

Manuel de l'appareil de 20 l

8.0**TÜV SÜD Schweiz AG** (Production et vente)

Mattenstrasse 24, CH-4058 Bâle, Suisse

www.tuvsud.comproducts.bs@tuvsud.com**Cesana AG** (développement et production)

Baiergasse 56, CH-4126 Bettingen, Suisse

www.cesana-ag.chinfo@cesana-ag.ch

Auteurs : Christoph Cesana, Richard Siwek

Manuel (ce document)

1. Les bases
2. Logiciel
3. Utilisation
4. Méthodes d'essai pour les poussières
5. Méthodes pour les mélanges hybrides
6. Méthode d'essai pour les gaz (au repos)
7. Utilitaires
8. Dépannage
9. Littérature

Annexe

1. Installation
2. Capteur de pression piézoélectrique
3. Méthode d'essai générale
4. Nettoyage de l'appareil
5. Entretien de la soupape d'échappement
6. Paramètres système avancés
7. Technique

Consignes de sécurité



Veuillez lire cette note !



Question - Réponse



Attention : lire d'abord les consignes de sécurité !

1. Les bases

1.1 Applications possibles de l'appareil de 20 l

1.1.1 Poussières combustibles

En raison des effets de refroidissement et de la pression exercée par les allumeurs chimiques, la surpression d'explosion mesurée dans l'appareil de 20 l doit être corrigée pour correspondre à celle du récipient standard de 1 m³. Cette correction est automatique.

Les valeurs K_{max} calculées à partir des valeurs de l'augmentation maximale de la pression dans le temps concordent dans les deux appareils, dans le cadre de la précision de mesure, jusqu'aux poussières d'aluminium (K_{max} > 700 m-bar/s).

1.1.2 Gaz et vapeurs de solvants inflammables

Comme le volume minimal pour les mesures d'explosions de gaz ou de vapeur de solvant dans l'air est V = 1 litre, l'appareil de 20 litres permet également de déterminer leurs caractéristiques d'explosion.

1.1.3 Mélanges hybrides

Les "mélanges hybrides" sont des mélanges poussière/air en présence de gaz combustibles ou de vapeurs dans l'atmosphère de combustion. Il s'agit donc de mélanges de deux origines différentes. Les analyses des caractéristiques d'explosion qui décrivent le comportement d'explosion et d'allumage de tels "mélanges hybrides" peuvent également être déterminées avec une précision suffisante dans l'appareillage de 20 l, si l'on se base sur les résultats de mesure du récipient standard de 1 m³ à titre de comparaison.

1.2 Détermination des caractéristiques d'explosion

La surpression d'explosion P_m et l'augmentation de la pression dans le temps $(dP/dt)_m$ décrivent la violence avec laquelle les mélanges poussière/air de n'importe quelle concentration dans des récipients fermés réagissent en cas d'inflammation. La pression maximale d'explosion P_{max} et l'augmentation maximale de la pression dans le temps $(dP/dt)_{max}$ des poussières combustibles sont déterminées expérimentalement dans l'appareil fermé de 20 l à partir d'essais sur une large plage de concentration, au moyen d'une source d'inflammation donnée :

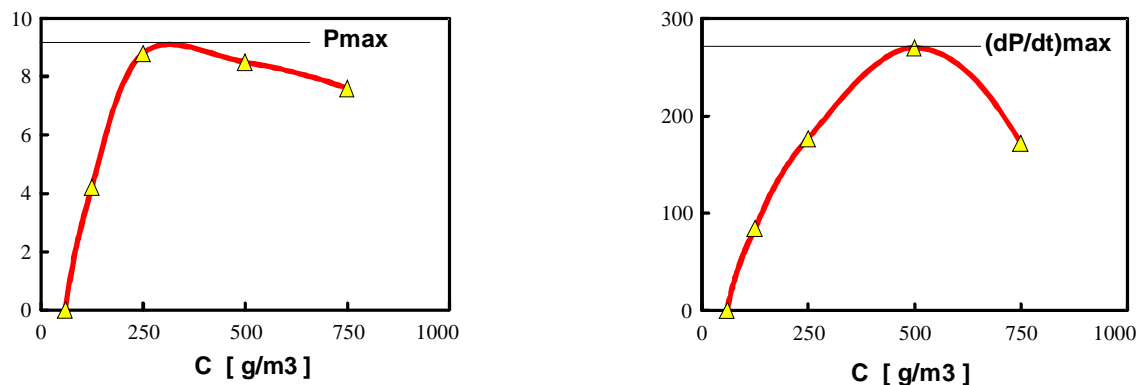


Figure 1.2 : Caractéristiques d'explosion en fonction de la concentration de poussière

Ce système d'essai permet en outre de déterminer la limite inférieure d'explosivité LIE pour une poussière donnée. La limite inférieure d'explosivité est importante pour l'évaluation du risque de sécurité dans l'industrie chimique.

La pression maximale d'explosion P_{max} est pratiquement indépendante du volume dans des récipients fermés de taille suffisante ($V \geq 20$ l) se rapprochant de la forme sphérique, lorsque la source d'inflammation est placée au centre de la pièce.

L'augmentation maximale de la pression dans le temps $(dP/dt)_{max}$ dépend en revanche du volume. Elle diminue avec l'augmentation du volume. La valeur K_{max} est un paramètre spécifique à la poussière et à la méthode d'essai, indépendant du volume du réservoir.

Pour la sphère de 20 l

$$0.02 \text{ [m}^3\text{]}^{1/3} \times (dP/dt)_{max} \text{ [bar/s]} = K_{max} \text{ [m-bar/s]}$$

Compte tenu du grand nombre de poussières produites et traitées dans l'industrie, il est judicieux de classer les paramètres spécifiques aux poussières dans des classes d'explosion de poussières et de s'en servir comme base pour le dimensionnement des mesures de sécurité :

Classe d'explosion de poussière	K_{max} [m-bar/s]
St 1	> 0 - 200
St 2	201 - 300
St 3	> 300

1.3 Courbe de pression : Définitions

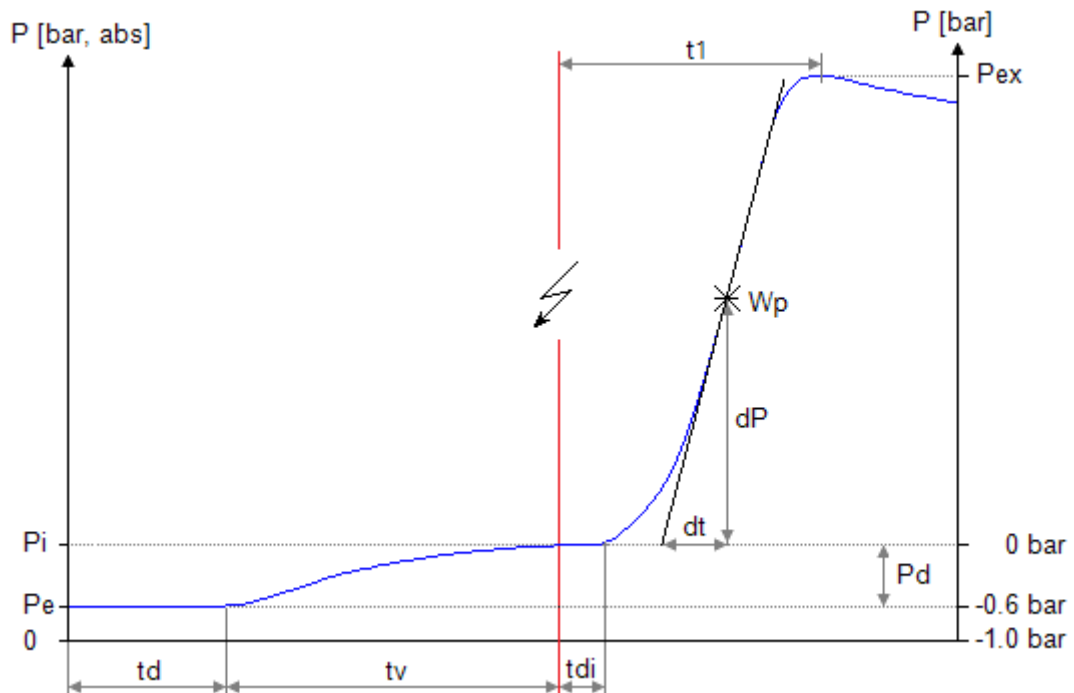


Figure 1.3 : Diagramme pression-temps d'une explosion de combustible

P_i	Pression au moment de l'allumage = pression normale = 0 bar, surpression
P_e	Pression après évacuation de l'appareil = 0,6 bar,abs = -0,6 bar, surpression
t_d	Délai de la soupape d'échappement = différence de temps entre l'excitation électrique de la soupape d'échappement et la première montée en pression dans l'appareil.
t_v	Temps de retard à l'allumage = différence de temps entre la première montée en pression dans l'appareil et l'excitation électrique de l'allumage.
t_{di}	Délai des allumeurs = différence de temps entre l'excitation électrique des allumeurs et la première montée en pression. S'ajoute à t_v et doit être contrôlé.
t_1	durée de combustion : différence de temps entre l'activation de la source d'inflammation et le point de surpression maximale d'explosion (P_{ex})
W_p	Point d'inflexion W_p de la branche ascendante de la courbe pression/temps
dP/dt	Pente maximale de la tangente au point d'inflexion W_p .
P_d	Pression d'expansion de l'air du réservoir à poussière = ($P_i - P_e$) = 0,6 bar
P_{ex}	La surpression d'explosion. La différence de pression entre le point de culmination et la pression au moment de l'allumage. Elle est toujours indiquée comme une surpression.
P_m	Surpression d'explosion corrigée : en raison des effets de refroidissement et des expressions de pression des allumeurs chimiques dans l'appareil de 20 l, la surpression d'explosion P_{ex} mesurée est corrigée afin d'obtenir une concordance avec le récipient standard de 1 m ³ .

1.4 Courbe de pression : Évaluation

1.4.1 Correction de la pression d'explosion pour $P_{ex} > 5,5$ bar

En raison du rapport défavorable entre la surface et le volume de l'appareil de 20 l, la pression d'explosion est un peu plus faible que dans le réservoir standard de 1 m³. La raison est à chercher dans les effets de refroidissement. La comparaison des enregistrements de pression/temps montre également pour l'appareil de 20 l une chute de pression beaucoup plus raide après la valeur maximale que pour le récipient standard de 1 m³. La correction est effectuée selon l'équation suivante :

$$P_m = 0,775 - P_{ex}^{1,15}$$

A l'aide de cette correction, la pression P_m dans l'appareil de 20 l correspond à celle du réservoir standard de 1 m³.

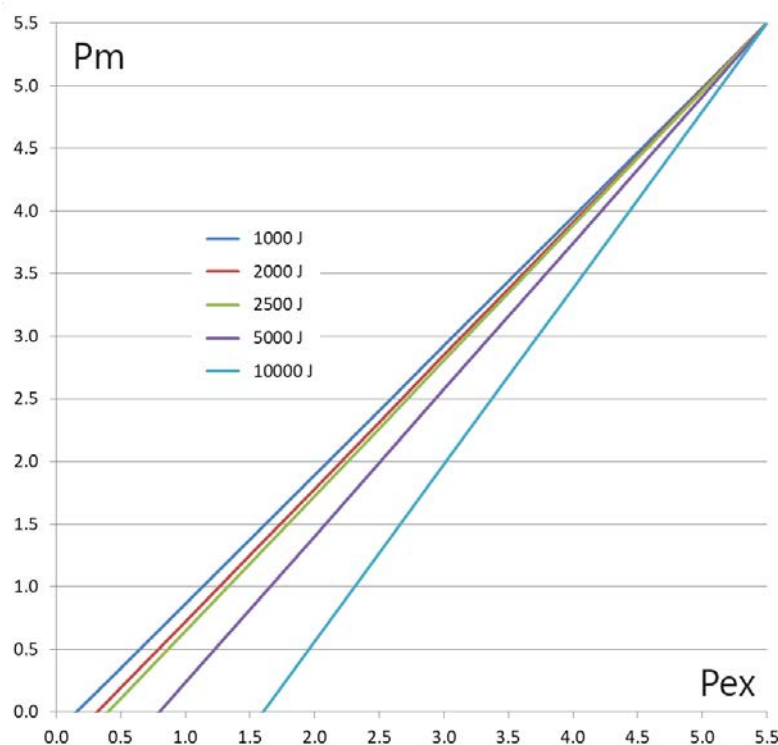
1.4.2 Correction de la pression d'explosion en cas de $P_{ex} < 5,5$ bar

En dessous de 5,5 bar, il faut tenir compte de l'expression de la pression des allumeurs chimiques, en raison du faible volume du récipient. Un essai à vide, c'est-à-dire une explosion des allumeurs chimiques sans combustible, donne une surpression maximale de 1 bar à $ZE = 10'000$ J. Dans le cas d'explosions de combustibles, l'influence des allumeurs est toutefois supplantée par la pression de l'explosion elle-même lorsque le P_{ex} augmente. Cette correction est calculée comme suit :

$$P_m = 5.5 - (P_{ex} - P_{ci}) / (5.5 - P_{ci}) \text{ bar}$$

où P_{ci} = pression exercée par les allumeurs chimiques
 = 1,6 bar - $ZE / 10'000$

Pour la décision "allumage / pas d'allumage" à LIE et CLO avec 2 x 1000 J (EN 14034-3,4) et 1 x 2500 J (ASTM), le facteur 1,6 correspond bien aux mesures.



1.5 Facteurs d'influence

1.5.1 Turbulence

La turbulence dépend essentiellement du temps de retard à l'allumage t_v , c'est-à-dire du temps entre le début de l'injection de poussière et l'activation de la source d'allumage. L'augmentation maximale de la pression dans le temps ou la valeur K_{max} en est particulièrement affectée. C'est pourquoi un temps de retard d'allumage constant a été défini pour l'essai d'explosion de poussière :

Appareil de 20 l: $t_v = 60\text{ms}$

Récipient de 1m³: $t_v = 600\text{ms}$

Une augmentation de la turbulence ($t_v < 600\text{ms}$ ou $t_v < 60\text{ms}$) entraîne généralement un renforcement, une diminution de la turbulence une atténuation de la violence de l'explosion.

1.5.2 Finesse des grains

La répartition granulométrique exerce une influence importante sur les caractéristiques d'explosion. Celle-ci est caractérisée par la valeur médiane M . Par valeur médiane, on entend la valeur de 50% de la courbe de distribution cumulée.

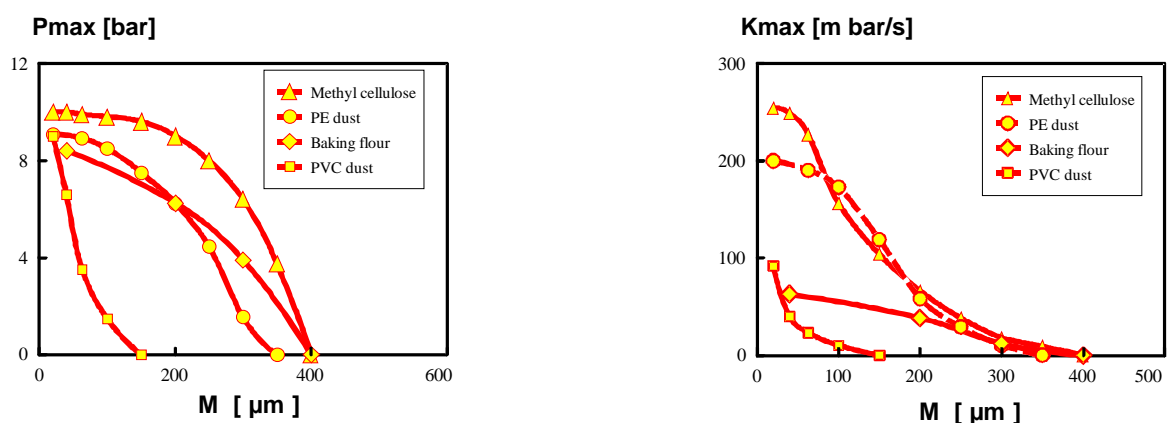


Figure 1.5.2 : Influence de la valeur médiane sur les grandeurs caractéristiques de l'explosion

Comme le montre la figure 1.5.2, les poussières fines réagissent plus violemment que les poussières grossières. Il en résulte l'exigence, pour la pratique des essais, de n'effectuer la détermination des grandeurs caractéristiques d'explosion qu'avec des poussières dont la valeur médiane est $M \leq 63 \mu\text{m}$, afin d'obtenir des valeurs optimales.

On sait également qu'un effet de broyage peut se produire dans l'appareil de 20 l, en raison de la buse de distribution des poussières et de la soupape de sortie. En cas de doute, cela peut être vérifié par une analyse granulométrique de la poussière après sa pulvérisation dans la sphère de 20 l sans inflammation.

1.5.3 Humidité du produit

L'humidité relative du produit F, c'est-à-dire le rapport pondéral entre l'eau présente et la substance atro (atro = absolument sec), est un autre facteur d'influence.

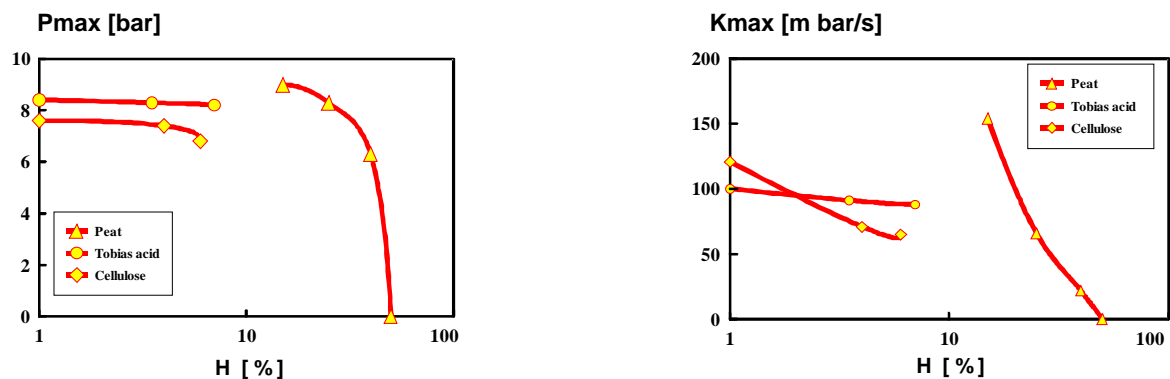


Figure 1.5.3 : Influence de l'humidité du produit sur les caractéristiques d'explosion

On a souvent pensé que les produits contenant de l'eau avec une teneur en humidité de quelques pour cent ne pouvaient pas former de mélanges poussière/air explosifs. La figure 1.5.3 réfute cette hypothèse. Il semble qu'il faille pour cela une humidité du produit d'au moins 50%. Comme le montre la figure 1.5.3, l'humidité du produit devrait être **inférieure à 10%** afin de garantir que les caractéristiques d'explosion ne soient pas influencées de manière significative par l'humidité.

