

---

---

**Biocombustibles solides —  
Détermination de l'auto-échauffement  
des granulés de biocombustibles —**

**Partie 2:  
Essais utilisant la méthode du point de  
croisement**

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
*Solid biofuels — Determination of self-heating of pelletized  
biofuels —*  
*Part 2: Basket heating tests*  
**Document Preview**

[ISO/TS 20049-2:2020](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ec8acf2c-bd5f-4d1e-92c2-d888641cf7ca/iso-ts-20049-2-2020>



Numéro de référence  
ISO/TS 20049-2:2020(F)

© ISO 2020

# iTeh Standards

## (<https://standards.iteh.ai>)

### Document Preview

[ISO/TS 20049-2:2020](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ec8acf2c-bd5f-4d1e-92c2-d888641cf7ca/iso-ts-20049-2-2020>



#### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b>	iv
<b>Introduction</b>	v
<b>1 Domaine d'application</b>	1
<b>2 Références normatives</b>	1
<b>3 Termes et définitions</b>	1
<b>4 Symboles</b>	3
<b>5 Essais utilisant la méthode du point de croisement</b>	3
<b>6 Essais destinés à la classification des produits</b>	4
6.1 Classification ONU	4
6.1.1 Généralités	4
6.1.2 Méthode d'essai pour les substances auto-échauffantes — Épreuve N.4 MEC ONU	4
6.1.3 Critères de classification — SGH	5
6.2 Critères de classification — OMI	5
6.3 Applicabilité de l'Épreuve N.4 du MEC ONU pour les granulés de biocombustibles	6
<b>7 Essais de détermination de la cinétique de réaction</b>	6
7.1 Généralités	6
7.2 Méthodes d'essai isopériboliques	6
7.2.1 Généralités	6
7.2.2 Mode opératoire d'essai	7
7.2.3 Détermination de la cinétique de réaction	7
7.2.4 Applicabilité pour les granulés de biocombustibles	8
7.3 Méthode du point de croisement	8
7.3.1 Généralités	8
7.3.2 Mode opératoire d'essai	9
7.3.3 Détermination de la cinétique de réaction	10
7.3.4 Applicabilité pour les granulés de biocombustibles	10
7.4 Essais de stockage à la chaleur adiabatiques	11
7.4.1 Généralités	11
7.4.2 Mode opératoire d'essai	11
7.4.3 Détermination de la cinétique de réaction	12
7.4.4 Applicabilité pour les granulés de biocombustibles	13
<b>8 Manutention des échantillons</b>	13
8.1 Généralités	13
8.2 Échantillonnage	13
8.3 Transport et stockage de l'échantillon	14
8.4 Préparation des échantillons	14
8.5 Élimination des échantillons	14
<b>9 Rapport d'essai</b>	14
<b>Annexe A (informative) Exemple de calcul des paramètres cinétiques à partir des essais utilisant la méthode du point de croisement</b>	16
<b>Annexe B (informative) Utilisation des données pour le calcul des conditions critiques dans les stockages</b>	19
<b>Bibliographie</b>	24

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 238, *Biocombustibles solides*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 20049 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Partout dans le monde, on observe une croissance continue de la production, du stockage, de la manutention, du transport en vrac et de l'utilisation de biocombustibles solides, en particulier pour ceux présentés sous forme de granulés.

Les caractéristiques physiques et chimiques spécifiques des biocombustibles solides, tout comme la manutention et le stockage de ces derniers, peuvent être à l'origine d'un risque d'incendie et/ou d'explosion, ainsi que de risques pour la santé, tels qu'une intoxication due à l'exposition au monoxyde de carbone, une asphyxie due à la diminution de la teneur en oxygène ou des réactions allergiques.

