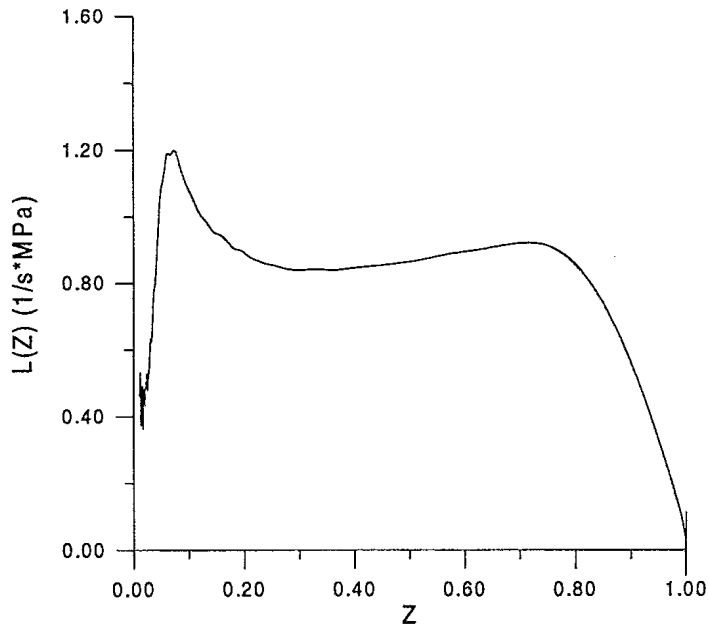


FIGURE 48 - L(Z) en fonction de Z tir #12

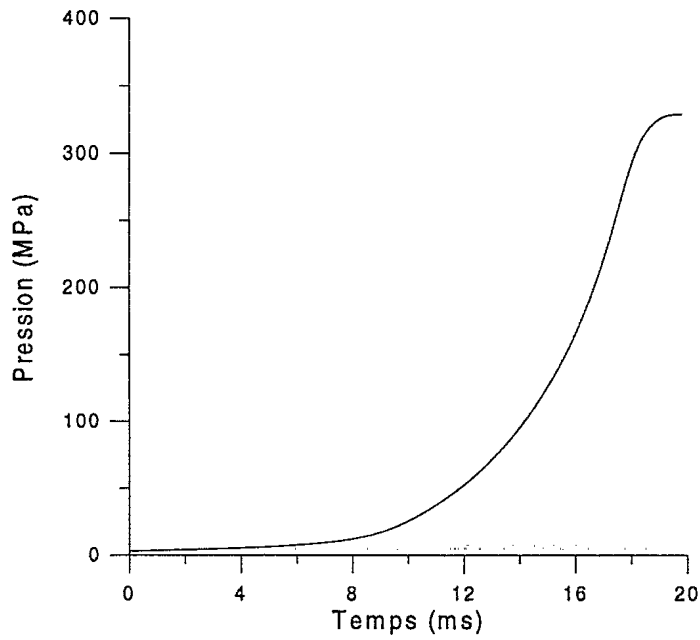


FIGURE 49 - Pression en fonction du temps tir #13

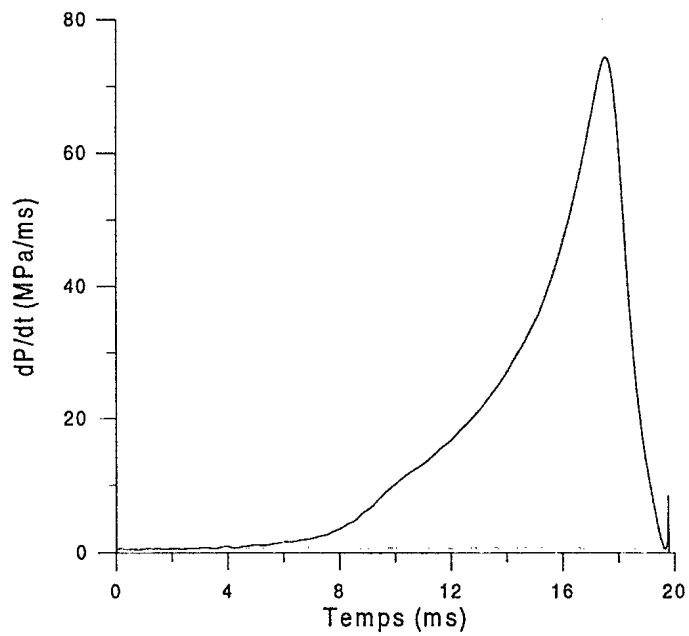


FIGURE 50 - dP/dt en fonction du temps tir #13

SANS CLASSIFICATION

44

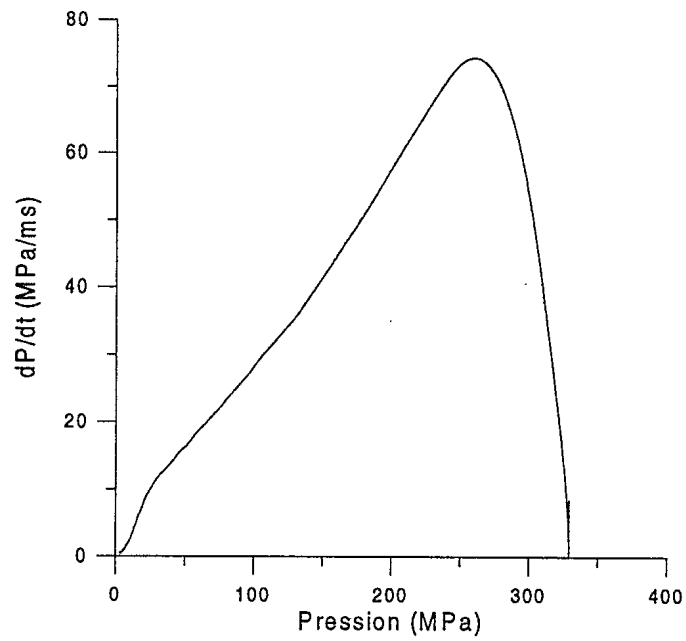


FIGURE 51 - dP/dt en fonction de la pression tir #13

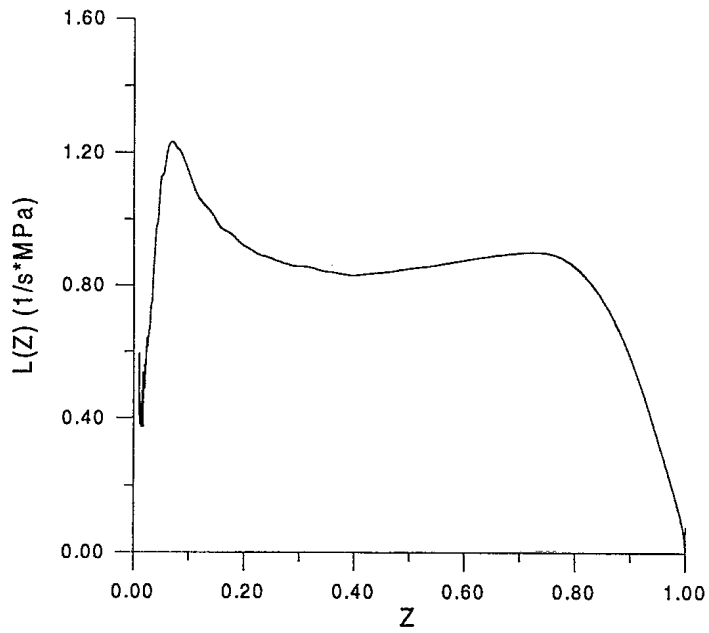