1.5.4 Température

La température est une grandeur d'influence extrêmement importante pour la pratique industrielle. Une augmentation de la température diminue la valeur de la limite inférieure d'explosivité, et ce d'autant plus que les valeurs limites trouvées à température ambiante sont élevées. Il faut également tenir compte de l'influence de la température sur la valeur caractéristique P_{max} :

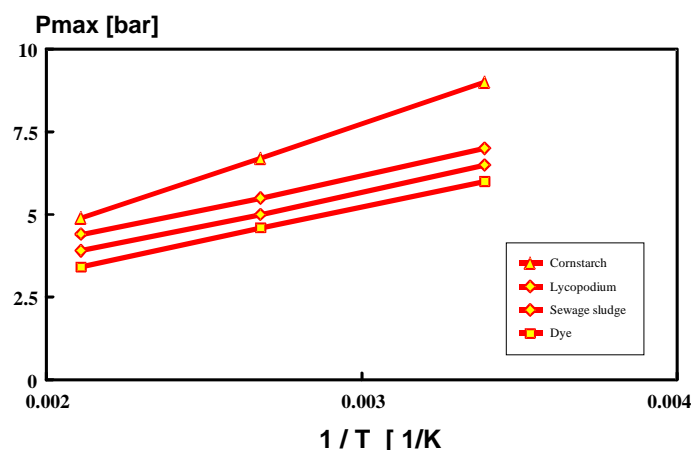


Figure 1.5.4 : Influence de la température sur P_{max}

Comme le montre l'illustration 1.5.4, la pression d'explosion maximale diminue de manière pratiquement linéaire avec l'augmentation de la température. La cause en est la diminution de la teneur en oxygène. La valeur K_{max} est également soumise à l'influence de la température. Pour les poussières à réaction plus violente, l'augmentation de la température entraîne généralement une diminution linéaire, tandis que pour les poussières à réaction plus faible, les valeurs K_{max} augmentent. Dans la pratique, l'influence de la température sur la valeur K_{max} peut être négligée.

Calculs pour l'influence de la température: "[Calculate / Pmax : influence of temperature](#)".

<input checked="" type="radio"/> Pmax: influence of temperature T	Pmax at 20°C	8.2	bar
<input type="radio"/> Pmax: influence of initial pressure Pi	Temperature T	50	°C
<input type="radio"/> Kmax: influence of initial pressure Pi	Pmax at T	7.5	bar

1.5.5 Pression initiale

Les caractéristiques d'explosion P_{max} et K_{max} sont influencées proportionnellement par la pression d'alimentation P_i , la pression initiale au moment de l'inflammation. Il existe une dépendance linéaire jusqu'à une pression initiale d'environ 3 bars.

Calculs pour la pression initiale: "[Calculate / Pmax : influence of initial pressure Pi](#)".

	Pmax at Po	8.1	bar
<input type="radio"/> Pmax: influence of temperature T	Po	990	mbar,abs
<input checked="" type="radio"/> Pmax: influence of initial pressure Pi	Pi	1013	mbar,abs
<input type="radio"/> Kmax: influence of initial pressure Pi	Pmax at Pi	8.2	bar

Calculs pour la pression initiale: "[Calculate / Kmax : influence of initial pressure Pi](#)".

	Kmax at Po	252	m · bar/s
<input type="radio"/> Pmax: influence of temperature T	Po	990	mbar,abs
<input type="radio"/> Pmax: influence of initial pressure Pi	Pi	1013	mbar,abs
<input checked="" type="radio"/> Kmax: influence of initial pressure Pi	Kmax at Pi	257.8	m · bar/s

1.6 Mode et énergie d'allumage

A partir des nombreux résultats obtenus dans le récipient de 1 m³ et dans l'appareil de 20 l pour l'énergie minimale d'inflammation, il est apparu que l'on pouvait classer les poussières en 2 groupes si l'on se basait sur l'influence du mode d'allumage et de l'énergie d'inflammation sur les grandeurs caractéristiques de l'explosion.

1.6.1 Énergie d'inflammation des poussières indépendantes

Comme le montre la figure 1.6.1, les grandeurs caractéristiques d'explosion mesurées sont indépendantes, dans le cadre de la précision de mesure, du mode et de l'énergie d'allumage utilisés (allumeurs chimiques pour $E = 250 \dots 10'000$ J et étincelles de décharge de condensateur pour $E > MZE \dots 100$ J).

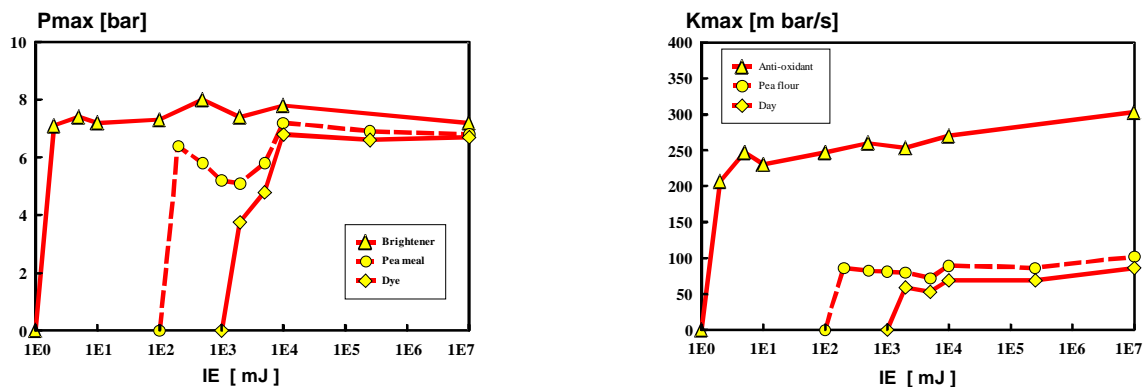


Figure 1.6.1 : Définition de l'énergie des poussières indépendantes

Il faut donc en conclure que, pour le déroulement de l'explosion de ces poussières indépendantes de l'énergie, il est donc indifférent de savoir lequel des deux modes d'allumage mentionnés ci-dessus est utilisé. De faibles décharges de condensateurs ou des allumeurs chimiques très puissants, comme prescrit pour le test de poussière, donnent les mêmes résultats.

Ces poussières ont en général une énergie minimale d'inflammation inférieure à 1 J.

1.6.2 Poussières dépendantes de l'énergie d'inflammation

Pour ces poussières, une diminution de l'énergie d'inflammation entraîne une réduction linéaire de Kmax.

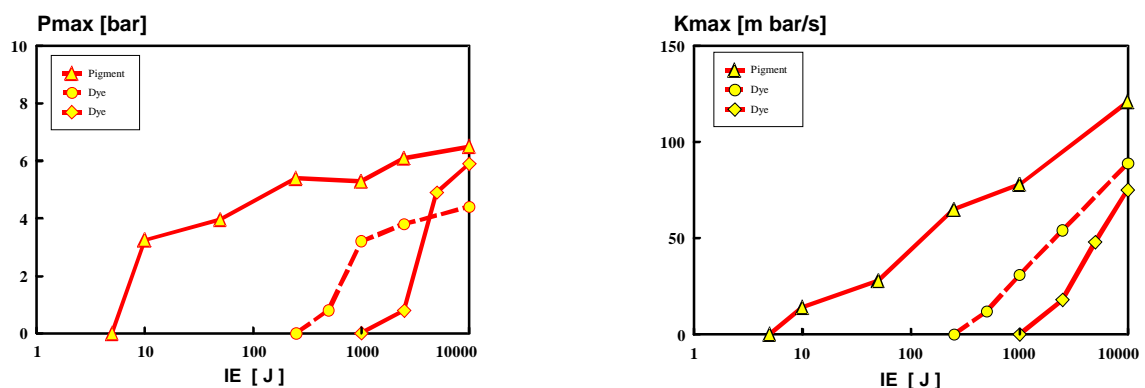


Figure 1.6.2 : Définition des poussières **dépendantes** de l'énergie

La pression d'explosion n'est pratiquement pas affectée par cette influence. On constate uniquement une tendance à la baisse pour certains produits isolés.

Une énergie minimale d'inflammation supérieure à 1 J doit être attribuée à de telles poussières.

1.6.3 Allumeurs chimiques

Les caractéristiques d'explosion doivent être déterminées avec une source d'allumage d'une énergie suffisante. Actuellement, un seul mode d'allumage est disponible dans la pratique pour déterminer avec certitude les caractéristiques (P_{max} , K_{max}) des poussières combustibles :

2 allumeurs chimiques de **5000 J** chacun et d'une énergie totale de **E = 10'000 J**

Pour la détermination de la limite inférieure d'explosivité LIE et de la concentration limite en oxygène CLA des poussières combustibles, il faut utiliser

EN 14034-3, 4: 2 allumeurs de **1000 J** énergie totale de **E = 2000 J**

ASTM E1515, E2931: 1 allumeur de **E = 2500 J** ou de **E = 5000 J**

Il convient de souligner expressément que l'utilisation de la source d'inflammation correspondante pour les analyses de poussières est non seulement d'une grande importance pour pouvoir comparer entre elles les grandeurs caractéristiques d'explosion déterminées dans les différents laboratoires, mais aussi pour pouvoir procéder sans équivoque au dimensionnement des mesures de protection.



Pour manipuler les allumeurs chimiques en toute sécurité, il est impératif de porter des lunettes de protection.



Si de la poudre est visible à la surface des allumeurs ou dans l'emballage, il y a un risque d'inflammation par des décharges électrostatiques. Ceci doit être évité, par exemple, par la mise à la terre de l'opérateur.



Les allumeurs chimiques doivent être stockés en toute sécurité, dans un endroit frais et sec. En outre, les règles de sécurité nationales doivent être respectées.

fabricant :

Fr. Sobbe GmbH
Beylingstr 59
D-44329 Dortmund
Allemagne
Tél: +49 231 230 560
info@sobbe-zuender.de
www.sobbe-zuender.de

fabricant :

Simex Control s.r.o.
Ul. 4. května 175
Vsetín 755 01 CZ
République tchèque
Tél : +42 0571 498 711
sale@simexcontrol.cz

Distribution pour les États-Unis et Canada :

Cesana Corporation
P.O. Box 182
Vérone, NY 13478
U.S.A.
Tél: +1 315 337 9181
office@cesanacorp.com

1.6.4 Décharge de condensateur

Il convient de noter qu'avec des allumeurs chimiques, on obtient la même évolution temporelle de la pression d'une explosion de poussière qu'avec une décharge de condensateur comme source d'allumage, pour autant que son énergie soit supérieure à l'énergie minimale d'allumage.

Les produits difficilement inflammables dont la valeur K_{max} dépend de l'énergie d'inflammation font bien sûr exception.

1.6.5 Éclateur permanent

Si, à la place des allumeurs chimiques, on utilise un éclateur continu avec une énergie de $E = 10J$, les valeurs K_{max} peuvent être jusqu'à 60 % inférieures à celles mesurées lors de l'utilisation des autres modes d'allumage déjà mentionnés.

L'éclateur continu sous-estime donc considérablement le déroulement effectif de l'explosion et ne doit donc pas être utilisé pour la détermination des caractéristiques des poussières combustibles.

1.6.6 Filament

De nombreux essais comparatifs entre les sources d'allumage chimiques et les filaments n'ont pas permis de trouver une correspondance.

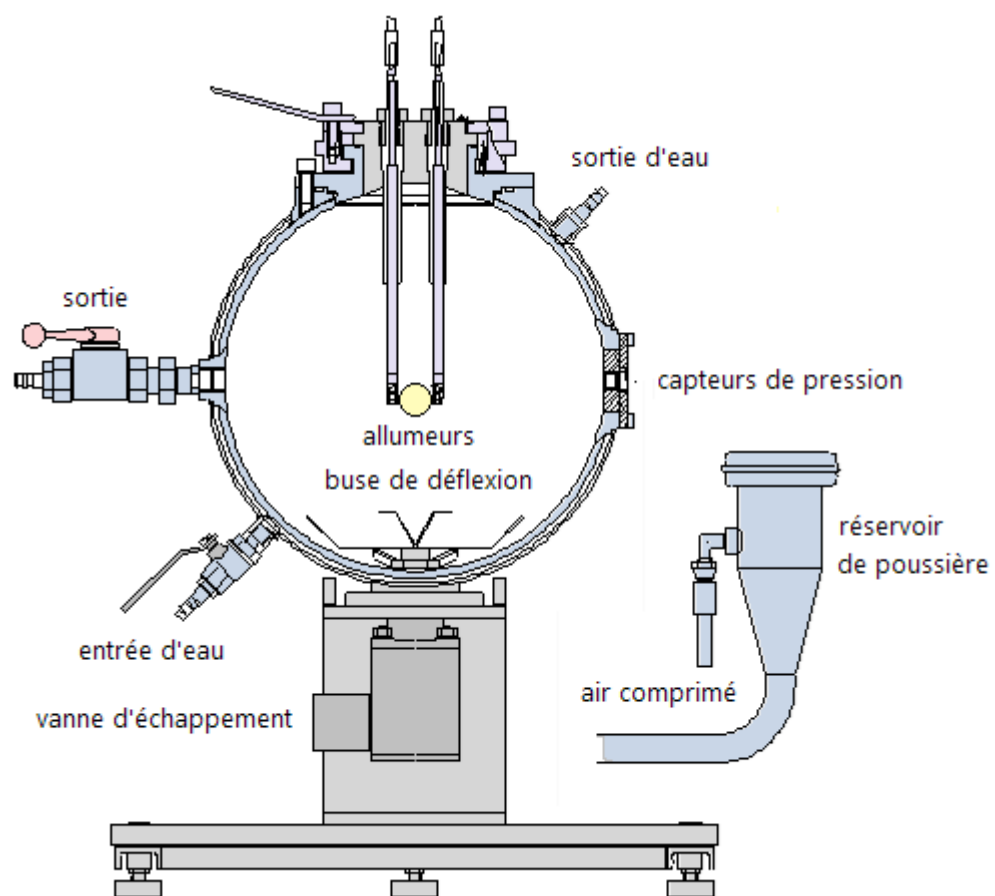
La plupart des poussières déterminées à l'aide du filament ont été déterminées comme étant non explosives, ou bien le degré d'explosivité a été sous-estimé. Le filament incandescent ne convient donc pas comme source d'inflammation pour la détermination des paramètres et pour saisir clairement l'explosivité des poussières.

1.7 Appareillage d'essai

La chambre d'essai est une sphère creuse en acier inoxydable d'une capacité de 20 litres. Une chemise d'eau supplémentaire évacue la chaleur de l'explosion ou permet une thermostatisation à différentes températures.

Lors du déroulement de l'essai, la poussière est distribuée dans la sphère à partir du réservoir de poussière sous pression via la soupape d'échappement et la buse de distribution de poussière. Pour ce faire, la soupape d'échappement est actionnée électriquement, puis ouverte et refermée par de l'air comprimé via un piston auxiliaire.

La source d'allumage est placée au centre de la sphère. Les deux capteurs de pression piézoélectriques sont montés sur la bride de mesure latérale. La bride avant peut être utilisée pour d'autres capteurs de mesure ou être remplacée par une fenêtre de visualisation.



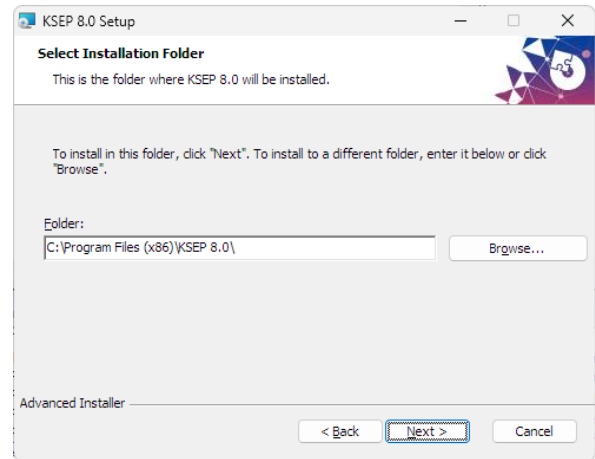
1.8 Nomenclature

(dP/dt)m	vitesse maximale de montée en pression pour toute concentration de combustible et dans des conditions normales
(dP/dt)max	vitesse maximale de montée en pression pour une concentration optimale de combustible et dans des conditions normales
K	Constante spécifique du matériau
Kmax	Valeur maximale de K
M	Valeur médiane
MZE	Énergie minimale d'inflammation
OEG	limite supérieure d'explosivité
Pd	Différence de pression
Pex	la plus grande surpression d'explosion pour une concentration quelconque de combustible, mesuré dans l'appareil de 20 l
Pm	pression positive d'explosion corrigée pour une concentration quelconque de combustible, mesuré dans l'appareil de 20 l selon la norme ISO
Pmax	la plus grande surpression d'explosion pour une concentration optimale de combustible, mesuré dans l'appareil de 20 l selon la norme ISO
Pi	Pression au moment de l'allumage
Pz	Pression d'atomisation
SGK	Concentration limite en oxygène
St	Classe d'explosion de poussière
t1	Durée de combustion
td	Délai de la soupape d'échappement
tdi	Délai des allumeurs
tv	Temps de retard à l'allumage
LIE	Limite inférieure d'explosivité
ZE	Énergie d'allumage

2. Logiciel

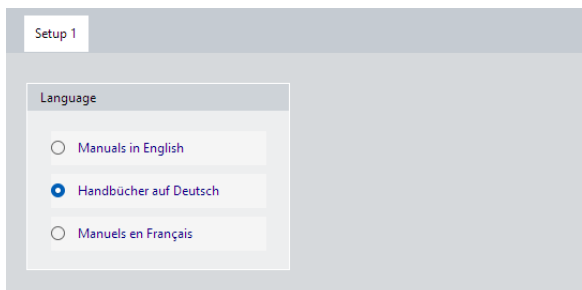
Conditions: Système d'exploitation "Microsoft-Windows" 7...11 (32/64-bit)

installation: Veuillez exécuter le fichier d'installation Windows suivant : **KSEP80_setup.msi**



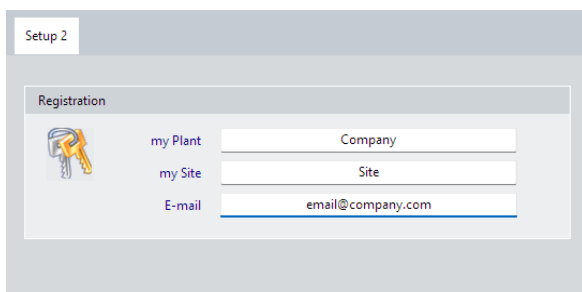
Démarrer le logiciel KSEP 8.0 et suivre les instructions :

Setup 1 : langue



Language = langue de l'aide
(Le programme est toujours en anglais)

Setup 2 : Entreprise



my Plant = nom de l'entreprise
my Site = organisme de contrôle
pour les nouveaux fichiers et le rapport de contrôle
E-mail uniquement pour information

Setup 3 : Administrateur

Setup 3

1. Administrator

Signature e.g., John Smith John Smith

* Username e.g., JS JS

* Password ****

* Password confirmation ****

KSEP-filename starts with ... Lab

Le 1er administrateur est défini ici.

D'autres utilisateurs peuvent être ajoutés dans "Users" peuvent être ajoutés.

Signature = nom complet.

Sera inséré tel quel dans les protocoles.

Nom d'utilisateur = une forme abrégée utile.

KSEP-filename commence par ...

Les noms de fichiers créés automatiquement commencent par cette lettre, suivie de la date d'ouverture du fichier.

La lettre qui suit distingue les fichiers créés le même jour.

Exemple : Lab_230224A.K20 Ces noms de fichiers créés automatiquement ne sont qu'une proposition.

Vous pouvez bien entendu saisir votre propre nom de fichier (p. ex. numéro de commande).

L'extension du nom de fichier est toujours "K20" ou "1m3" et est ajoutée automatiquement.

Setup 4 : Appareillage

Setup 4

1. Equipment

1.1 Vessel 20L-apparatus 10001.65 Serial no

1.2 Nozzle rebound

1.3 Igniters Sobbe

1.4 Altitude above sea level [m] 345

2. Piezoelectric pressure sensors

2.1 Sensor A Kistler 601 -37.80 Sensitivity [pC/bar]

2.2 Sensor B Kistler 601 -37.78 Sensitivity [pC/bar]

Altitude au-dessus du niveau de la mer =

Altitude au-dessus du niveau de la mer de votre organisme de contrôle.