De la chaleur peut être générée dans les biocombustibles solides par des processus exothermiques biologiques, chimiques et physiques. Les processus biologiques comprennent le métabolisme des champignons et bactéries et se produisent à basses températures; l'oxydation des constituants du bois augmente avec la température et domine à haute température; la production de chaleur due aux processus biologiques et chimiques entraîne un déplacement de l'humidité dans le matériau en vrac, qui s'accompagne d'une sorption et d'une condensation de l'eau, qui sont toutes deux des processus exothermiques. Par exemple, dans un tas de combustible forestier stocké ou un tas de plaquettes de bois humides, tous ces processus peuvent être présents et contribuer à la production de chaleur.

Les biocombustibles solides tels que les granulés de bois sont toutefois intrinsèquement stériles<sup>[6]</sup> en raison des conditions régnant pendant la fabrication (exposition à une chaleur extrême pendant le séchage, fragmentation lors du concassage au marteau et pression lors de l'extrusion) mais peuvent attirer les microbes s'ils deviennent humides lors de la manutention et du stockage, ce qui entraîne un métabolisme et une production de chaleur. L'infiltration d'eau dans un stockage de granulés de bois peut également entraîner les processus physiques mentionnés ci-dessus. Le bois non comprimé, tel que la matière première et les plaquettes, abrite généralement quantité de microbes qui dans certaines circonstances entraîneront un échauffement. Tous les processus indiqués ci-dessus contribuent à ce que l'on appelle l'auto-échauffement, bien que l'oxydation soit susceptible d'être l'un des principaux facteurs qui contribuent à cet effet dans la plage de températures dans laquelle la plupart des biocombustibles sont stockés. L'accumulation de chaleur peut être importante dans les magasins en vrac de grande taille, la conduction thermique dans le matériau étant faible. Dans certaines conditions, la production de chaleur peut entraîner un emballage thermique et un allumage spontané.

<https://standards.iec.ch/catalog/standards/iso/iec80012c-0031-4dfe-92c2-d88804fc1/ca/iso-ts-20049-2-2020>

Le potentiel d'auto-échauffement semble varier considérablement pour différents types de granulés de biocombustibles solides. La matière première utilisée et les propriétés de ces matières premières ont démontré avoir une influence sur la propension à l'auto-échauffement des granulés de bois produits. Cependant, le processus de production (par exemple: le processus de séchage) influence également le potentiel en matière d'auto-échauffement. Il est donc important d'être en mesure d'identifier les granulés de biocombustibles solides présentant un potentiel de production de chaleur élevé afin d'éviter les incendies dans les matériaux stockés.

Deux types de méthodes d'essai intrinsèquement différentes peuvent être utilisés pour estimer le potentiel en matière d'auto-échauffement:

- dans la méthode de la détermination calorimétrique isotherme décrite dans l'ISO 20049-1, le flux thermique produit par la prise d'essai est mesuré directement;
- dans les essais utilisant la méthode du point de croisement décrits dans le présent document, la température de la prise d'essai est surveillée et la température ambiante critique (TAC), où la température de la prise d'essai n'augmente pas de façon significative en raison de l'auto-échauffement, est utilisée pour l'évaluation indirecte de l'auto-échauffement.

Ces deux méthodes sont appliquées à différents régimes de températures d'analyse. La température de fonctionnement d'un calorimètre isotherme se situe normalement dans la plage de 5 °C à 90 °C, tandis que les essais utilisant la méthode du point de croisement sont réalisés à des températures d'analyse

(étuve) plus élevées. Pour les essais utilisant la méthode du point de croisement avec des granulés de bois, la TAC rencontrée pour une prise d'essai de 1 l est comprise dans la plage de 150 °C à 200 °C.

NOTE 1 Les deux types de méthodes d'essai mentionnées ci-dessus ne mesurent pas la production de chaleur à partir de processus physiques tels que le déplacement de l'humidité.