FIGURE 52 - L(Z) en fonction de Z tir #13

SANS CLASSIFICATION
45

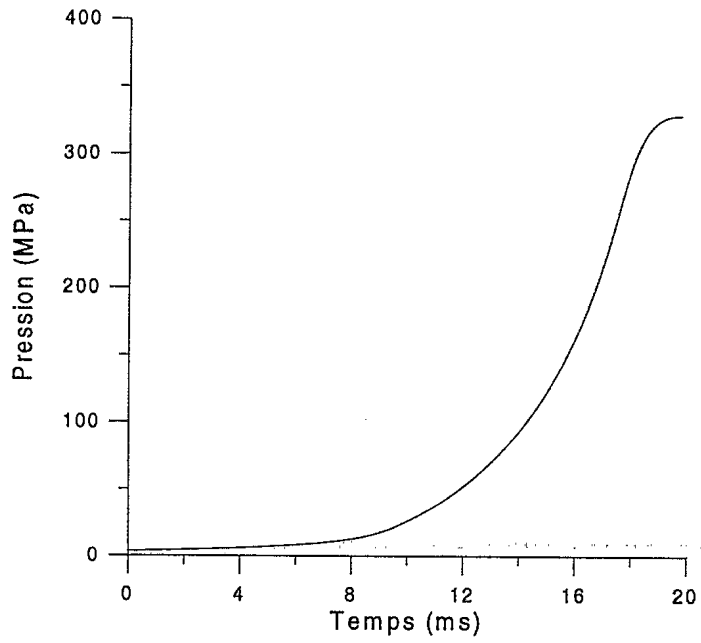


FIGURE 53 - Pression en fonction du temps tir #14

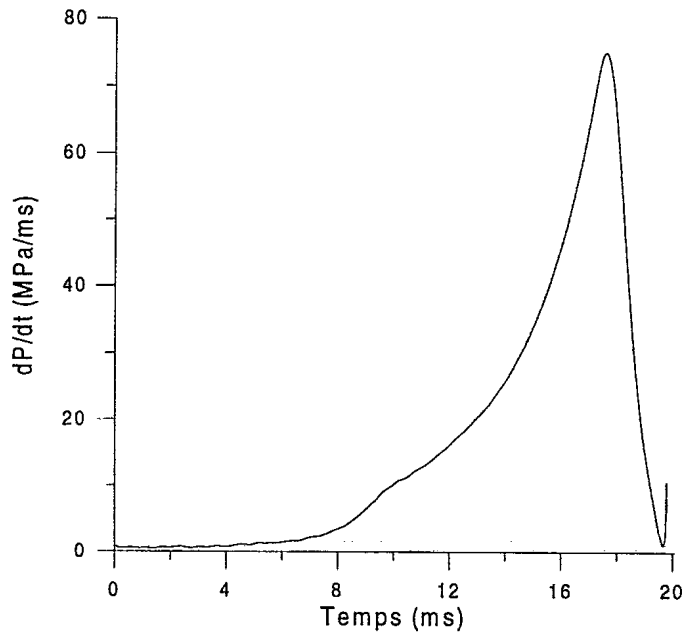


FIGURE 54 - dP/dt en fonction du temps tir #14

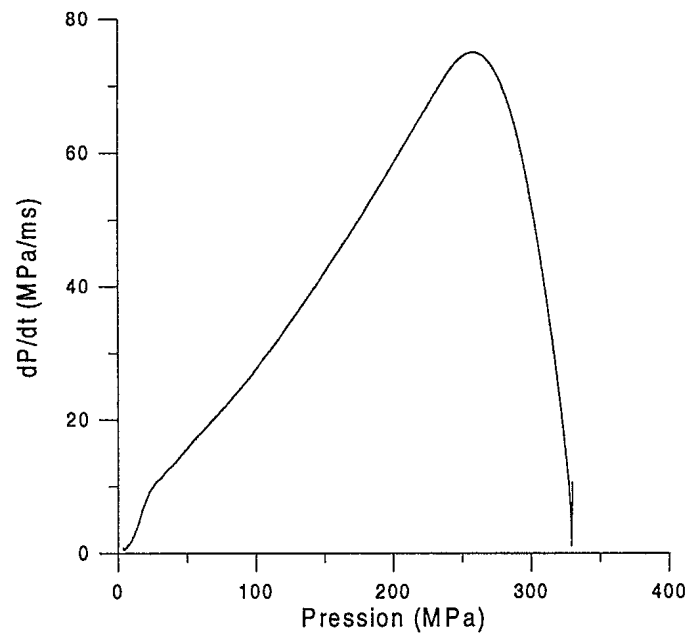


FIGURE 55 - dP/dt en fonction de la pression tir #14

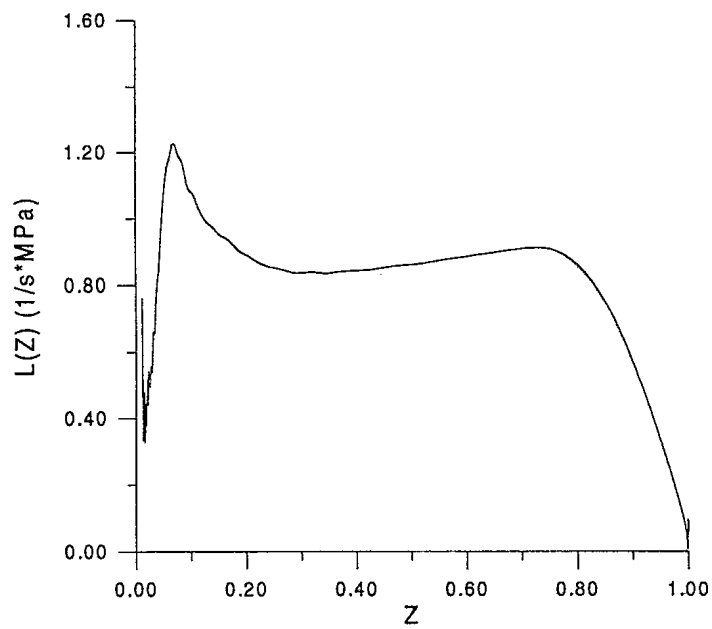


FIGURE 56 - L(Z) en fonction de Z tir #14

SANS CLASSIFICATION