La pression statique actuelle et la valeur calculée par rapport au niveau de la mer sont affichées dans le pied de page du programme. En comparaison avec les données météorologiques actuelles, cette valeur devrait correspondre (± 6 hPa).

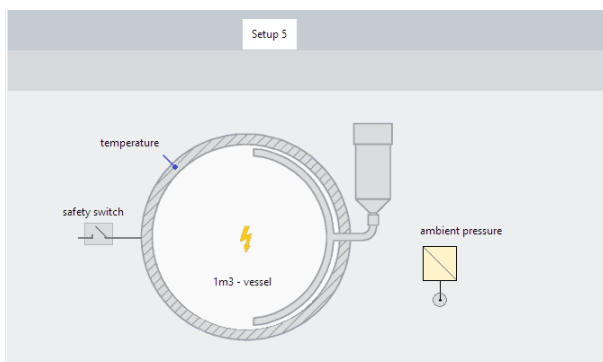
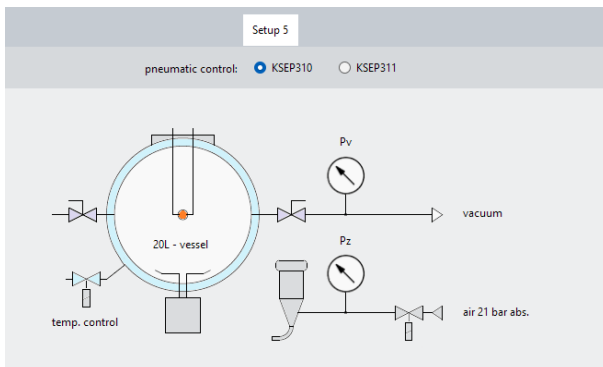
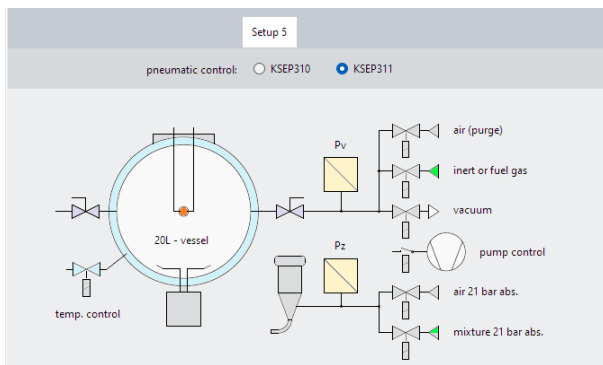
Pressure sensors (capteurs de pression)

La sensibilité (*sensitivity*) des capteurs des données d'étalonnage correspondantes. (plage = 0...5bar ou 0...20bar)

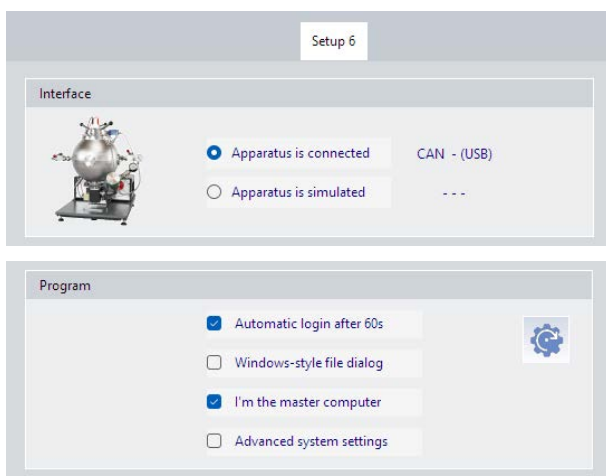
L'unité KSEP 333 mesure l'évolution dynamique de la pression grâce à des capteurs de pression piézoélectriques.

Un cristal de quartz est déformé par la pression. Une charge électrique se forme à sa surface, proportionnellement à la différence de pression. Celle-ci est transformée dans les amplificateurs de charge intégrés en une charge électrique proportionnelle et numérisée.

Setup 5 : Équipement



Setup 6



Sphère 20L + KSEP333 + KSEP311

Mesure de pression Pv, Pz : absolue, numérique

Évacuation de la population : automatique

Procédure pression partielle : automatique
(SGK, mélange hybride, gaz)

Régulation de la température du récipient

Sphère 20L + KSEP333 + KSEP310

Remplacement de l'ancien KSEP330...KSEP332

Mesure de pression Pv, Pz : relative, analogique

Régulation de la température du récipient

Récipient de 1m3 + KSEP333

Mesure et correction de :

Pression ambiante (absolue, numérique)

Température du récipient

Interface (Interface)

L'appareil est connecté (*connected*)

ou est simulée (*simulated*).

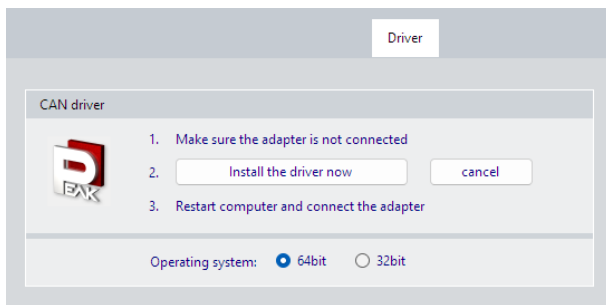
Programme

Connexion automatique ...

Maître ... L'un est le PC principal.

Avancé ... Accès aux programmes de service.

Pilote CAN (Driver)



Installation

- Ne pas** brancher l'adaptateur CAN.
- Installer le pilote Peak.
- Connecter l'adaptateur CAN au port USB.
- Windows vous avertit
- Redémarrer le programme KSEP333.

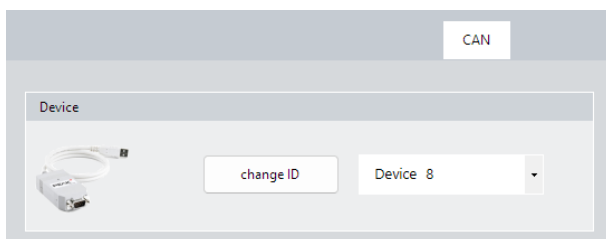
Pour l'installation, vous avez besoin des droits d'administrateur. Toutefois, pour une utilisation ultérieure, aucun droit particulier n'est nécessaire.

N'utilisez pas de rallonge USB entre l'adaptateur CAN-USB et le PC. Cela ne correspond pas à la norme USB et peut entraîner des dysfonctionnements.

Info

Il y a une LED rouge sur l'adaptateur CAN-USB :
 Allumé en permanence : connecté à Windows
 Clignotement lent : connecté à KSEP333
 Clignotement rapide: en cours de transfert

CAN-ID



Si plusieurs adaptateurs CAN sont connectés à votre PC, ils doivent être clairement identifiés.

Pour un nouvel adaptateur, ce numéro est généralement 255 (0xFF). Vous pouvez utiliser ce changer simplement : **change ID**

Utilisateurs (Users)

Users					
no	username	signature	authorization	enabled	status
1	JS	John Smith	Administrator	✓	active
2	MM	Max Meyer	Operator	✓	new
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Le 1er administrateur est défini lors de la **configuration 3**.

D'autres utilisateurs peuvent être ajoutés ici :

"*Administrateur*" pour la gestion des utilisateurs.

"*Service*" pour l'étalonnage et la maintenance.

"*Superviseur*" pour la surveillance des processus.

"*Opérateur*" pour tous les autres utilisateurs.

Droits (Rights)

Rights					
no	can do ...	Administrator	Service	Supervisor	Operator
1	New tests	✓	✓	✓	✓
2	Filemanager (new, save)	✓	✓	✓	✓
3	Table modification	✓	✓	✓	✓
4	Test conditions	✓	✓	✓	
5	System - Settings	✓	✓		
6	Software Update	✓	✓		
7	User Management (see: Users)	✓			
8	Set Access Rights (this table)	✓			

Les droits des 4 groupes d'utilisateurs peuvent être être défini ici par l'administrateur.

3. Utilisation



Après le lancement du programme, cliquer sur le bouton sélectionner l'utilisateur souhaité.

Voir : 2.2 **Utilisateur** du logiciel PC

Les nouveaux utilisateurs doivent d'abord définir leur propre mot de passe.

username	signature	authorization	status
JS	John Smith	Administrator	active
MM	Max Meyer	Operator	new

	Password <input type="text"/>	Login
--	-------------------------------	-------

New user: please enter a new password ...

3.1 Info

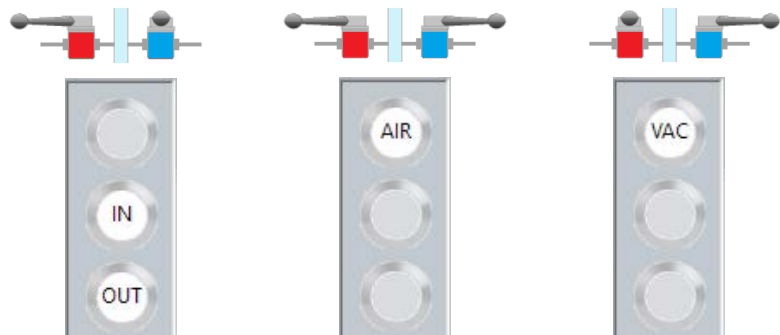
The screenshot shows the KSEP 8.0 software interface. It includes a menu bar (File, Calculate, Check, System, Help) and a toolbar (Info, Table, Curve, Graph, Audit). The main area displays product information (22-0286-03 / 20 Lt. Kugel ET033 / Niacin CaRo22), order details (20 Lt. Kugel ET033 / Niacin CaRo22), customer (Cesana AG), reason (Sicherheitsbeurteilung), median (16µm), preparation (Tel quel), plant (Cesana AG), site (Bettingen), filename (Demo_230508A.K20), created date (08.05.2023), apparatus (20L), and imported file (Demo_230508A.K20). A table shows test results for Pmax, (dP/dt)max, and Kmax. A sidebar on the right contains icons for various functions. At the bottom, there are status indicators for pressure (979 mbar, 1.0 bar), temperature (20°C), and a version/week indicator (2440).

Ligne d'état

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1. L'utilisateur actuel | 6. Pression dans la sphère |
| 2. Autorisation de l'utilisateur | 7. Pression dans la préchambre |
| 3. Priorité | 8. Température du récipient |
| 4. Appareil de contrôle | 9. Version, année, semaine |
| 5. Interface CAN | |

Télécommande

La fonction des touches de la télécommande dépend de la position des deux robinets. La sphère et l'interrupteur de sécurité doivent être fermés.



3.2 Fichiers KSEP



Nouveau produit, nouveau fichier

Un nouveau fichier est ouvert au début de l'examen avec un nouveau produit. Le nom du fichier est soit généré automatiquement par le programme (**A**), soit saisi par vos soins (**B**) :

- A** : Les noms de fichiers générés automatiquement commencent toujours par l'identité que vous avez définie. (Voir : [2.3 Logiciel PC](#)) suivi de la date. La lettre qui suit distingue les fichiers créés le même jour.

Exemple 1 : Lab_230224A.K20

Exemple 2 : Lab_230224B.K20 (créé le même jour que l'exemple 1)

- B** : Exemple 3 : mon_produit.K20 (longueur max. du nom de fichier = 126 caractères)



Produit existant, ouvrir le fichier

Une liste de fichiers KSEP avec indication du produit s'affiche. Pour le tri croissant ou décroissant, cliquer sur le champ correspondant (*filename*, *date*, *product*).

Open				
E:\PROGNET_C\KSEP8\bin\KSEPDAT\				
<input checked="" type="radio"/> 204-apparatus (*.K20) <input type="radio"/> 1m3 - vessel (*.1m3) <input type="radio"/> KSEP6 (K*.*)				
filename	date	product		
BA_KSEP8_01.K20	02.03.2023	Niacin CaRo22		
Test_KSEP8_1.K20	02.03.2023	Test KSEP 2308		

Chaque fichier KSEP contient une liste d'utilisateurs. Si vous êtes un membre de cette liste, vous avez accès en fonction de vos droits (administrateur ... opérateur).



libre accès

Vous pouvez modifier les données et ajouter des essais.



bloqué

Toutes les manipulations des données sont bloquées, sauf la consultation et l'impression.



Produit existant, importation dans un nouveau fichier

Les données KSEP verrouillées peuvent être importées dans un nouveau fichier. Les données sont alors librement accessibles et vous pouvez les modifier et également ajouter d'autres essais.



Sauvegarder le fichier sous ...

Toutes les données sont toujours sauvegardées **automatiquement**. Si nécessaire, vous pouvez sauvegarder l'ensemble de l'enregistrement sous un nouveau nom de fichier dans un fichier séparé.



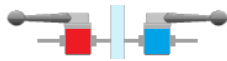
Copier des fichiers

Un gestionnaire de fichiers facile à utiliser est intégré pour copier les fichiers KSEP. Seuls les fichiers KSEP sont affichés.

3.3 Mode opératoire d'essai

3.3.1 Préparation

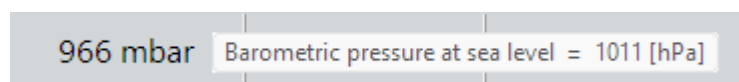
Mesure de pression statique



Les deux robinets sont ouverts. La sphère est à la pression ambiante.

Il est facile de vérifier que la pression affichée est correcte :

Dans le « Setup », l'altitude au-dessus du niveau de la mer de votre appareil est saisie. La pression statique actuelle et la valeur calculée par rapport au niveau de la mer s'affichent dans la barre de pied de page du programme. En comparaison avec les données météorologiques actuelles, cette valeur doit correspondre (± 6 hPa).



Étanchéité du réservoir de poussière

Après chaque grand nettoyage, l'étanchéité du réservoir à poussière et de la sphère doit être contrôlée comme suit :



1. Remplir le réservoir de poussière d'air à 20bar. Bouton « **IN** ».
2. La pression reste-t-elle constante ?
Si elle baisse continuellement, le réservoir n'est pas étanche.
Cause possible : encrassement de la soupape de sortie.
3. Décharger le réservoir de poussière avec la touche « **OUT** ».

Étanchéité de la sphère



1. Faire le vide dans la sphère à 400mbar. Bouton « **VAC** ».
(Fonction: appuyer 1 fois = ON, appuyer encore une fois = OFF).
2. La pression reste constante → tout est OK.
La pression augmente continuellement → 3.
3. Fermer le robinet de droite.
4. La pression reste maintenant constante → **La sphère fuit ?**.
La pression augmente continuellement → **Le filtre à vide fuit ?**

3.3.2 Essai de contrôle

Essai de contrôle = procédure d'essai **sans poussière** et **sans allumeur**

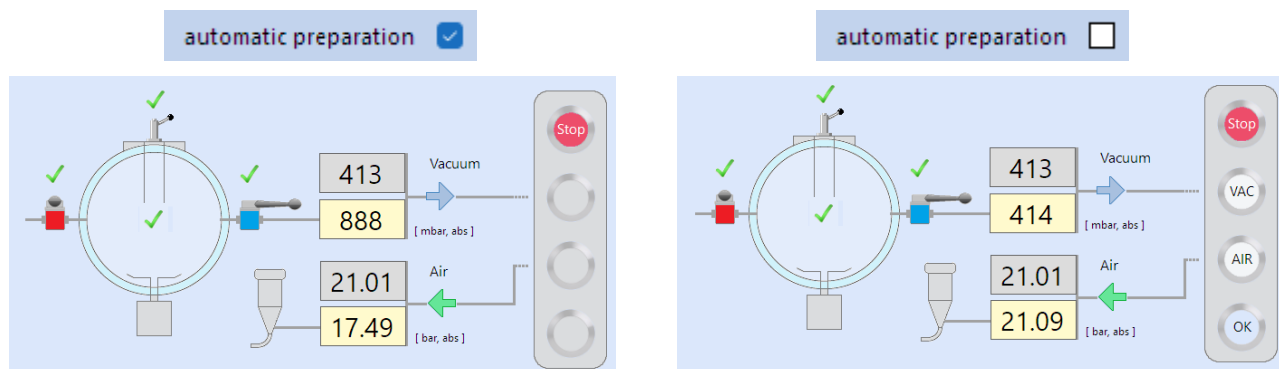


Les caractéristiques d'explosion Pmax et Kmax sont influencées proportionnellement par la pression d'alimentation Pi, la pression au moment de l'allumage.

Selon les normes, **Pi = 1013 mbar = pression normale**

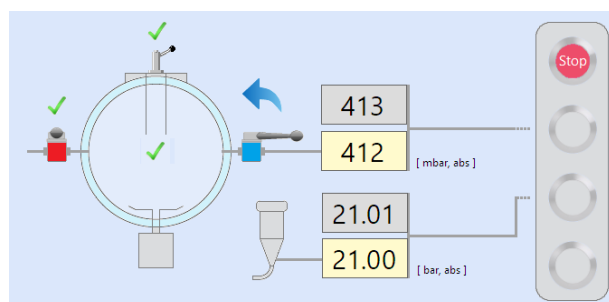
Ceci doit être vérifié par un essai de contrôle après chaque grand nettoyage et avant chaque nouvelle série ! Voir : **1.5.5 Préimpression**

1. préparation

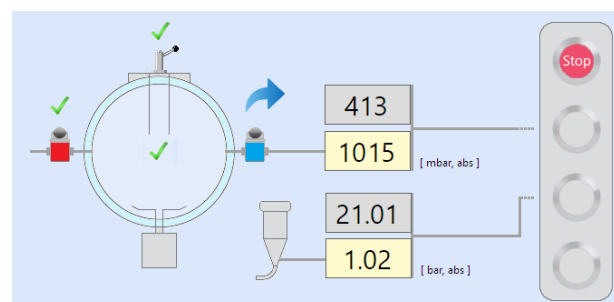


En cas de "**préparation automatique**", l'évacuation de la sphère et le remplissage du réservoir de poussière se font automatiquement. En raison de l'influence de la température, cela se fait par étapes avec des répétitions. Si les valeurs de consigne ne sont pas atteintes au bout d'un certain temps (> 60s), il y a suspicion de **fuite**. L'essai doit être interrompu.

2. lancer un essai de contrôle:



3. vérifier la pression initiale Pi:



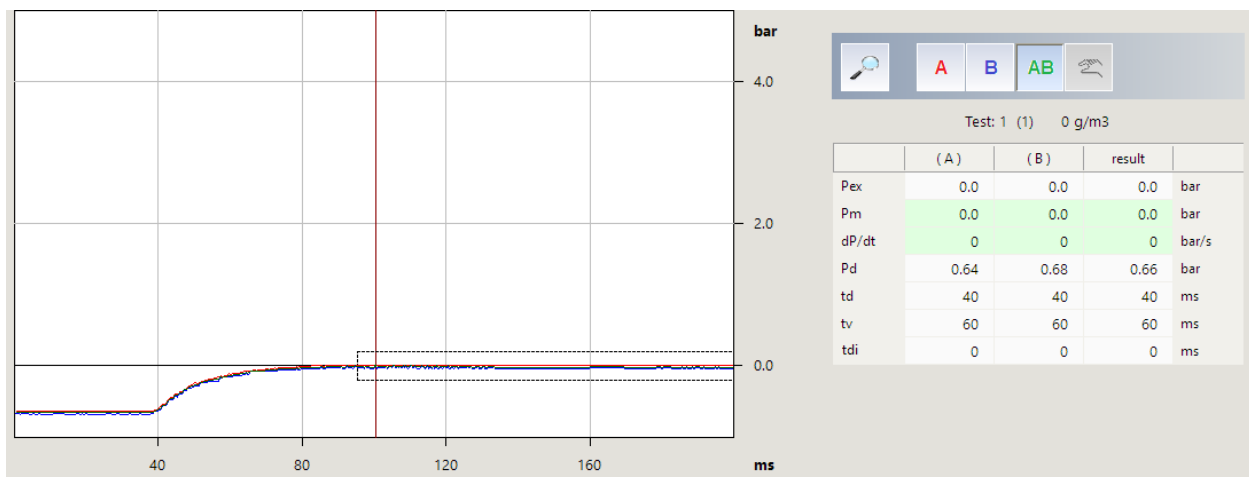
Exemples de valeurs autorisées :

1013mbar ±1% = 1003 ... 1023mbar

1013mbar ±2% = 993 ... 1033mbar

En cas d'écarts plus importants, il existe
Suspicion de **fuite**.