NOTE 2 Il est probable que les réactions d'oxydation se produisant aux régimes de températures basses et hautes pour les granulés de biocombustibles solides soient de nature différente et possèdent donc des vitesses de réaction et des vitesses de production de chaleur différentes. Dans ce cas, l'extrapolation des données issues d'une série d'essais à haute température peut donner lieu à des résultats non concluants et peut ne pas être applicable sans prendre en compte les réactions à basse température. Dans le cas général de deux réactions présentant des énergies d'activation différentes, l'énergie d'activation élevée est «gelée» à basses températures et la réaction de faible énergie d'activation est «noyée» à températures plus élevées<sup>[7]</sup>.

NOTE 3 Il a été démontré, pour un nombre limité de types de granulés de bois différents, que les vitesses de réaction dans le régime de température inférieur mesurées par détermination calorimétrique isotherme étaient plus élevées que les données de vitesse de réaction déterminées à partir des essais utilisant la méthode du point de croisement dans le régime de température supérieur<sup>[8]</sup>.

Les essais utilisant la méthode du point de croisement sont traditionnellement utilisés pour caractériser la tendance à l'allumage spontané des charbons principalement, mais aussi pour d'autres matériaux organiques réactifs tels que, par exemple, la farine de graines de coton, la bagasse et le lait en poudre<sup>[9]</sup>. Le principe utilisé dans ce type d'essais consiste à trouver la TAC pour un échantillon de matériau auto-échauffant possédant une géométrie et des dimensions spécifiques.

Plusieurs méthodes différentes offrant des degrés variables de complexité sont décrites dans les publications spécialisées. Les variations vont des simples essais de conformité/non-conformité à des essais plus avancés à partir desquels il est possible d'extraire des données sur les vitesses de réaction<sup>[10]</sup>.

Les essais utilisant la méthode du point de croisement sont utiles pour l'évaluation de l'auto-échauffement des granulés de biocombustibles solides. La méthode d'essai choisie peut être évaluée en termes d'applicabilité sur la base des informations fournies dans le présent document.

Une compilation des méthodes d'essai utilisant la méthode du point de croisement est fournie dans le présent document. Il fournit également des recommandations relatives à l'adéquation d'une application de ces méthodes aux essais sur les granulés de biocombustibles.

L'[Annexe B](#) fournit la théorie de base de l'utilisation des données des essais utilisant la méthode du point de croisement pour le calcul des conditions critiques dans les lieux de stockage.

# Biocombustibles solides — Détermination de l'auto-échauffement des granulés de biocombustibles —

## Partie 2: Essais utilisant la méthode du point de croisement

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les essais utilisant la méthode du point de croisement pour la caractérisation des propriétés d'auto-échauffement des granulés de biocombustibles solides.

Le présent document comprend les parties suivantes:

- une compilation des méthodes d'essai utilisant la méthode du point de croisement;
- des recommandations sur l'applicabilité et l'utilisation des essais utilisant la méthode du point de croisement pour les granulés de biocombustibles solides;
- des informations relatives à l'application des données d'essais utilisant la méthode du point de croisement pour le calcul des conditions critiques dans les lieux de stockages.

Les données relatives à la production spontanée de chaleur déterminées à l'aide du présent document sont uniquement associées à la qualité et à l'âge spécifiques de l'échantillon de matériau.

Les informations déduites à l'aide du présent document sont destinées à être utilisées dans le contrôle qualité et dans l'identification des dangers et l'évaluation des risques associés aux procédures fournies dans l'ISO 20024.

Les méthodes décrites peuvent être utilisées pour d'autres substances que les granulés de biocombustibles solides (par exemple: les plaquettes de bois).

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 14780, *Biocombustibles solides — Préparation des échantillons*

ISO 16559, *Biocombustibles solides — Terminologie, définitions et descriptions*

ISO 18135, *Biocarburants solides — Échantillonnage*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 16559 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>.