DISTRIBUTION INTERNE

CRDV-TM-9728

- 1- Directeur général adjoint
- 1- Scientifique en chef
- 6- Bibliothèque des documents
- 1- F. Beaupré (auteur)
- 1- L.-S. Lussier (auteur)
- 1- C. Nicole (auteur)
- 1- C/S Matériaux énergétiques
- 1- S. Thiboutot
- 1- P. Lessard
- 1- P. Brousseau
- 1- C. Dubois
- 1- S. Désilets
- 1- G. Ampleman
- 1- J.-G. Mélançon



SANS CLASSIFICATION

DISTRIBUTION EXTERNE

CRDV-TM-9728

- 1- DRDGI
- 1- DRDGI (exemplaire non relié)
- 1- DRDD (CR Dév)

- 2- Mme O. Ruault
M. J. Roger
Etablissement technique de Bourges
B.P. 712
18015 Bourges Cedex
France

- 2- Mme C. Malcolm
M. P. Archambault
Les technologies industrielles SNC
5, Montée des Arsenaux
Le Gardeur, QC
J5Z 2P4

- 1- M. D. Lepage
Produits chimiques Expro
55, rue Masson
Saint-Thimothée, QC
J6S 4V9



SANS CLASSIFICATION
COTE DE SÉCURITÉ DE LA FORMULE
(plus haut niveau du titre, du résumé ou des mots-clefs)