4. présentation de l'évolution de la pression



Avec la souris, faites glisser une fenêtre autour de la section à agrandir.
Ce bouton permet d'afficher la section.



Passez à la représentation d'ensemble.



En complément des données caractéristiques de l'explosion, les résultats de la préparation peuvent être affichés. La pression initiale absolue P_i est calculée à partir des valeurs mesurées de P_v et P_z.

dP/dt	Test: 28 (1) 0 [g/m3]			
	setpoint	effective	FS [%]	
Pv Vakuum [mbar]	413	412	-0.1	
Pz Luft [bar]	21.01	21.01	0.0	
Pi berechnet* [mbar]	1013	1012*		



les messages d'erreur : L'ensemble de l'évaluation se fait automatiquement. Les grandeurs de contrôle sont surveillées et affichées en rouge en cas de valeurs inacceptables :

P_d

Pression d'expansion de l'air de la préchambre :

La valeur nominale est de **0,6bar** (sont admissibles : **0,55...0,7bar**).

Vérifier l'épaisseur ou la dureté de la couche de protection en silicone sur les capteurs de pression Kistler.

t_d

La Délai de la soupape d'échappement n'est pas dans la plage de **30...50ms**.

Il est possible que la soupape d'évacuation soit encrassée ou que la buse de distribution de poussière soit bouchée.

3.3.3 Poussière : Pmax, Kmax

Conditions d'essai

Méthode d'essai	= poussière : Pmax, Kmax
Source d'inflammation	= Allumeurs chimiques
Energie d'allumage ZE	= 2 x 5 kJ
Temps de retard à l'allumage t_v	= 60 ms

Mode opératoire

Dans une première série d'essais, la pression maximale d'explosion et l'augmentation maximale de la pression dans le temps sont déterminées. En commençant par une faible concentration de poussière de 60g/m³ (1,2g / 20-l), la concentration de poussière est augmentée par paliers jusqu'à ce que les valeurs maximales de la pression d'explosion et de l'augmentation de la pression dans le temps soient clairement enregistrées. Les niveaux suivants doivent être utilisés :

60 ; 125 ; 250 ; 500 ; 750 ; 1000 ; 1250 ; 1500 g/m³

Après la première série d'essais, seule la zone proche des optima (Pmax, (dP/dt)max) est contrôlée, c'est-à-dire que les essais à la concentration optimale et les essais au niveau de concentration immédiatement supérieur ou inférieur sont répétés. Un exemple :

(En supposant que les maxima de Pm et dP/dt sont respectivement de 250 et 500 g/m³)³

1ère série:	60,	125,	250,	500,	750,	1000 g/m ³
2ème série :		125,	250,	500,	750	
3ème série :		125,	250,	500,	750	

Montage des allumeurs

Deux allumeurs chimiques (Z) ayant chacun une énergie de 5kJ sont montés sur les tiges d'électrode (S) comme indiqué sur l'image. C'est-à-dire que les allumeurs tirent horizontalement et dans des directions opposées.



Les allumeurs Sobbe sont connectés électriquement **en parallèle**.

Les allumeurs Simex sont déjà précâblés (connexion en série).



Le délai d'allumage est en moyenne 5ms plus court pour les allumeurs Simex que pour les allumeurs Sobbe.

Il est possible que la soupape d'échappement ne soit pas encore complètement fermée au moment de l'allumage et qu'il y ait donc un "retour de flamme" dans le réservoir de poussière. C'est pourquoi le point d'allumage des allumeurs Simex est automatiquement corrigé de 5 ms.

Voir : [2.2 Logiciel / Setup 4 : Appareillage](#)

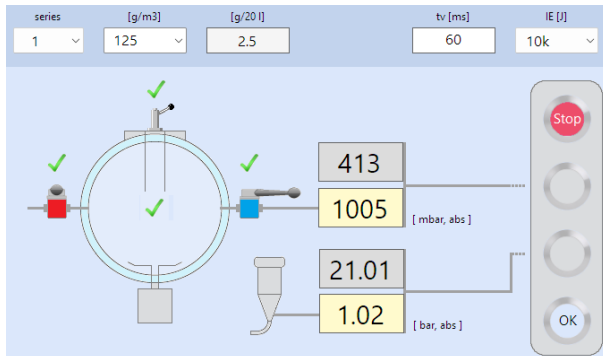
Mode opératoire

Recommandé:

☒ automatic cleaning

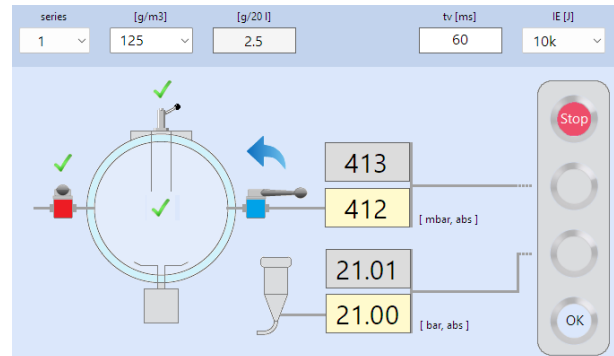
 automatic preparation ☒

1. réglages



Régler les paramètres
et confirmer avec OK.

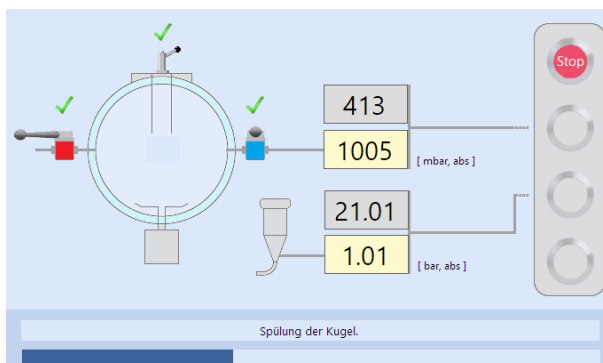
2. lancer le test



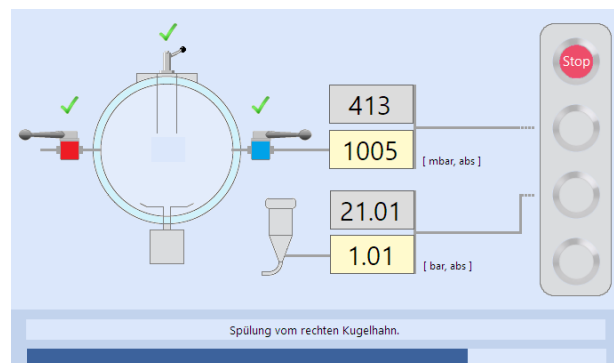
Une fois la préparation automatique
terminée, lancer le test..

bouton sur l'écran ou sur la télécommande.

3. rinçage de la sphère:



4. rinçage du robinet à droit:

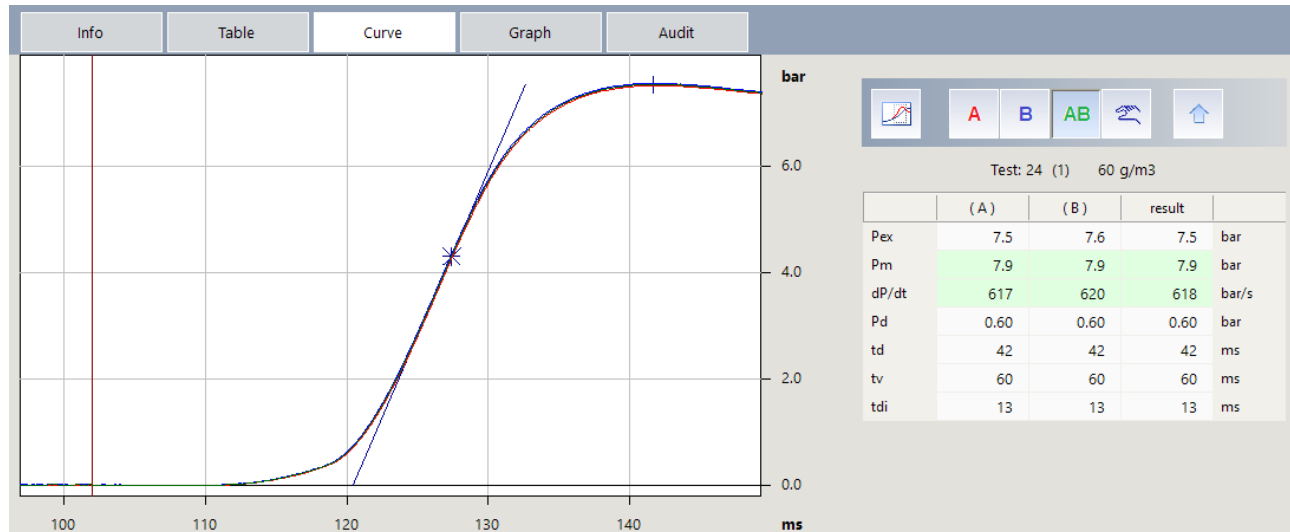


5. après le test

- Ouvrir la sphère et aspirer les résidus de combustion à l'aide d'un aspirateur.
- Retirer les allumeurs usés et nettoyer les passages d'allumage.
- Nettoyer la buse à impact : Tous les trous doivent être dégagés.
- Aspirer les résidus dans le réservoir à poussière avec un aspirateur.

Courbe de pression (Curve)

Après le déroulement automatique du test, l'évolution de la pression du canal 1 (rouge), du canal 2 (bleu) et de leur valeur moyenne (vert) est affichée. La ligne verticale définit le moment de l'allumage. En bleu cobalt apparaissent la tangente de l'augmentation maximale de la pression dans le temps, le point d'inflexion correspondant et la croix pour la pression maximale d'explosion Pex.



Passez à la représentation d'ensemble.



Avec la souris, faites glisser une fenêtre autour de la section à agrandir.
Ce bouton permet d'afficher la section.



La valeur moyenne des deux canaux de mesure est évaluée et affichée (ligne verte).
Paramètre par défaut.



Seul le canal A est évalué.
Utile en cas de canal B défectueux.



Seul le canal B est évalué.
Utile en cas de canal A défectueux.

messages d'erreur :

- Pex** Une différence de plus de **0,3 bar est** apparue entre les deux chaînes de mesure de pression.
- Pm** Les capteurs de pression sont-ils inversés ?
- dP/dt** Les vitesses de montée en pression sont différentes (**> 10%**).
- Pd** Pression d'expansion de l'air de la préchambre : typiquement = 0,6bar (**0,55...0,7bar**).
- td** La Délai de la soupape d'échappement (**30...50ms**)
- tv** Le temps de retard à l'allumage mesuré ne correspond pas à la consigne (**± 5ms**).
- tdi** La Délai du allumeur est trop importante. Voir : 4.1 Paramètres de test

Évaluation manuelle

Si $(dP/dt)_m$ est inférieur à 150 bar/s, il peut arriver que la vitesse de montée en pression des allumeurs chimiques soit supérieure à celle de l'explosion du combustible. Utilisez à cet effet, à titre de comparaison, l'évolution de la pression des allumeurs chimiques dans une atmosphère sans combustible et dans des conditions par ailleurs identiques. Les valeurs typiques pour les allumeurs chimiques avec une énergie d'allumage de 10 kJ se situent autour de 100 bar/s. On peut supposer que la montée en pression des allumeurs chimiques se termine après environ 50 ms (la tangente ne doit donc être appliquée que 50 ms après le moment de l'allumage).

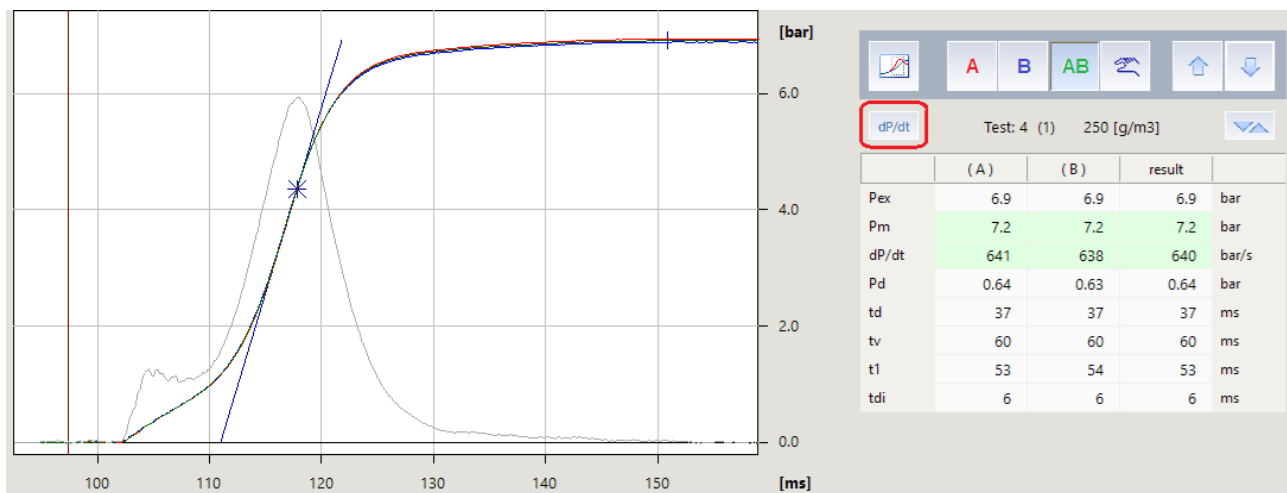
Le calculateur KSEP 333 tient automatiquement compte de cette règle. Cette règle empirique simple ne peut toutefois pas couvrir tous les cas qui se présentent dans la pratique et, dans certaines circonstances, une évaluation manuelle est alors nécessaire :



Après un essai d'explosion, observez où et comment le calculateur applique la tangente. De faibles explosions ou des oscillations superposées à la courbe de pression peuvent entraîner une évaluation erronée. Si la valeur par défaut du calculateur ne correspond pas au tracé réel, il est préférable de procéder à une évaluation manuelle.

Montée de pression dP/dt

Pour la décision "allumage / pas d'allumage" en cas de LIE et de CLO, la représentation de la vitesse de montée en pression dP/dt peut être utile (voir les normes ASTM) et aide à faire la distinction entre "allumage" et "explosion de poussière".



Préparation



En complément des données caractéristiques de l'explosion, les résultats de la préparation peuvent être affichés. La pression initiale absolue P_i est calculée à partir des valeurs mesurées de P_v et P_z .

dP/dt	Test: 49 (3)		125 [g/m ³]	
	setpoint	effective	FS [%]	
Pv vide [mbar]	413	410	-0.3	
Pz air [bar]	21.01	21.07	0.3	
Pi calculé* [mbar]	1013	1012*		

3.4 Tableau (Table)

Séparés par procédure, tous les essais sont représentés et traités numériquement :

curve	ok	test	series	conc.	Pm	dP/dt	tv	tdi	IE	Tu	comment
▶	✓	5	1	500	8.3	810	60	10	10kJ		
▶	✓	6	1	750	7.8	868	60	10	10kJ		
▶	✓	7	1	1000	7.3	770	60	8	10kJ		
▶	✓	8	1	1250	6.7	722	60	9	10kJ		
▶	✓	9	1	1500	6.0	478	60	11	10kJ		
▶	✓	10	2	125	5.5	230	60	9	10kJ		
▶	✓	11	2	250	7.5	712	60	10	10kJ		
▶	✓	12	2	500	8.2	933	60	9	10kJ		
▶	✓	13	2	750	7.6	914	60	8	10kJ		
▶	✓	14	2	1000	6.9	609	60	8	10kJ		
▶	✓	15	3	125	5.5	285	60	10	10kJ		
▶	✓	16	3	250	7.4	642	60	10	10kJ		
▶	✓	17	3	500	7.9	788	60	9	10kJ		
▶	✓	18	3	750	7.2	933	60	7	10kJ		
▶	✓	19	3	1000	6.9	820	60	8	10kJ		

parameter	value	unit	tolerance	series 1	series 2	series 3
Pmax	8.1	bar	± 10%	2.0%	1.0%	-3.0%
(dP/dt)max	911	bar/s	± 10%	-4.8%	2.4%	2.4%
Kmax	247	m-bar/s	± 10%	t1 min	27	ms

procedures	tests
Kontrollversuch	1
Staub: Pmax, Kmax	23
Staub: UEG	0
Staub: SGK	0
Staub: Explosionsfähigkeit	0
Gas: Pmax, Kmax, UEG	0

CC	Administrator	Master	20L sphere + KSEP311	CAN 3	999 mbar	1.0 bar	29°C	2340
----	---------------	--------	----------------------	-------	----------	---------	------	------

Symboles du tableau :

- Valeur maximale (de chaque série), vert clair
- cette valeur est erronée, rouge clair
- ☒ cette tentative est valable et sera évaluée (changement en cliquant sur ce champ)
- la courbe de pression est enregistrée
- courbe de pression sélectionnée (Curve)

Calcul des caractéristiques d'explosion :

La valeur caractéristique de la pression maximale d'explosion Pmax et de l'augmentation maximale de la pression dans le temps (dP/dt)max est la **moyenne** des **valeurs maximales** de chaque série, appelée brièvement moyenne des maxima.

$P_m [\text{série } n] = \text{valeur maximale de chaque série}$

$$P_{\text{max}} = (P_m [\text{série } 1] + P_m [\text{série } 2] + P_m [\text{série } 3]) / 3$$

$(dP/dt)_m [\text{série } n] = \text{valeur maximale de chaque série}$

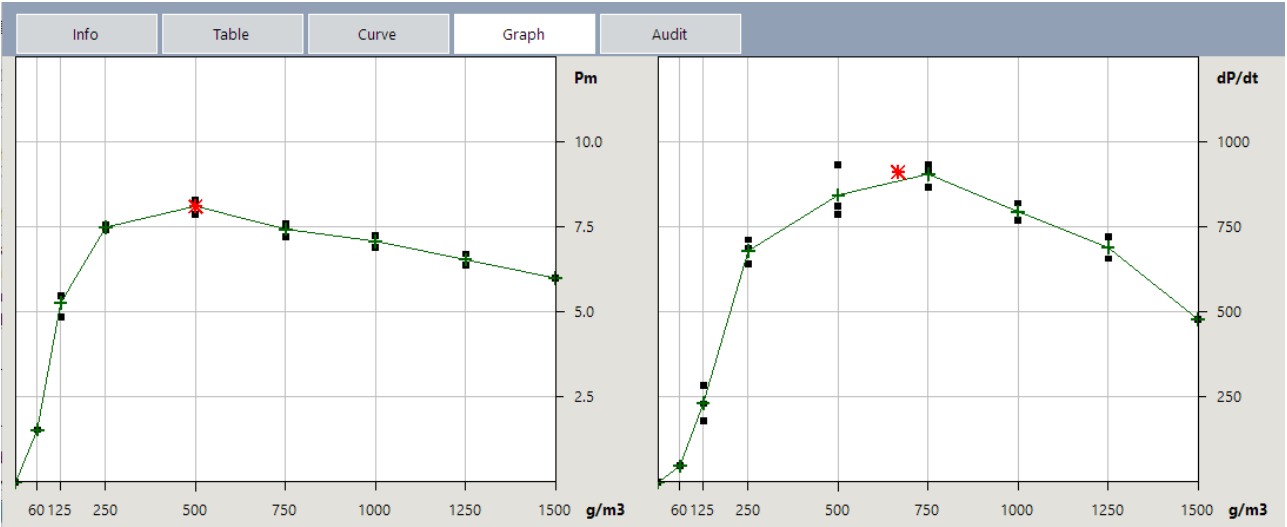
$$(dP/dt)_{\text{max}} = (dP/dt [\text{série } 1] + dP/dt [\text{série } 2] + dP/dt [\text{série } 3]) / 3$$

$$K_{\text{max}} = 0,27144 \times (dP/dt)_{\text{max}}$$

$$\sqrt[1/3]{0.02} = 0.02^{1/3} = 0.27144$$

3.5 Graphiques (Graph)

Les valeurs individuelles (carrés), les valeurs moyennes (croix) et, pour "Pm" ou "dP/dt", la moyenne des maxima de chaque série (étoile) sont affichées.