### 3.1

#### **température d'analyse**

température de l'environnement d'analyse, c'est-à-dire la température de l'étuve

### 3.2

#### **nombre de Biot**

quotient du coefficient de transfert thermique convectif (entre la limite de l'échantillon et l'air environnant) et de la conduction dans l'échantillon du matériau normalisée par la dimension caractéristique du panier d'essai

### 3.3

#### **température ambiante critique**

#### **TAC**

température ambiante [la *température d'analyse* (3.1) ou la température d'un stockage] où la température interne de la *prise d'essai* (3.6) ou du matériau stocké augmente de façon significative (en raison de l'*auto-échauffement* (3.4))

### 3.4

#### **auto-échauffement**

élévation de la température d'un matériau due à une réaction exothermique interne

[SOURCE: ISO 13943:2017, 3.341, modifiée — «<produit chimique>» a été supprimé au début de la définition.]

### 3.5

#### **allumage spontané**

allumage provoqué par une réaction exothermique interne

Note 1 à l'article: Voir les définitions du terme «allumage» dans l'ISO 13943.

[SOURCE: ISO 13943:2017, 3.24, modifiée — «allumage spontané» a remplacé «auto-allumage» comme terme privilégié, et les autres termes ont été supprimés. Les Notes 1 à 3 ont été supprimées, et une nouvelle Note 1 à l'article a été ajoutée.]

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ec8acf2c-bd5f-4d1e-92c2-d888641cf7ca/iso-ts-20049-2-2020>

### 3.6

#### **prise d'essai**

sous-échantillon soit d'un *échantillon pour laboratoire* (3.8), soit d'un *échantillon pour essai* (3.7)

### 3.7

#### **échantillon pour essai**

*échantillon pour laboratoire* (3.8) ayant subi une préparation adaptée effectuée au laboratoire

Note 1 à l'article: Dans le présent document, l'échantillon pour essai est généralement un échantillon représentatif d'un lot de granulés de biocombustibles solides.

### 3.8

#### **échantillon pour laboratoire**

échantillon composite ou sous-échantillon d'un échantillon composite pour utilisation en laboratoire

[SOURCE: ISO 16559:2014, 4.124]

## 4 Symboles

Symbol	Grandeur	Unité type
$A$	facteur pré-exponentiel dans l'expression d'Arrhenius	$\text{s}^{-1}$
$B$	augmentation de la température adiabatique et adimensionnelle	adimensionnel
$\text{Bi}$	nombre de Biot, ( $\text{Bi} = \frac{hL}{\lambda}$ )	adimensionnel
$c_0$	concentration en oxygène ambiante par fraction volumique	adimensionnel
$C$	capacité calorifique spécifique des produits de réaction	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
$C_p$	capacité calorifique spécifique du matériau en vrac	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
$d$	diamètre du corps	$\text{m}$
$D$	coefficient de diffusion	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$
$E_a$	énergie d'activation	$\text{J mol}^{-1}$
$H_0$	pouvoir calorifique supérieur	$\text{J kg}^{-1}$
$h$	coefficient de transfert thermique	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
$h_r$	quantité de rayonnement dans le coefficient de transfert thermique	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
$h_c$	quantité de convection dans le coefficient de transfert thermique	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
$L$	longueur caractéristique	$\text{m}$
$n$	ordre de réaction	adimensionnel
$P$	constante, voir les <a href="#">Formules (2)</a> et <a href="#">(3)</a>	adimensionnel
$\dot{q}'$	terme de production de chaleur, voir la <a href="#">Formule (B.1)</a>	$\text{W m}^{-3}$
$Q$	chaleur de la réaction	$\text{J kg}^{-1}$
$Q_0$	chaleur de la réaction par volume d'oxygène	$\text{J m}^{-3}$
$R$	constante universelle des gaz	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
$\text{Ra}$	nombre de Rayleigh	adimensionnel
$t$	temps	$\text{s}$
$T$	température	$\text{K}$
$T_0$	température ambiante	$\text{K}$
$T_p$	température du point de croisement	$\text{K}$
$x$	coordonnée de longueur	$\text{m}$
$\delta$	paramètre de Frank-Kamenetskii, voir la <a href="#">Formule (B.4)</a>	adimensionnel
$\delta_c$	valeur critique de $\delta$	adimensionnel
$\varepsilon$	paramètre d'énergie d'activation, ( $\varepsilon = \frac{RT_0}{E}$ )	adimensionnel
$\phi$	paramètre de diffusion de l'oxygène, voir la <a href="#">Formule (B.13)</a>	adimensionnel
$\lambda$	conductivité thermique de l'échantillon	$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$
$\lambda_{\text{air}}$	conductivité thermique de l'air	$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$
$\rho$	masse volumique apparente	$\text{kg m}^{-3}$
$\sigma$	coefficient de Stefan-Boltzmann	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$