FICHE DE CONTRÔLE DU DOCUMENT

1. PROVENANCE (le nom et l'adresse) CRDV 2459 boul. Pie-XI Nord Val-Bélair Qc G3J 1X5		2. COTE DE SÉCURITÉ (y compris les notices d'avertissement s'il y a lieu) SANS CLASSIFICATION	
3. TITRE (Indiquer la cote de sécurité au moyen de l'abréviation (S,C, R ou NC) mise entre parenthèses, immédiatement après le titre.) Traitement de données françaises à partir du logiciel BRLCB pour le calcul des pressions maximales et des vivacités dynamiques.			
4. AUTEURS (Nom de famille, prénom et initiales. Indiquer les grades militaires, ex.: Bleau, Maj. Louis E.) L.-S. LUSSIER, F. BEAUPRÉ ET C. NICOLE			
5. DATE DE PUBLICATION DU DOCUMENT (mois et année) FÉVRIER 1998		6a. NOMBRE DE PAGES 49	6b. NOMBRE DE RÉFÉRENCES 6
7. DESCRIPTION DU DOCUMENT (La catégorie du document, par exemple rapport, note technique ou memorandum. Indiquer les dates lorsque le rapport couvre une période définie.) MÉMORANDUM			
8. PARRAIN (le nom et l'adresse) P. Twardawa, Chef de vecteur Matériaux énergétiques CRDV, 2459 boul. Pie-XI Nord, Val-Bélair Qc G3J 1X5			
9a. NUMÉRO DU PROJET OU DE LA SUBVENTION (Spécifier si c'est un projet ou une subvention) 2eb12		9b. NUMÉRO DE CONTRACT _____	
10a. NUMÉRO DU DOCUMENT DE L'ORGANISME EXPÉDITEUR CRDV - TM - 9728		10b. AUTRES NUMÉROS DU DOCUMENT N/A	
11. ACCÈS AU DOCUMENT (Toutes les restrictions concernant une diffusion plus ample du document, autres que celles inhérentes à la cote de sécurité.) <input checked="" type="checkbox"/> Diffusion illimitée <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux entrepreneurs des pays suivants (spécifier) <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux entrepreneurs canadiens (avec une justification) <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux organismes gouvernementaux (avec une justification) <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux ministères de la défense <input type="checkbox"/> Autres (préciser) :			
12. ANNONCE DU DOCUMENT (Toutes les restrictions à l'annonce bibliographique de ce document. Cela correspond, en principe, aux données d'accès au document (11). Lorsqu'une diffusion supplémentaire (à d'autres organismes que ceux précisés à la case 11) est possible, on pourra élargir le cercle de diffusion de l'annonce.)			

SANS CLASSIFICATION
COTE DE LA SÉCURITÉ DE LA FORMULE

13. **SOMMAIRE** (Un résumé clair et concis du document. Les renseignements peuvent aussi figurer ailleurs dans le document. Il est souhaitable que le sommaire des documents classifiés soit non classifié. Il faut inscrire au commencement de chaque paragraphe du sommaire la cote de sécurité applicable aux renseignements qui s'y trouvent, à moins que le document lui-même soit non classifié. Se servir des lettres suivantes: (S), (C), (R) ou (NC). Il n'est pas nécessaire de fournir ici des sommaires dans les deux langues officielles à moins que le document soit bilingue.)

During the development of new gun propellant formulations, parameters such as vivacity and impetus are very important. These parameters are primarily used to compare the new formulations with existing ones. Their values are usually calculated from pressure versus time data obtained from closed bomb experiments. Different reduction codes can be used to process the pressure versus time data. Among them, BRLCB was recently acquired from US. Concurrently to this, some pressure versus time data were received from L'Établissement technique de Bourges, under the Franco-Canadian Accord. This memorandum presents the results obtained when processing the French data with BRLCB. Calculation of maximum pressure and dynamic vivacity were conducted and results similar to those obtained by the French code were found. Therefore, this cooperation work has allowed Canada to validate and compare BRLCB with other reduction codes, with regards to smoothing, calculation of the pressure derivative with respect to time, maximum pressure and dynamic vivacity.

14. **MOTS-CLÉS, DESCRIPTEURS OU RENSEIGNEMENTS SPÉCIAUX** (Expressions ou mots significatifs du point de vue technique, qui caractérisent un document et peuvent aider à le cataloguer. Il faut choisir des termes qui n'exigent pas de cote de sécurité. Des renseignements tels que le modèle de l'équipement, la marque de fabrique, le nom de code du projet militaire, la situation géographique, peuvent servir de mots-clés. Si possible, on doit choisir des mots-clés d'un thésaurus, par exemple le "Thesaurus of Engineering and Scientific Terms (TESTS)". Nommer ce thésaurus. Si l'on ne peut pas trouver de termes non classifiés, il faut indiquer la classification de chaque terme comme on le fait avec le titre.)

Closed bomb vessels

Gun Propellants

French language

S07198

SANS CLASSIFICATION
COTE DE SÉCURITÉ DE LA FORMULE