3.6 Audit

InfoTableCurveGraphAudit					
no	date	time	cause	event	value
7	15.06.2022	09:52	System	Procedures	Proc_Deutsch.usr
8	15.06.2022	10:00	swissi	Test - 1	Staub: Pmax, Kmax
9	15.06.2022	10:27	swissi	Test - 2	Staub: Pmax, Kmax
10	15.06.2022	10:30	swissi	Test - 3	Staub: Pmax, Kmax
11	15.06.2022	10:32	swissi	Test - 4	Staub: Pmax, Kmax

username	signature	authorization
swissi	swiss!	Administrator
CC	Ch. Cesana	Administrator
OP	Bill	Operator



Chaque fichier KSEP contient une liste d'utilisateurs. Si vous êtes un membre de cette liste, vous y avez accès en fonction de vos droits (administrateur ... opérateur).

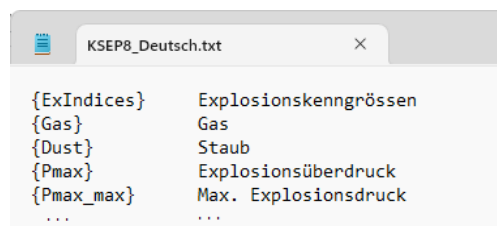


Les données d'audit sont enregistrées sous forme codée dans le fichier KSEP !

3.7 Rapport



Sélectionner **la langue** du rapport de contrôle. Le programme est accompagné de quelques fichiers de traduction. Ceux-ci peuvent être facilement adaptés à d'autres langues. Ne pas modifier le {code de commande}.

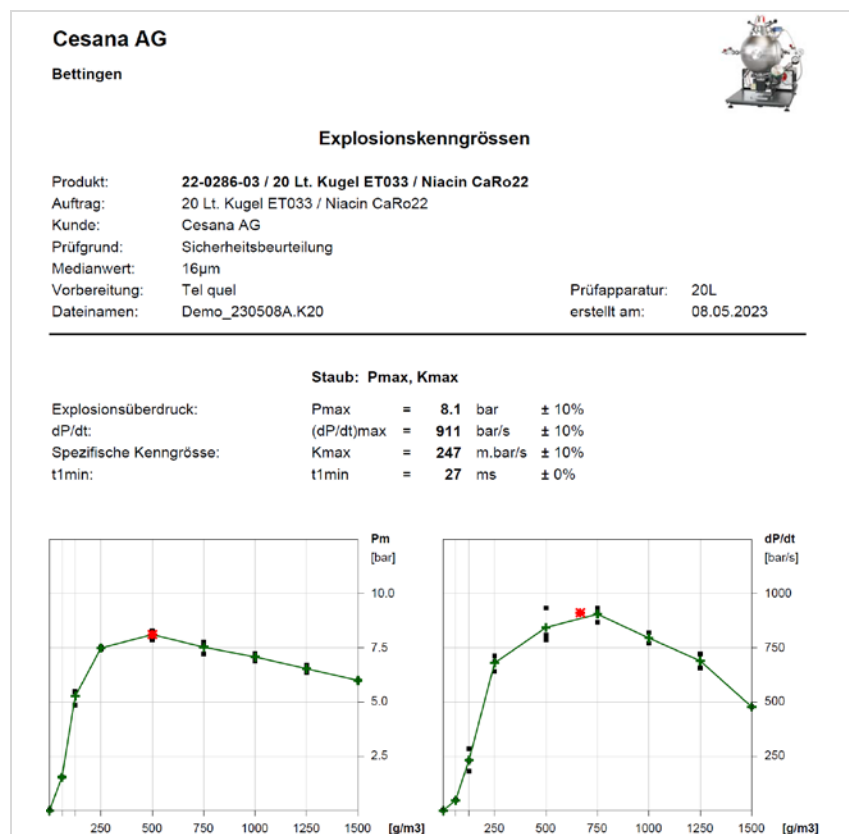


Sélectionner le **logo** pour le rapport d'audit. Vous pouvez définir ici le logo de votre entreprise.

Conditions préalables :

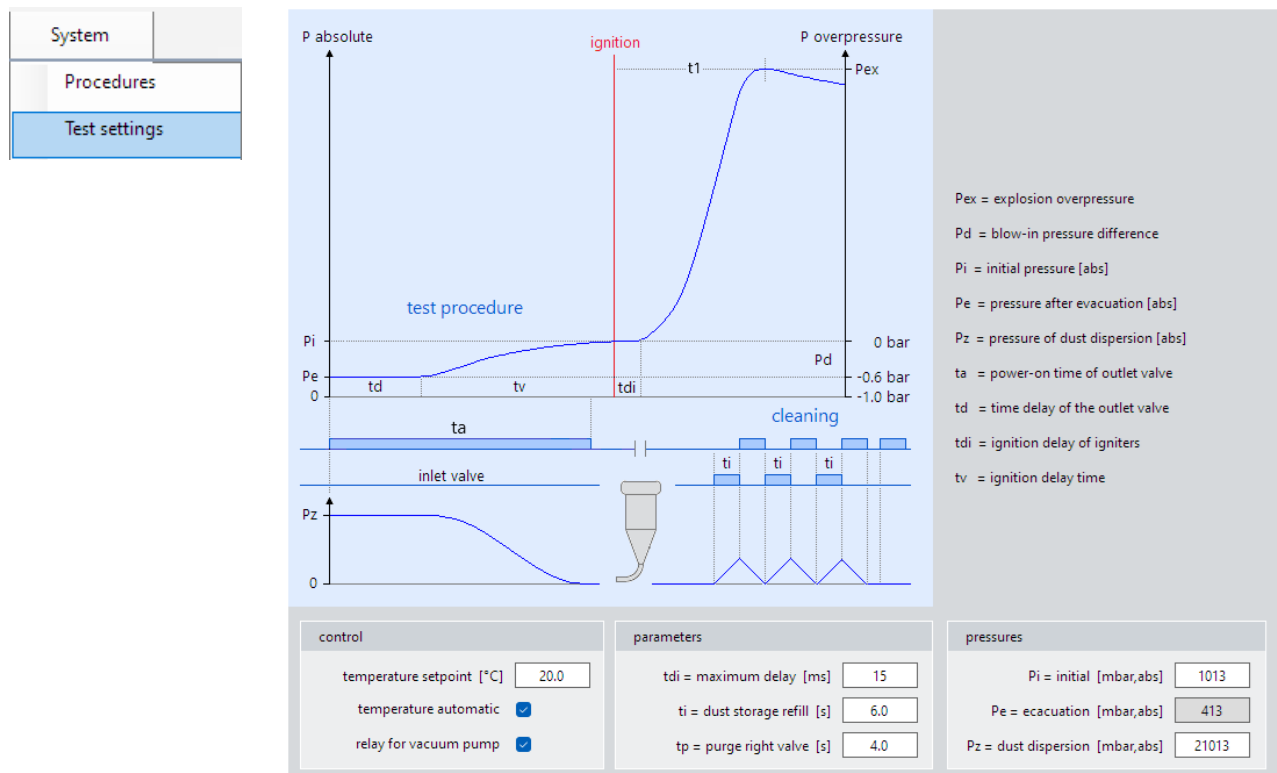
- Fichier bitmap ".png"
- Largeur du logo dans le rapport < 80mm

La largeur originale du bitmap est automatiquement réduite à la largeur définie ici lors de l'impression.



3.8 Test - Paramètres

3.8.1 20L avec KSEP311



control temperature automatic: Selon ISO/IEC 80079 : température initiale = **20°C ± 5°C**

En raison de la fréquence élevée des essais, la sphère d'explosion doit être maintenue à une température de fonctionnement de 20°C au moyen d'un refroidissement par eau. Une électrovanne externe permet de réguler la température de l'enveloppe de la sphère. Cela permet d'économiser beaucoup d'eau de refroidissement.

relay for vacuum pump: La pompe à vide n'est activée qu'en cas de besoin.

pressures Selon les normes : pression initiale $P_i = 1013 \text{ mbar}$

Ces spécifications d'impression sont calculées automatiquement comme suit et ne doivent être modifiées que pour des conditions d'essai spécifiques.

	Pi (sphère + chambre de précombustion)	Pe (sphère)	Pz (chambre de précombustion)
volume x pression	20.6L x 1013mbar =	20L x 413mbar +	0.6L x 21'013mbar

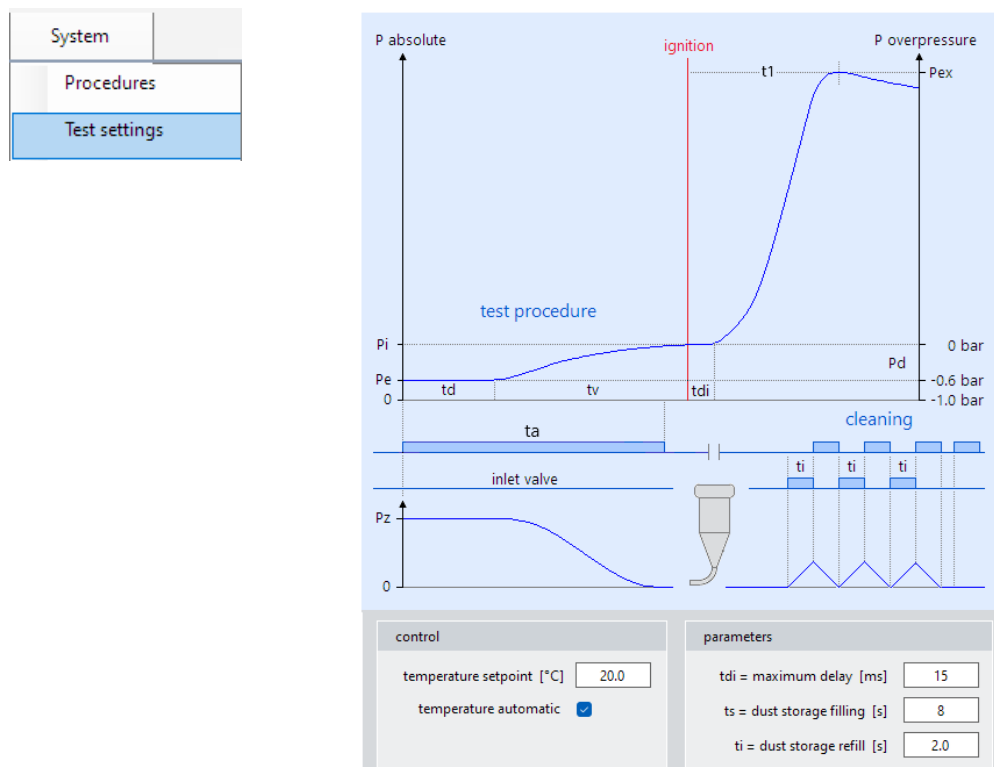
parameters tdi = maximum delay: Délai des allumeurs = différence de temps entre l'excitation électrique des allumeurs et la première montée en pression. S'ajoute à tv et doit être contrôlé. La Délai maximale autorisée est définie ici. En cas de dépassement, un message d'erreur est émis.

ti = dust storage refill: Temps de remplissage du réservoir lors du nettoyage.

tp = purge right valve: Temps de rinçage pour le robinet à droit lors du nettoyage.

3.8.2 20L avec KSEP310

L'unité électronique KSEP333 est rétrocompatible avec l'ancienne unité pneumatique **KSEP310**. Sa fonctionnalité est toutefois limitée par rapport à la nouvelle unité pneumatique **KSEP311**.



contrôle de température

Selon ISO/IEC 80079 : température initiale = **20°C ± 5°C**

En raison de la fréquence élevée des essais, la sphère d'explosion doit être maintenue à une température de fonctionnement de 20°C au moyen d'un refroidissement par eau. Une électrovanne externe permet au KSEP333 de réguler la température de l'enveloppe de la sphère. Cela permet d'économiser beaucoup d'eau de refroidissement.

tdi = délai des igniteurs

Délai des allumeurs = différence de temps entre l'excitation électrique des allumeurs et la première montée en pression. S'ajoute à tv et doit être contrôlé. La Délai maximale autorisée est définie ici. En cas de dépassement, un message d'erreur est émis.

ts = remplissage de stockage de poussière

Temps de remplissage du réservoir de poussière avant le test. Doit être suffisamment long pour atteindre une valeur finale stable.

ti = recharge de stockage de poussière

Temps de remplissage du réservoir à poussière lors du rinçage automatique.

3.8.3 récipient de 1m3

System
Procedures
Test settings

vessel temperature 'Tu'
☒ Pex: correction for influence of 'Tu'

ambient pressure 'Pu'
☒ Pex: correction for influence of 'Pu'
☒ dP/dt: correction for influence of 'Pu'

température Selon les normes, *avant de commencer l'essai, il faut vérifier la température dans le récipient de 1 m³ et de l'enregistrer (température initiale).*

Le KSEP333 mesure et enregistre la température du récipient.
L'influence de la température sur Pex peut être calculée et corrigée automatiquement. Voir : [1.5.4 Température](#)

pression ambiante Conformément aux normes, *il convient de s'assurer que la pression atmosphérique règne dans le conteneur de 1 m³ lorsque l'injection de poussière est initiée par l'ouverture de la vanne à ouverture rapide du conteneur à poussières. La pression réelle dans le conteneur de 1 m³ au moment de l'allumage (pression initiale Pi) doit être déterminée et enregistrée.*

Pour le réservoir de 1 m³, la pression initiale est la pression ambiante. Celle-ci est mesurée et enregistrée par le KSEP333. L'influence de la pression initiale sur Pex et dP/dt peut être calculée et corrigée automatiquement.
Voir : [1.5.5 Pré-impression](#)

La procédure de contrôle correspond en principe à la procédure avec [KSEP311](#).

Voir : [3.3.2 Poussière: Pmax, Kmax](#)

Info		Table		Curve		Graph		Audit		
curve	ok	test	series	conc.	Pm	dP/dt	tv	IE	Tu	Pu
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	60	8.7	160	600	10kJ	(29°)	(958)
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1	125	8.9	160	600	10kJ	29°	(958)
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	3	1	250	9.1	169	600	10kJ	(29°)	958
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	4	1	500	9.4	169	600	10kJ	29°	1012

La température du réservoir **Tu** et la pression ambiante **Pu** sont enregistrées à chaque essai.
Leur influence sur Pex et dP/dt est corrigée selon vos indications.

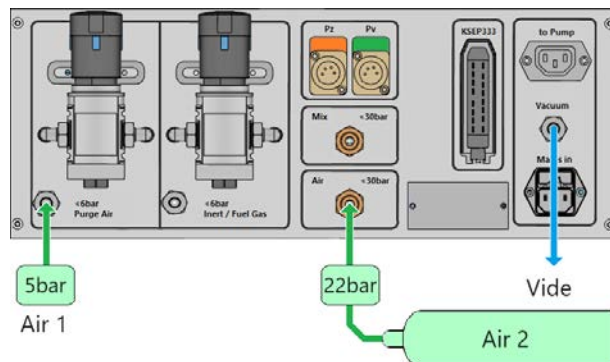
Si les valeurs sont indiquées entre parenthèses, cela signifie qu'aucune correction n'a été effectuée pour Tu ou Pu.

4. Méthodes d'essai pour les poussières

4.1 Règles générales

Préparation de l'échantillon : le produit doit être soigneusement séché, par ex. 24 heures à 50°C sous vide ou 24 heures à 75°C sous pression atmosphérique. L'échantillon doit être préparé de manière à ce que la valeur médiane **M** soit **< 63 µm**. Dans certaines circonstances, l'analyse peut également être effectuée à l'état de livraison.

4.1.1 Dispositif de contrôle



Air 1 (maximum 6 bar)

Cet air comprimé, généralement issu du réseau d'air comprimé du laboratoire, est utilisé pour le réglage du mélange gazeux dans la sphère et pour le nettoyage. Régler la surpression à **1 bar** à l'aide du régulateur de pression situé au-dessus (affichage = 1 bar). Maximum 2 bar de surpression = 3 bar, absolu !

Air 2 (22 bar)

Cet air comprimé est utilisé comme air de commande pour la soupape et pour le remplissage du réservoir de poussière. La pression précise de la chambre de précompression de 21 bars absolus est réglée par le système. C'est pourquoi la pression réduite à partir de la bouteille doit être légèrement supérieure :

Valeur nominale = **22 bar** Surpression = 23 bar, absolu.

Seul l'air comprimé normal du compresseur provenant de bouteilles peut être utilisé. Avec de l'air comprimé synthétique, on mesure des caractéristiques d'explosion très différentes.

La pression dans la bouteille doit être d'au moins 40 bar.

Vide:

Avant le début de chaque essai, l'appareil de 20 l est mis sous vide, afin d'obtenir à nouveau une pression normale (1013 mbar abs.) comme pression de départ pour l'explosion de poussière après l'expansion de l'air du réservoir de poussière.

4.2 Poussières - caractéristiques : P_{max} , $(dP/dt)_{max}$, K_{max}

Normes: EN 14034-1&2, ASTM E1226

4.2.1 Conditions d'essai

Procédure de contrôle (procedure)	= poussière : P_{max}, K_{max}
Source d'inflammation	= Allumeurs chimiques
Energie d'allumage ZE	= 2 x 5 kJ
Temps de retard à l'allumage tv	= 60 ms

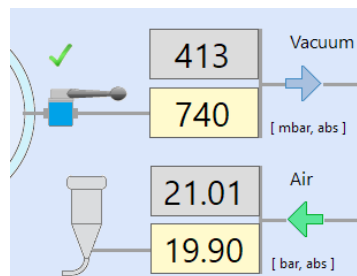
4.2.2 Mode opératoire

Paramètres

series	[g/m ³]	[g/20 l]	tv [ms]	IE [J]
1	250	5.0	60	10k

Préparation

Évacuer la sphère et remplir la préchambre.



Dans une première série d'essais, la pression maximale d'explosion et l'augmentation maximale de la pression dans le temps sont déterminées. En commençant par une faible concentration de poussière de 60g/m³ (1,2g / 20-l), la concentration de poussière est augmentée par paliers jusqu'à ce que les valeurs maximales de la pression d'explosion et de l'augmentation de la pression dans le temps soient clairement enregistrées. Les niveaux suivants doivent être utilisés :

60 ; 125 ; 250 ; 500 ; 750 ; 1000 ; 1250 ; 1500 g/m³

Après la première série d'essais, seule la zone proche des optima (P_{max} , $(dP/dt)_{max}$) est contrôlée, c'est-à-dire que les essais à la concentration optimale et les essais au niveau de concentration immédiatement supérieur ou inférieur sont répétés. Un exemple :

(En supposant que les maxima de P_m et dP/dt sont respectivement de 250 et 500 g/m³)³

1ère série:	60,	125,	250,	500,	750,	1000 g/m ³
2ème série :		125,	250,	500,	750	
3ème série :		125,	250,	500,	750	

Calcul des caractéristiques d'explosion



La valeur caractéristique de la pression maximale d'explosion P_{max} et de l'augmentation maximale de la pression dans le temps $(dP/dt)_{max}$ est la **moyenne des valeurs maximales** de chaque série, appelée brièvement moyenne des maxima.

P_m [série n] = valeur maximale de chaque série

$$P_{max} = (P_m \text{ [série 1]} + P_m \text{ [série 2]} + P_m \text{ [série 3]}) / 3$$

$(dP/dt)_m$ [série n] = valeur maximale de chaque série

$$(dP/dt)_{max} = (dP/dt \text{ [série 1]} + dP/dt \text{ [série 2]} + dP/dt \text{ [série 3]}) / 3$$

$$K_{max} = 0,27144 \times (dP/dt)_{max}$$

Vérification des caractéristiques d'explosion

P_{max} est la moyenne des maxima de 3 séries.

Chacun des maxima ne doit pas s'écarter de plus de **10%** de **P_{max}** .

Dans le cas contraire, cette série doit être répétée !

$(dP/dt)_{max}$ est la moyenne des maxima de 3 séries.

Chacun des maxima ne doit pas varier plus que ce qui est indiqué ci-dessous.

Dans le cas contraire, cette série doit être répétée !

$(dP/dt)_{max}$	K_{max}	Écart
≤ 185	≤ 50	$\pm 30 \%$
186 - 370	51 - 100	$\pm 20 \%$
371 - 740	101 - 200	$\pm 12 \%$
> 740	> 200	$\pm 10 \%$

Cette vérification se fait automatiquement. Les séries erronées sont mises en évidence par une couleur rouge.

Résultats ... du test

dP/dt	Test: 11 (1)	60 [g/m3]	
	(A)	(B)	result
Pex	7.5	7.5	7.5 bar
Pm	7.9	7.9	7.9 bar
dP/dt	616	617	617 bar/s
Pd	0.60	0.62	0.61 bar
td	41	41	41 ms
tv	60	60	60 ms
t1	41	41	41 ms
tdi	14	14	14 ms

de la préparation

dP/dt	Test: 11 (1)	60 [g/m3]	
	setpoint	effective	FS [%]
Pv Vakuum [mbar]	413	414	0.1
Pz Luft [bar]	21.01	21.01	0.0
Pi berechnet* [mbar]	1013	1012*	

En complément des données caractéristiques de l'explosion, les résultats de la préparation peuvent être affichés. La pression initiale absolue P_i est calculée à partir des valeurs mesurées de P_v et P_z .

4.3 Poussière - Limite inférieure d'explosivité (LIE)

Normes: EN 14034-3, ASTM E1515

4.3.1 Conditions d'essai

Procédure de contrôle (procedure)	= Poussière : LIE
Source d'inflammation	= Allumeurs chimiques
Energie d'allumage ZE	= 2 x EN: 2 x 1kJ, ASTM: 1 x 2.5kJ
Temps de retard à l'allumage tv	= 60 ms

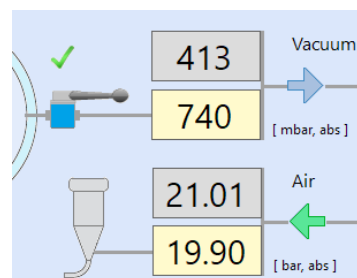
4.3.2 Mode opératoire

Paramètres

series	[g/m ³]	[g/20 l]	tv [ms]	IE [J]
1	30	0.6	60	2k

Préparation

Évacuer la sphère et remplir la préchambre.



EN 14034-3: Cette procédure doit commencer avec une concentration de poussières de 125 g/m³ ou toute autre concentration à laquelle une explosion se produit, et être répétée en réduisant par incréments de 50 % la concentration précédente, comme indiqué ci-dessous.

750; 500; 250; 125; 60; 30 g/m³

Cette procédure doit être répétée jusqu'à la concentration à laquelle aucune explosion ne se produit. La concentration maximale de poussière combustible pour laquelle il n'y a pas d'inflammation lors de trois essais consécutifs est indiquée comme étant la limite inférieure d'explosivité (LIE).

ASTM E1515 exige pour le calibrage: la LIE doit correspondre à $\pm 10\%$ ou à 5 g/m³, la valeur la plus élevée étant retenue. Nous recommandons donc de réduire l'incrément des concentrations de poussière dans la zone d'allumage/non-allumage à **5 g/m³**.

Évaluation (EN-14034-3 avec ZE = 2 x 1kJ)

Pex [bar]	Pm [bar]	Décision :
< 0.5	< 0.2	pas de Inflammation
≥ 0.5	≥ 0.2	Inflammation



Cette disposition est par nature très sensible aux résidus de produits des essais précédents. C'est pourquoi il s'est avéré utile d'intercaler entre chaque essai avec poussière, un essai à blanc (uniquement allumeur, mais sans poussière) afin d'éliminer les résidus après le nettoyage.

4.4 Poussière - Explosivité

Normes: ISO/IEC 80079-20, ASTM E1226

4.4.1 Conditions d'essai

Procédure de contrôle (procedure) = **Poussière : Explosivité**
 Source d'inflammation = Allumeurs chimiques
 Energie d'allumage ZE = **ISO/IEC: 2 x 1kJ, ASTM: 1 x 2.5kJ**
 Temps de retard à l'allumage tv = 60 ms

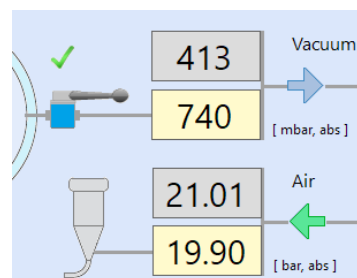
4.4.2 Mode opératoire

Paramètres

series	[g/m ³]	[g/20 l]	tv [ms]	IE [J]
1	30	0.6	60	2k

Préparation

Évacuer la sphère et remplir la préchambre.



Avant chaque essai, la sphère et le réservoir de poussière doivent être soigneusement nettoyés. En règle générale, les concentrations de poussières de 30 g/m³ ... 2000 g/m³ sont étudiées :

p.ex. 30, 60, 125, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 g/m³

Évaluation (ISO/IEC 80079-20 avec ZE = 2 x 1kJ)

Pex [bar]	Pm [bar]	Décision :
< 0.5	< 0.2	pas de Inflammation
≥ 0.5	≥ 0.2	Inflammation



Une poussière qui ne peut pas être amenée à exploser sur une large plage de concentration (30 ... 2000 g/m³) avec une énergie d'allumage de ZE = 2 x 1 kJ (allumeurs chimiques) est classée comme **non explosible par la poussière**.

Cela signifie que la poussière ne peut très probablement pas exploser du tout, ou seulement en appliquant une énergie d'allumage encore plus forte (ZE > 2 kJ).



Seuils de décision pour une inflammation:

ISO/IEC 80079-20, 20-I- Sphère, Pex ≥ (*Pression du allumeurs + 0.3 bar)

*Pression du allumeurs calculé (voir 1.4.2) = 0.3 bar -> Pex ≥ (Pm + 0.3) == 0.5 bar

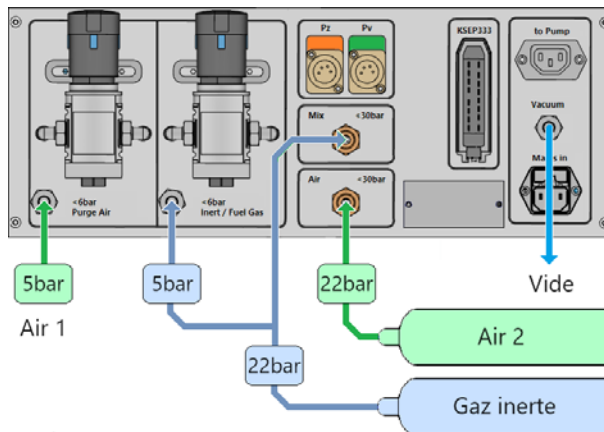
*Pression du allumeurs mesuré, typique = 0.2 bar -> Pex ≥ (0.2 + 0.3) == 0.5 bar

4.5 Poussière - Concentration limite en oxygène (CLO)

Normes: EN 14034-4, ASTM E2931

Le mélange gaz inerte/air est généré automatiquement dans la sphère et dans le réservoir de poussière selon le procédé de pression partielle.

4.5.1 Dispositif de contrôle



Air 1 (maximum 6 bar)

Cet air comprimé, généralement issu du réseau d'air comprimé du laboratoire, est utilisé pour le réglage du mélange gazeux dans la sphère et pour le nettoyage. Régler la surpression à **1 bar** à l'aide du régulateur de pression situé au-dessus (affichage = 1 bar). Maximum 2 bar de surpression = 3 bar, absolu !

Air 2 (22 bar)

Cet air comprimé est utilisé comme air de commande pour la soupape et pour le remplissage du réservoir de poussière. La pression précise de la chambre de précompression de 21 bars absolus est réglée par le système. C'est pourquoi la pression réduite à partir de la bouteille doit être légèrement supérieure :

Valeur nominale = **22 bar** Surpression = 23 bar, absolu.

Gaz inerte (22 bar)

Ce gaz est utilisé pour remplir le réservoir de poussière. La pression précise de la chambre de précompression de 21 bars absolus est réglée par le système. C'est pourquoi la pression réduite à partir de la bouteille doit être légèrement supérieure :

Valeur nominale = **22 bar** Surpression = 23 bar, absolu.

Gaz inerte (maximum 6 bar)

Ce gaz est utilisé pour régler le mélange de gaz dans la sphère. La pression à partir de la bouteille doit encore être réduite à environ 5 bars. Régler ensuite la surpression à **1 bar** avec le régulateur de pression situé au-dessus (affichage = 1 bar). Maximum 2 bar de surpression = 3 bar, absolu.

Vide:

Avant le début de chaque essai, l'appareil de 20 l est mis sous vide, afin d'obtenir à nouveau une pression normale (1013 mbar abs.) comme pression de départ pour l'explosion de poussière après l'expansion de l'air du réservoir de poussière.

4.5.2 Conditions d'essai

Procédure de contrôle (procedure)	= Poussière : CLO
Source d'inflammation	= Allumeurs chimiques
Energie d'allumage ZE	= EN: 2 x 1kJ, ASTM: 1 x 2.5kJ
Temps de retard à l'allumage tv	= 60 ms

4.5.3 Mode opératoire

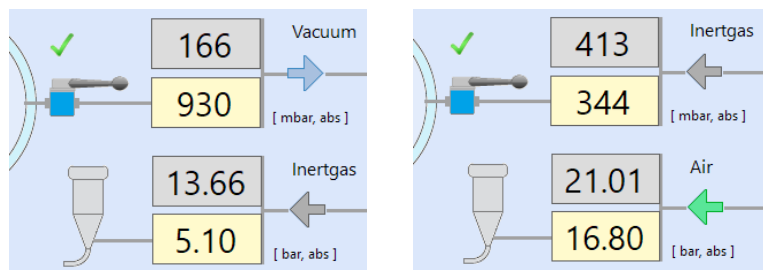
Paramètres

O₂ [%] = Concentration en oxygène

Les bouteilles de gaz inerte bon marché contiennent une teneur résiduelle en oxygène.

Préparation

même concentration d'oxygène dans sphère et préchambre



Méthode 1 (EN-14034-4): Après une première série d'essais dans l'air normal (O₂ = 21%), des mesures sont effectuées sur une large plage de concentration de la poussière, par exemple à 15% d'O₂.

Si ces essais sont positifs, une valeur limite peut être estimée en extrapolant les deux valeurs dP/dt_{max} vers 0. Pour cette valeur, des essais d'explosion sont alors réalisés sur une large plage de concentration de la poussière. S'ils sont positifs, les essais sont répétés avec une teneur en O₂ réduite de 1%, s'ils sont négatifs, avec une teneur en O₂ augmentée de 1%, et ils sont poursuivis dans ce sens jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'inflammation des mélanges poussière/air.

3 essais de non-inflammation doivent être effectués par concentration de poussière.

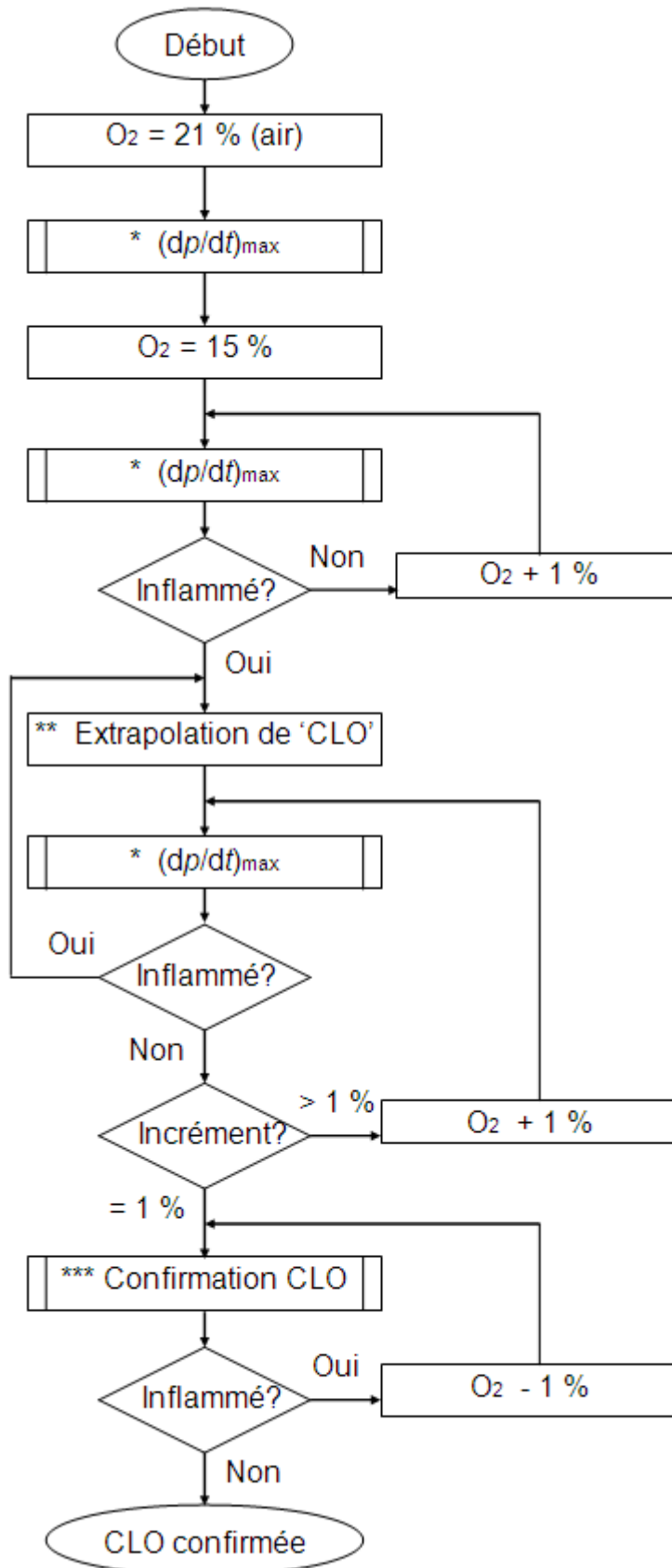
Évaluation (EN-14034-4 = 2 x 1kJ)

P _{ex} [bar]	P _m [bar]	Décision :
< 0.5	< 0.2	pas de Inflammation
≥ 0.5	≥ 0.2	Inflammation



Lorsque la teneur en oxygène diminue, la concentration optimale se déplace vers des valeurs plus basses. Les essais doivent être poursuivis dans ce domaine en particulier.

Méthode 1 (EN-14034-4)

*** (dp/dt)_{max}- Détermination**

Détermination de (dp/dt)_{max} par modification de la concentration de poussière. Les étapes suivantes doivent être utilisées:

60, 125, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500g/m³

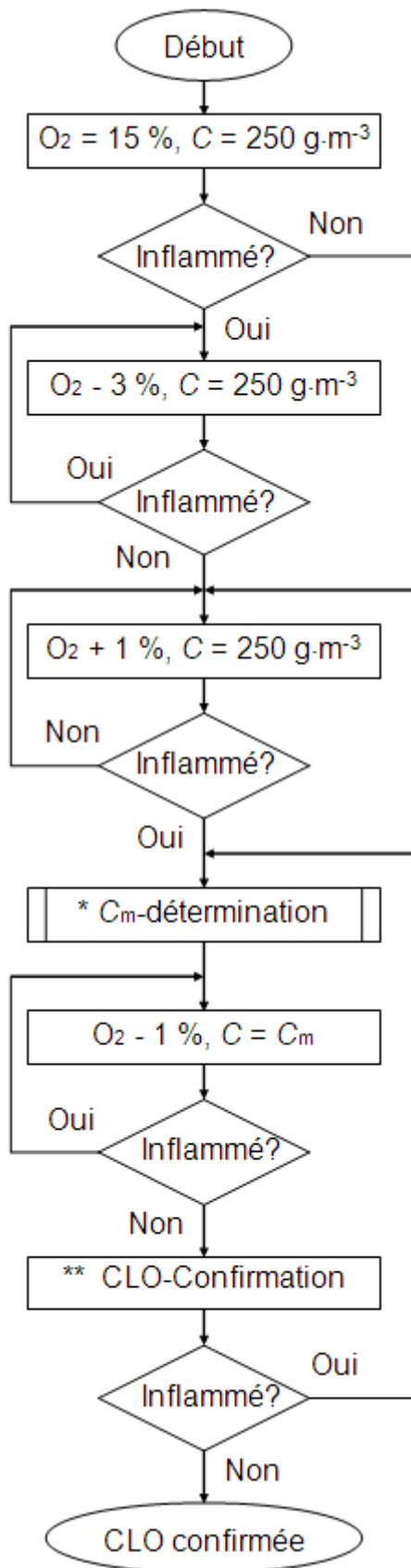
Pour la plupart des poussières, commencer par une concentration de poussières de 500g/m³.

**** Extrapolation de CLO**

Les valeurs de (dp/dt)_{max} sont tracées sur O₂ afin d'obtenir une estimation de la CLO par extrapolation linéaire à (dp/dt)_{max} = 0 bar/s.

***** Confirmation CLO**

Confirmation de CLO par 3 essais sans inflammation à chaque concentration de poussière qui a entraîné une explosion à une concentration d'O₂ supérieure de 1%.

Méthode 2 (EN-14034-4)

Pour la plupart des poussières, il est conseillé de commencer avec une concentration de poussière de $C = 250 \text{ g/m}^3$ et une concentration d'oxygène de 15%..

*** Cm-détermination**

C_m est la concentration de poussières à laquelle, à chaque concentration d'O₂ donnée la pression d'explosion maximale P_{ex} se produit

Les étapes suivantes sont à utiliser:

60, 125, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500g/m³

***** CLO-confirmation**

Confirmation de CLO par 3 essais sans inflammation à chaque concentration de poussière qui a entraîné une explosion à une concentration d'O₂ supérieure de 1%.

Résultats ... de l'essai

dP/dt	Test: 20 (1)	1250 [g/m3]	
	(A)	(B)	result
Pex	7.5	7.5	7.5 bar
Pm	7.9	7.9	7.9 bar
dP/dt	619	618	619 bar/s
Pd	0.60	0.60	0.60 bar
td	42	42	42 ms
tv	60	60	60 ms
t1	40	40	40 ms
tdi	13	13	13 ms

de la préparation

dP/dt	Test: 20 (1)	1250 [g/m3]	
	setpoint	effective	FS [%]
Pv vide [mbar]	166	164	-0.2
Pv gaz inerte [mbar]	413	415	0.2
Pz air [bar]	8.43	8.44	0.0
Pz gaz inerte [bar]	21.01	21.06	0.2
Pi calculé* [mbar]	1013	1016*	
O2 calculé* [vol%]	9.0	8.9*	
gaz inerte O2 [vol%]	1.0		

Les imprécisions lors de la préparation et les fuites de la sphère peuvent influencer le mélange. En mesurant avec précision les pressions absolues dans la sphère et la préchambre, il est possible de calculer le mélange gazeux effectif. [La concentration d'oxygène calculée est reportée dans le tableau.](#)

Cela vaut également pour les méthodes d'essai "mélange hybride" et "gaz".

Avantages

- Une seule bouteille de gaz inerte est nécessaire pour toutes les concentrations d'O2.
- La concentration d'oxygène est la même dans la sphère et dans la préchambre.
- Il faut s'attendre à des falsifications dues à des fuites.
- Les pressions absolues mesurées pendant la préparation sont connues.
- La concentration d'oxygène calculée est donc beaucoup plus précise.
- La préparation du mélange gazeux est très rapide.

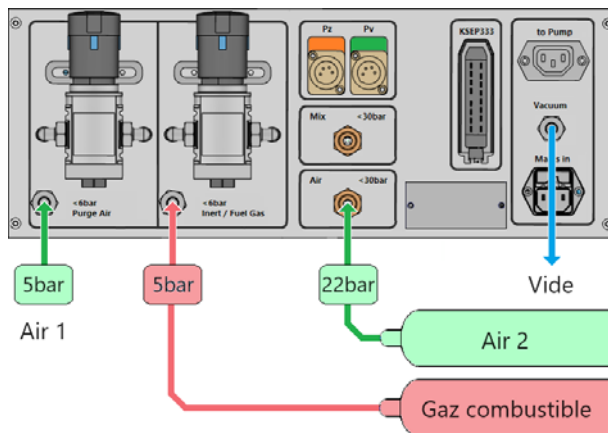
Précision selon EN-14034-4 : Mesure de l'O2 $\pm 0,1\%$ de fraction volumique
 Tolérance O2 $\pm 0,3\%$ de fraction volumique
 Incréments d'O2 = 1

Pour les réglages de mélange selon la méthode de pression partielle, il faut donc une tolérance de $\pm 0,3\%$ doit être respectée.

Il faut donc vérifier de temps en temps la teneur en O2 pour différents réglages d'O2.

5. Méthodes pour les mélanges hybrides

5.1 Dispositif de contrôle



Air 1 (maximum 6 bar)

Cet air comprimé, généralement issu du réseau d'air comprimé du laboratoire, est utilisé pour le réglage du mélange gazeux dans la sphère et pour le nettoyage. Régler la surpression à **1 bar** à l'aide du régulateur de pression situé au-dessus (affichage = 1 bar). Maximum 2 bar de surpression = 3 bar, absolu !

Air 2 (22 bar)

Cet air comprimé est utilisé comme air de commande pour la soupape et pour le remplissage du réservoir de poussière. La pression précise de la chambre de précompression de 21 bars absolus est réglée par le système. C'est pourquoi la pression réduite à partir de la bouteille doit être légèrement supérieure :

Valeur nominale = **22 bar** Surpression = 23 bar, absolu.

Seul l'air comprimé normal du compresseur provenant de bouteilles peut être utilisé. Avec de l'air comprimé synthétique, on mesure des caractéristiques d'explosion très différentes.

La pression dans la bouteille doit être d'au moins 40 bar.

Gaz combustible (maximum 6 bar)

Ce gaz est utilisé pour régler le mélange de gaz dans la sphère. La pression à partir de la bouteille doit d'abord être réduite à environ 5 bars. Régler ensuite la surpression à **1 bar** avec le régulateur de pression situé au-dessus (affichage = 1 bar). Maximum 2 bar de surpression = 3 bar, absolu!

Vide:

Avant le début de chaque essai, l'appareil de 20 l est mis sous vide, afin d'obtenir à nouveau une pression normale (1013 mbar abs.) comme pression de départ pour l'explosion de poussière après l'expansion de l'air du réservoir de poussière.

5.2 Valeurs caractéristiques: P_{max} , $(dP/dt)_{max}$, K_{max}

Pour la création des mélanges hybrides, du propane, gaz combustible de substitution pour les vapeurs de solvants, est ajouté à l'air de combustion en concentrations graduelles.

5.2.1 Conditions d'essai

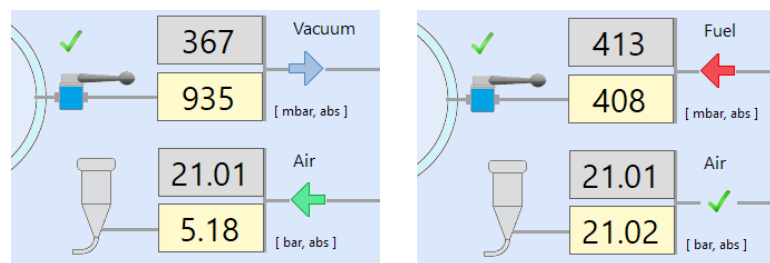
Procédure de contrôle (procedure)	= hybride : P_{max}, K_{max}
Source d'inflammation	= Allumeurs chimiques
Energie d'allumage ZE	= 2 x 5 kJ
Temps de retard à l'allumage tv	= 60 ms
Pression d'atomisation Pz	= 20 bar (21 bar absolu, pré-évacuation)

5.2.2 Mode opératoire

Paramètres

series	[g/m ³]	[g/20 l]	C3H8 [%V/V]	tv [ms]	IE [J]
1	125	2.5	4.5	60	10k

Préparation



Après la première analyse dans l'air normal (voir [4.2 Caractéristiques des poussières](#)), les essais sont répétés avec une proportion supplémentaire de gaz combustible dans l'air normal. Les essais se déroulent à nouveau sur une large plage de concentrations de poussières jusqu'à ce que les valeurs maximales du mélange hybride soient nettement dépassées. Ensuite, deux autres séries d'essais doivent être réalisées, comme décrit ci-dessus.

La concentration de gaz combustible choisie est celle qui est importante pour l'évaluation de la sécurité. Si aucune exigence n'est posée, il est judicieux d'effectuer les analyses sur une large proportion de gaz combustible. Cela permet d'obtenir les valeurs maximales du mélange hybride.



Les valeurs maximales du mélange hybride s'établissent à la concentration optimale de gaz combustible pour la valeur K_{max} . Pour le propane, cette concentration est d'environ 4,25 - 4,5%.

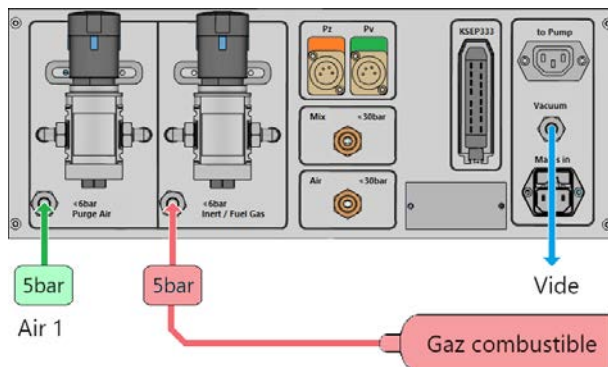
Résultat de la préparation

Les imprécisions lors de la préparation et les fuites de la sphère peuvent influencer le mélange. En mesurant précisément les pressions absolues dans la sphère, il est possible de calculer le mélange de gaz effectif. [La concentration de gaz calculée est reportée dans le tableau.](#)

dP/dt Test: 14 (1) 250 [g/m ³]			
	setpoint	effective	FS [%]
Pv Vakuum [mbar]	367	368	0.1
Pv Brenngas [mbar]	413	413	0.0
Pz Luft [bar]	21.01	21.01	0.0
Pi berechnet* [mbar]	1013	1013*	
Gas berechnet* [vol%]	4.5	4.5*	

6. Méthode d'essai pour les gaz (au repos)

6.1 Dispositif de contrôle



Air 1 (maximum 6 bar)

Cet air comprimé, généralement issu du réseau d'air comprimé du laboratoire, est utilisé pour le réglage du mélange gazeux dans la sphère et pour le nettoyage. Régler la surpression à **1 bar** à l'aide du régulateur de pression situé au-dessus (affichage = 1 bar). Maximum 2 bar de surpression = 3 bar, absolu !

Gaz combustible (maximum 6 bar)

Ce gaz est utilisé pour régler le mélange de gaz dans la sphère. La pression à partir de la bouteille doit d'abord être réduite à environ 5 bars. Régler ensuite la surpression à **1 bar** avec le régulateur de pression situé au-dessus (affichage = 1 bar). Maximum 2 bar de surpression = 3 bar, absolu !

Vide:

Avant le début de chaque essai, l'appareil de 20 l est mis sous vide, afin d'obtenir à nouveau une pression normale (1013 mbar abs.) comme pression de départ pour l'explosion de poussière après l'expansion de l'air du réservoir de poussière.



La détermination des caractéristiques d'explosion peut en principe se faire soit à l'état de repos, soit à l'état turbulent des mélanges gaz (vapeur de solvant)/air. Dans ce qui suit, on part du principe que les mélanges gazeux se trouvent à l'état de repos au moment de l'inflammation. C'est pourquoi un bouchon est vissé à la place du dispositif de répartition des poussières, qui ferme l'appareil de manière étanche vers le bas.

6.2 Gaz - caractéristiques

Il est d'usage de déterminer les caractéristiques d'explosion des gaz et des vapeurs de solvants, dans la mesure du possible, à température ambiante et à pression normale, et d'utiliser comme source d'allumage un éclateur permanent dont l'énergie est de l'ordre de 10 J.

Les mélanges gaz/air souhaités peuvent être facilement créés selon la méthode de la pression partielle. Il s'est avéré utile de vérifier de temps en temps le mélange gaz/air ainsi obtenu à l'aide d'instruments de mesure appropriés.

Lors des analyses au repos, l'ajout de combustible se fait directement dans la sphère de 20 litres et non par le biais du réservoir de poussière. Il n'y a donc pas de pression d'expansion de l'air du réservoir ($P_d = 0$ bar). C'est pourquoi il faut définir $t_v = 0$ ms. Le signal d'allumage est alors émis immédiatement après le déclenchement de l'expérience et l'évaluation de P_d et t_d est supprimée.

6.2.1 Conditions d'essai

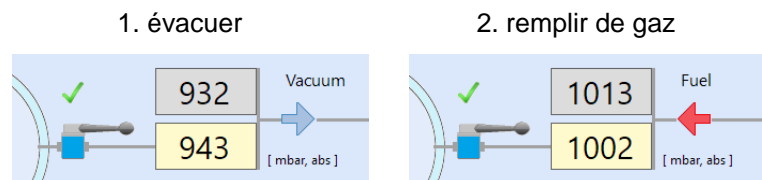
Procédure de contrôle (procedure)	= gaz : Pmax, Kmax, LIE
Source d'inflammation	= éclateur permanent
Energie d'allumage ZE	= 10 J
Temps de retard à l'allumage t_v	= 0 ms

6.2.2 Procédure d'essai : Pmax, Kmax

Paramètres

series	[%V/V]	t_v [ms]	IE [J]
1	8	0	10

Préparation de la sphère



Dans une première série d'essais, la pression maximale d'explosion et l'augmentation maximale de la pression dans le temps sont déterminées sur une large plage de concentration de gaz. En partant d'une concentration de gaz supérieure à la LIE, on augmente ou on diminue la concentration de gaz par étapes de 1% au maximum, jusqu'à ce que les valeurs maximales de la pression d'explosion et de l'augmentation de la pression dans le temps soient clairement enregistrées.

Après la première série d'essais, seule la zone proche des optima (P_{max} , $(dP/dt)_{max}$) est contrôlée, c'est-à-dire que les essais à la concentration optimale et les essais au niveau de concentration immédiatement supérieur ou inférieur sont répétés. Un exemple :

(En supposant que les maxima de P_m et dP/dt se situent à 4,5%)

1ère série:	2.0,	3.0,	3.5,	4.0,	4.5,	5.0,	5.5 %
2ème série :				4.0,	4.5,	5.0	
3ème série :				4.0,	4.5,	5.0	

Calcul des caractéristiques d'explosion



La valeur caractéristique de la pression maximale d'explosion P_{max} et de l'augmentation maximale de la pression dans le temps $(dP/dt)_{max}$ est la **moyenne des valeurs maximales** de chaque série, appelée brièvement moyenne des maxima.

P_m [série n] = valeur maximale de chaque série

$$P_{max} = (P_m \text{ [série 1]} + P_m \text{ [série 2]} + P_m \text{ [série 3]}) / 3$$

$(dP/dt)_m$ [série n] = valeur maximale de chaque série

$$(dP/dt)_{max} = (dP/dt \text{ [série 1]} + dP/dt \text{ [série 2]} + dP/dt \text{ [série 3]}) / 3$$

$$K_{max} = 0,27144 \times (dP/dt)_{max}$$

6.2.3 Procédure d'essai : Limite inférieure d'explosivité (LIE)

La série d'expériences est commencée avec un multiple de 0,25%, par exemple 2 ou 3%.

La série d'essais est poursuivie en augmentant systématiquement la concentration de gaz jusqu'à ce qu'une inflammation du mélange gaz/air se produise. Ensuite, les essais sont poursuivis avec une concentration de gaz inférieure de 0,25% et la concentration est réduite jusqu'à ce que l'on atteigne la concentration à laquelle il n'y a justement plus d'explosion au cours de **trois** essais successifs.

Pour détermination de **limite supérieure d'explosivité LSE**, il convient de procéder par analogie.

Pour obtenir une valeur exacte, les essais doivent être étendus à un total de trois non-allumages par concentration.

Évaluation (ZE = 10 J)

Pex [bar]	Pm [bar]	Décision :
< 0.1	< 0.1	pas de Inflammation
≥ 0.1	≥ 0.1	Inflammation



La LIE ou la LSE est la concentration qui ne provoque justement plus d'explosion dans 3 essais consécutifs. Si cette procédure n'est effectuée qu'une seule fois (1 essai négatif), la valeur doit être indiquée comme LIE ou LIE = environ ...%

Résultat de la préparation

Les imprécisions lors de la préparation et les fuites de la sphère peuvent influencer le mélange. En mesurant précisément les pressions absolues dans la sphère, il est possible de calculer le mélange de gaz effectif. [La concentration de gaz calculée est reportée dans le tableau.](#)

dP/dt Test: 15 (1) 4.0 [%V/V]			
	setpoint	effective	FS [%]
Pv Vakuum [mbar]	972	972	0.0
Pv Brenngas [mbar]	1013	1013	0.0
Gas berechnet* [vol%]	4.0	4.0*	

7. Utilitaires

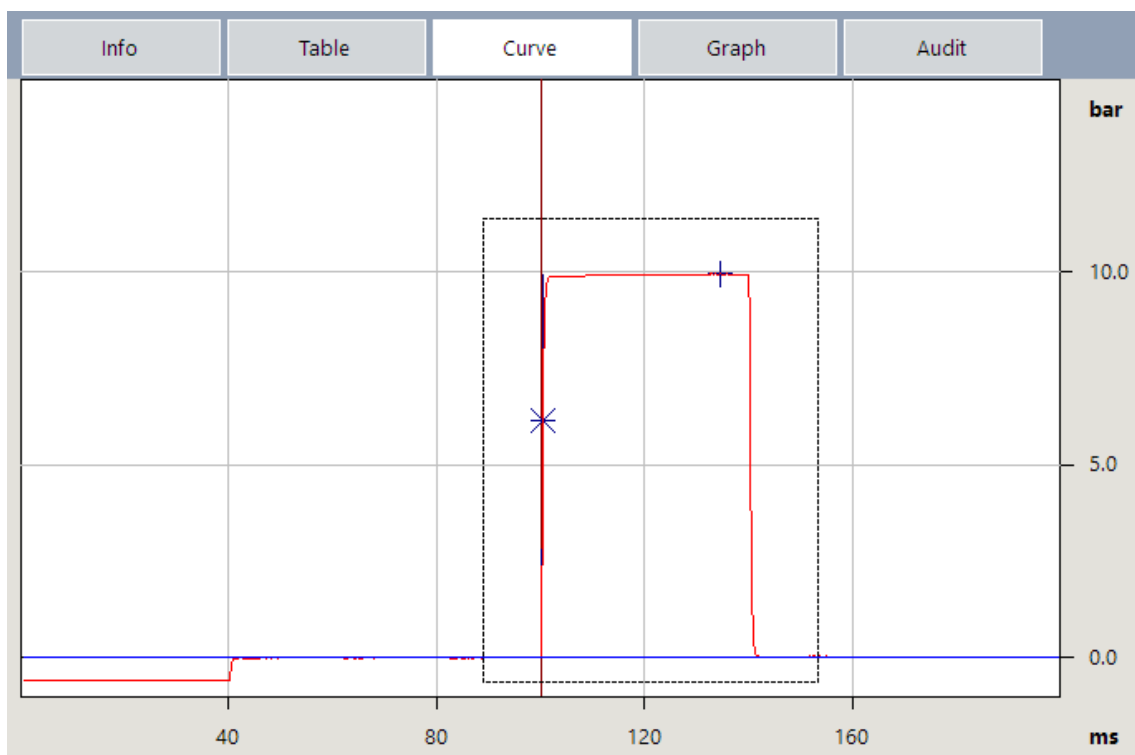
7.1 Calibrage

Tous les composants sont calibrés en usine par les fabricants. En cas de suspicion de dysfonctionnement, il est possible de le vérifier à l'aide de moyens intégrés.

Mesure dynamique de la pression :

La sensibilité des capteurs de pression [pC/bar] est réglée numériquement via IO-Link.

Le système se compose de deux canaux de mesure indépendants. Tant que les deux coïncident, on peut supposer que les valeurs mesurées sont correctes. En cas d'absence de concordance, l'amplificateur de charge peut être facilement contrôlé. Pour cela, il suffit de relier l'entrée de mesure à la sortie de contrôle "Test", de sélectionner la procédure "Test de l'amplificateur de charge" et de lancer la procédure de contrôle.



P_{ex} doit alors être de 10,0 bar ±0,2 bar.

Ce test avec un signal de charge rectangulaire montre également que le système de mesure est tout à fait capable de mesurer un dP/dt de 20'000 bar/s.

P _{ex}	10.0	bar
P _m	10.9	bar
dP/dt	23435	bar/s
P _d	0.59	bar
t _d	40	ms
t _v	60	ms

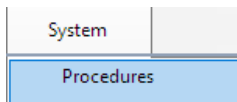
Mesure de la pression statique (P_v) :

Dans le "Setup", il faut saisir l'altitude au-dessus du niveau de la mer de votre appareil.

La pression statique actuelle et la valeur calculée par rapport au niveau de la mer sont affichées dans le pied de page du programme. En comparaison avec les données météorologiques actuelles, cette valeur devrait correspondre (± 6 hPa).

966 mbar	Barometric pressure at sea level = 1011 [hPa]
----------	---

7.2 Procédures



Le regroupement des essais par procédure de contrôle facilite considérablement le travail avec l'appareillage, car tant les paramètres expérimentaux que les représentations graphiques sont très différents.

The screenshot shows a software interface for configuring test procedures. It includes the following elements:

- Buttons:** "... of current KSEP-file" (selected) and "... for a new KSEP-file".
- Ignition Source:** "Chemische Zünder" (selected).
- IE [J]:** "10k" (selected).
- tv [ms]:** "60" (selected).
- Fuel:** "Staub" (selected).
- Parameter (XPar):** Fields for "name", "unit", and "maximum".
- Criterion:** "no ignition (no explosion):".
 - Pex [bar] < "2.0" (selected).
 - Pm [bar] < "0.4" (selected).
- Calculate:**
 - ☒ Pmax
 - ☒ dP/dt
 - ☒ Kmax
 - ☒ t1 min
 - ☐ UEG
 - ☐ SGK
- Graphs:** Two line graphs showing "Pm" and "dP/dt" vs. "Conc.". Both graphs show a peak in the data.
- Tests:** "mean" (selected) and "maxima" (available).
- Interpolate:** "linear" (selected).

current KSEP-file Les paramètres d'expérimentation du fichier **actuel** sont affichés et peuvent être adaptés. Les modifications sont directement transférées dans le fichier.

new fichier KSEP Il s'agit des paramètres généraux de l'essai. A chaque **nouvel** essai, ces paramètres sont automatiquement repris.



Retour aux paramètres d'usine recommandés.
(uniquement pour "new KSEP-file")



Pour le **réservoir de 1m3** avec vanne électro-pneumatique, le temps de retard à l'allumage standard $t_v = 600\text{ms}$ doit être adapté au temps de retard de la vanne.

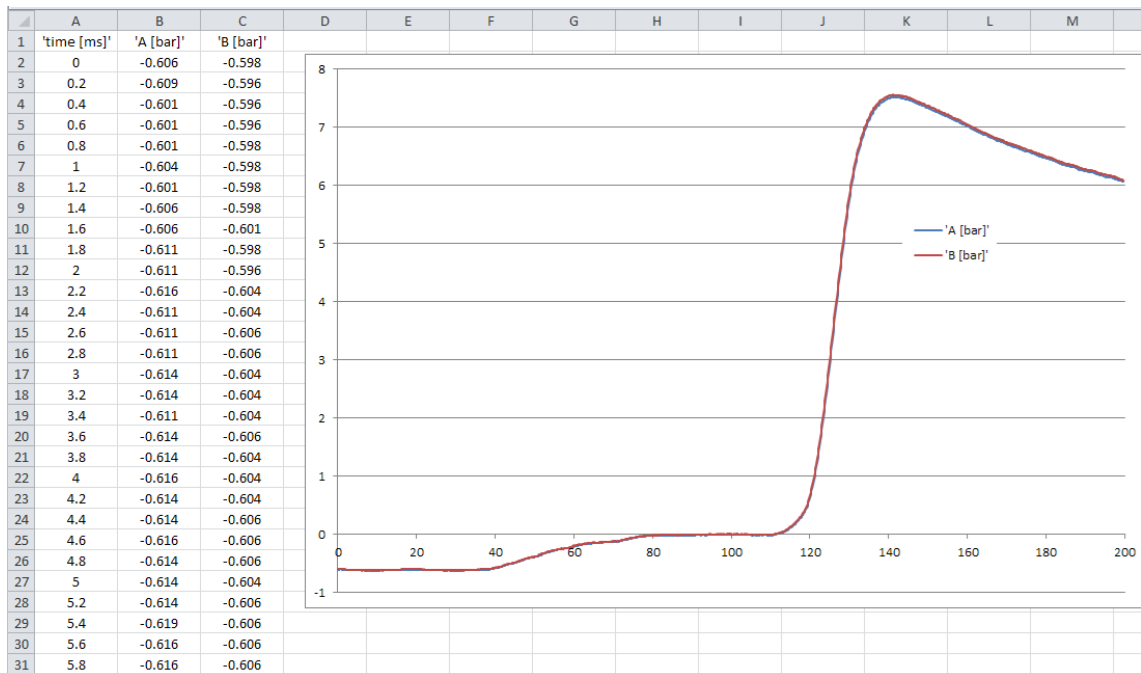
7.3 Exportation



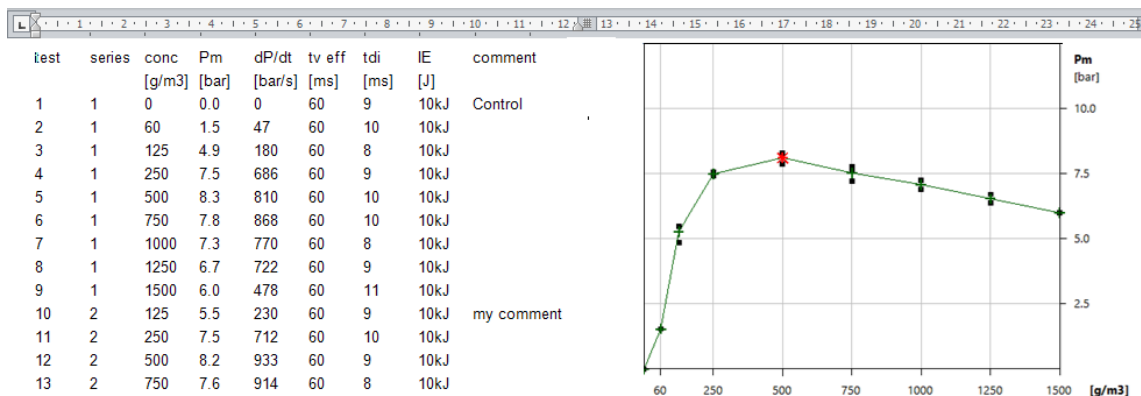
Les données et les graphiques peuvent être exportés très facilement vers d'autres programmes. Sélectionnez d'abord la procédure à exporter.

Les données sont copiées dans le presse-papiers de Windows selon vos instructions et peuvent ensuite être facilement insérées dans d'autres programmes Windows, par exemple Excel, Word.

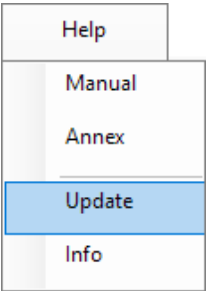
Excel



Word



7.4 Mise à jour



Le menu "Help - Update" n'est disponible que pour les utilisateurs ayant des droits d'administrateur ou de service. Il est recommandé de vérifier périodiquement les *mise*s à *jour* du logiciel KSEP.

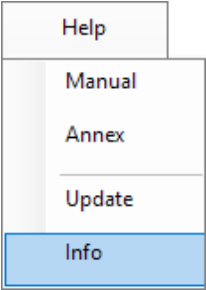
Internet: Votre PC est connecté à Internet.
La mise à jour peut être exécutée directement.

Drive: votre PC n'est pas connecté à Internet.
Les participants à l'essai annuel d'étalonnage CaRo reçoivent une clé USB contenant les dernières mises à jour du logiciel. Ensuite, entrer le répertoire contenant la clé USB, par exemple *G:\Updates*, dans le *champ Drive* et démarrer la mise à jour.



La mise à jour se fait automatiquement.
Les paramètres actuels du logiciel sont conservés.

7.5 Info



Cet utilitaire affiche un aperçu des données les plus importantes concernant vos entrées, la date de sortie des fichiers et des informations sur votre PC et son système d'exploitation.

Pour les problèmes de logiciel, veuillez copier ces informations dans le presse-papiers, les coller dans un e-mail et les envoyer avec une description du problème à :

info@cesana-ag.ch

titel	KSEP 8.0
generation	KSEP80
date of setup	05.08.2023
your plant	Cesana AG
your site	Bettingen
your e-mail	info@cesana-ag.ch
release:	year - calendar week
Update_c.exe	2023 - 31
KSEP8.exe	2024 - 38

system:	
OS	Microsoft Windows 11 Pro
Platform	X64 (64bit)
PCAN-driver-version	PCAN_USB 4.2.0.16376
PCAN-API-version	4.4.0.288

8. Dépannage

8.1 Erreurs dans les résultats



P_{ex} et dP/dt dépendent de la concentration de poussière. Les étapes de la concentration de poussière sont assez grandes, par exemple 125, 250, 500, 750 g/m³. La concentration optimale de poussière se situe souvent entre les deux. La répartition et la concentration des poussières sont toutefois soumises à des variations. Nous en tenons compte en calculant la moyenne de trois séries. C'est pourquoi il n'est pas très utile de répéter les tests de l'appareillage avec une concentration de poussière toujours identique.



8.1.1 P_{max} trop élevée ou trop basse

La surpression maximale d'explosion P_{max} est le résultat de la combustion du combustible avec l'oxygène de l'air et est largement indépendante de la turbulence. En cas d'écart par rapport à la valeur attendue, les causes peuvent être les suivantes :

- a) Au moment de l'allumage, la sphère n'est pas à la pression atmosphérique (1013 mbar).
P_{max} est directement proportionnelle à la pression d'alimentation P_i = pression au moment de l'allumage.
Cause possible de l'erreur : perte de vide due à une fuite de la bille ?
- b) Influence de la température : la P_{max} diminue de manière pratiquement linéaire avec l'augmentation de la température. La cause en est la diminution de la teneur en oxygène.
En raison de la fréquence élevée des expériences, la sphère d'explosion doit être maintenue à une température de fonctionnement d'environ 20°C au moyen d'un refroidissement par eau.



8.1.2 K_{max} trop élevé ou trop bas

- a) Au moment de l'allumage, la sphère n'est pas à la pression atmosphérique (1013 mbar).
P_{max} est directement proportionnelle à la pression d'alimentation P_i = pression au moment de l'allumage.
Cause possible de l'erreur : perte de vide due à une fuite de la bille ?
- b) P_{max} est correct, K_{max} trop bas :
La turbulence lors de l'entrée de la poussière a une influence décisive sur la valeur K_{max}. Une diminution de la turbulence entraîne généralement un affaiblissement de la violence de l'explosion. Causes possibles :
 - Les trous de la buse d'impact sont-ils bouchés ?
 - Dépôts sur la paroi intérieure de la sphère ?
 - Chute de pression dans la préchambre, fuite ?
 - Délai des allumeurs tdi trop importante
 - Temps de retard à l'allumage t_v > 60ms
 - Soupape d'échappement encrassée ?

c) P_{max} est correct, K_{max} trop élevé :

La turbulence lors de l'entrée de la poussière a une influence décisive sur la valeur K_{max} .

Une augmentation de la turbulence a généralement pour conséquence un renforcement de la violence de l'explosion. Causes possibles :

- Influence de l'allumage : Vibrations superposées lors de l'augmentation de la pression ?
- Temps de retard à l'allumage $t_v < 60\text{ms}$



8.1.3 Différences entre les deux canaux de mesure de la pression

La sensibilité différente des capteurs de pression nécessite une adaptation des données de calibrage. Les capteurs de pression ont-ils été intervertis par erreur ?

Les réglages des données d'étalonnage correspondent-ils à la feuille d'étalonnage ?

Voir : [2. logiciel / setup 4 : appareillage](#)

La couche de protection en silicone sur les capteurs de pression a-t-elle durci ou est-elle même cassée ?

Voir la section : [Annexe : 2.4 Protéger la membrane des capteurs de pression](#)

Des isolateurs encrassés au niveau des connecteurs provoquent une dérive du signal de charge.

Voir : [8.3 Dérive du dispositif de mesure de la pression](#)



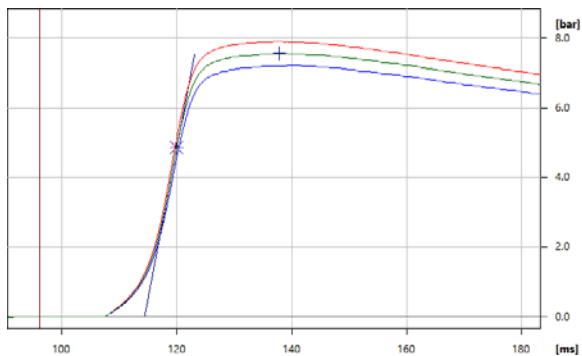
8.1.4 Allumeur non activé lors du déroulement normal de l'essai

La mesure du temps de retard à l'allumage t_v commence dès la première augmentation de pression dans la sphère.

La règle est donc la suivante : pas d'augmentation de la pression = pas d'allumage.

8.2 Erreur lors de la mesure de la pression

8.2.1 Erreur lors du calibrage

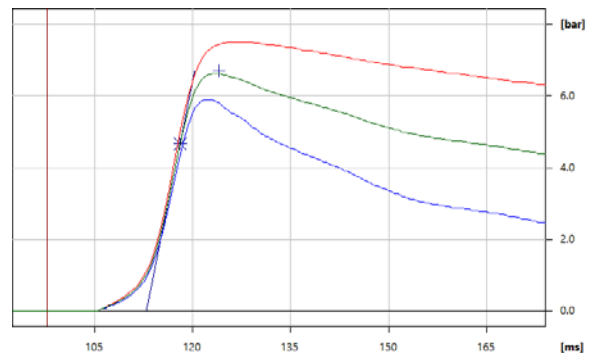


Les capteurs de pression ont-ils été intervertis par erreur ? Les réglages des données d'étalonnage sont-ils conformes à la feuille d'étalonnage ?

Voir la section : [Settings / Setup 4](#)

2. Piezoelectric pressure sensors		
2.1 Sensor A	Kistler 601	-36.8
2.2 Sensor B	Kistler 601	-37.2

8.2.2 Erreur due à la dérive



Des isolateurs encrassés au niveau des connecteurs des capteurs de pression piézoélectriques Kistler provoquent une dérive du signal de charge.

Voir la page : [Check / Capteurs piézoélectriques](#)

channel:	A	B	
maximum:	0.06	0.03	bar
current:	0.06	0.02	bar
minimum:	0.00	0.00	bar
drift:	0.06	0.03	bar/min

Limit for drift = 1bar/min = 0.05bar/3s

→ □

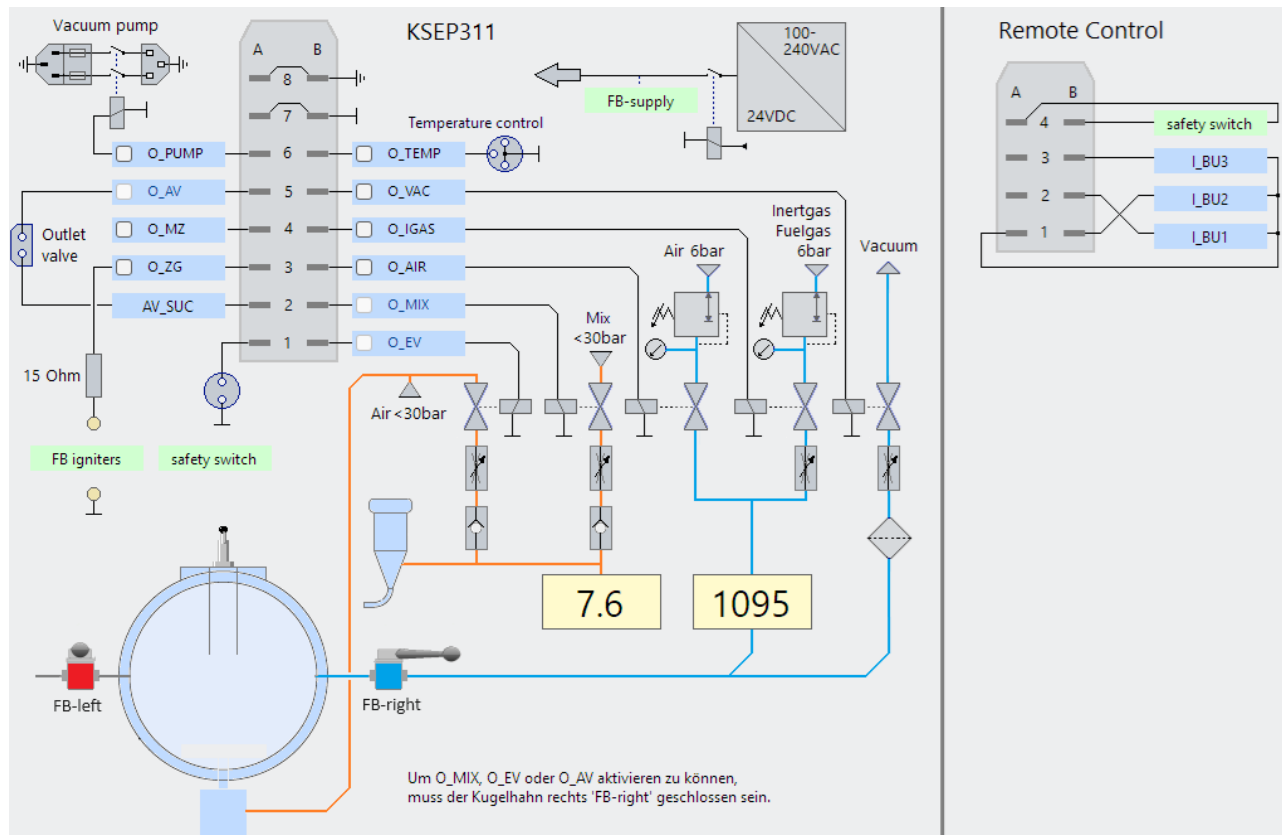
Ce programme de contrôle mesure la dérive. Si celle-ci est trop importante, le canal s'affiche en rouge.

Recommandation : rincer les connecteurs avec un spray de nettoyage (Kistler No. 1001A).

8.3 Erreurs de fonctionnement

Check / port IO

Ce programme de test permet un accès direct à toutes les entrées et sorties.



La soupape d'échappement (**O_AV**) n'est pas conçue pour un facteur de marche de 100%. Son activation est donc automatiquement limitée dans le temps.



La fonction de l'interrupteur de sécurité et de l'arrêt d'urgence sur la télécommande est désactivée. C'est pourquoi il faut faire attention: tous les raccords d'air comprimé doivent être hors pression !

9. Littérature

VDI-GL 2263	Feux de poussière et explosions de poussière, évaluation des risques et mesures de protection, Beuth-Verlag GmbH, Berlin et Cologne, 1986
W. Bartknecht	Dust Explosions ; Course, Prevention, Protection Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1989
R. Siwek	Caractéristiques des explosions et facteurs d'influence, Symposium international sur le contrôle et la prévention des explosions de poussières Bâle, 1982
ISO/DIS 6184/1	Norme internationale "Systèmes de protection contre les explosions", Partie 1 : Méthodes d'essai pour la détermination des indices d'explosion des fumées de combustibles dans l'air".
R. Siwek	Reliable Determination of the Safety Characteristics in 20-l-apparatus. Symposium on Flammable Dust Explosion ; St. Louis Missouri, USA, 1988
W. Bartknecht	Protection contre les explosions ; bases et application Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1993
G. Pellmont	Comportement à l'explosion et à l'inflammation de mélanges hybrides de poussières combustibles et de gaz combustibles. Thèse doctorat ETH Zürich, n° 6498, 1979
T. Glarner	Temperatureinfluss auf das Explosions- und Zündverhalten brennbarer Stäube, thèse de doctorat ETH Zurich, n° 7350, 1983
T. Glarner	Énergie minimale d'inflammation - Influence de la température Rapports VDI n° 494, pages 109-118, 1984
R. Siwek Ch. Cesana	Assessment of the fire and explosion hazard of combustible products for unit operations ; Butterworth - Heinemann, International conference, Singapore, 1993
R. Siwek Ch. Cesana	Comportement à l'allumage des fumées 28e Prévention des pertes, Atlanta, 1994
R. Siwek Ch. Cesana	Methods for Determination of the Explosion Characteristics according to international standards, Actes du "First International Seminar on Fire and Explosion Hazard of Substances, Venting of Deflagrations", 17-21 juillet, Moscou, Russie, 1995
EN 14034-1	Détermination des caractéristiques d'explosion des mélanges poussière/air Partie 1 : Détermination de la pression maximale d'explosion p_{max} Septembre 2004
EN 14034-2	Détermination des caractéristiques d'explosion des mélanges poussière/air Partie 2 : Détermination de l'augmentation maximale de la pression dans le temps $(dp/dt)_{max}$ Mai 2006
EN 14034-3	Détermination des caractéristiques d'explosion des mélanges poussière/air Partie 3 : Détermination de la limite inférieure d'explosivité LIE Mai 2006
EN 14034-4	Détermination des caractéristiques d'explosion des mélanges poussière/air Partie 4 : Détermination de la concentration limite en oxygène Septembre 2004