## 5 Essais utilisant la méthode du point de croisement

Le mode opératoire d'essai détaillé varie entre les différentes méthodes isopériboliques et adiabatiques. Les méthodes isopériboliques prévoient que la prise d'essai soit placée dans un panier en treillis métallique, qui est positionné dans une étuve chauffée à une température élevée fixe. L'étuve est équipée d'un ventilateur destiné à maintenir la température constante, et à fournir à l'éprouvette d'essai un

coefficient de transfert thermique convectif relativement élevé<sup>[9][10]</sup>. Pour les essais adiabatiques, la température de l'étuve est réglée sur la température au centre de l'échantillon<sup>[5]</sup>.

Les essais utilisant la méthode du point de croisement se fondent sur la théorie de Frank-Kamenetskii de criticité d'une dosse isotrope auto-échauffante (voir l'[Annexe B](#)) et ont été élaborés afin de déterminer la cinétique de réaction de la réaction globale responsable de la production de chaleur dans un matériau auto-échauffant.

**NOTE 1** Le volume interstitiel important entre les granulés de matériau peut provoquer un transfert thermique convectif dans le vrac si l'étuve est équipée d'un ventilateur. Dans ce cas, il est recommandé de maintenir le débit d'air à proximité de l'échantillon à un niveau réduit et de corriger le paramètre critique de Frank-Kamenetskii (voir [B.1.3](#)) ou d'empêcher le transfert par convection au sein de l'échantillon par des mesures supplémentaires (par exemple: un panier à treillis métallique plus fin).

**NOTE 2** La TAC de la prise d'essai d'un essai utilisant la méthode du point de croisement n'est pas égale à la TAC pour l'allumage spontané dans, par exemple, un stockage de grande taille. La taille critique pour l'allumage spontané (si seul est pris en compte le transfert thermique) est directement liée au rapport superficie-volume de l'éprouvette auto-échauffante où la chaleur est produite de façon répartie dans le volume et où elle se dissipe uniquement à partir de la superficie. L'échantillon pour essai dans un essai utilisant la méthode du point de croisement aux dimensions de laboratoire possède un rapport superficie-volume très élevé et affiche donc une TAC élevée par rapport à une éprouvette plus grande.

## 6 Essais destinés à la classification des produits

### 6.1 Classification ONU

## iTeh Standards (<https://standards.iteh.ai>)

Le Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH) des Nations unies (ONU)<sup>[11]</sup> est la convention internationale pour la communication des dangers et l'étiquetage des substances sous forme de gaz, de vapeurs, de solides et de liquides, et les mélanges. Le SGH définit les valeurs limites, les classes et les catégories ainsi que les mesures associées en lien avec les niveaux de danger pendant le transport, la manutention et le stockage.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ec8acf2c-bd5f-4d1e-92c2-d888641cf7ca/iso-ts-20049-2-2020>  
Le Manuel d'épreuves et de critères (MEC) de l'ONU<sup>[12]</sup> spécifie des modes opératoires d'essai spécifiques à l'appui du SGH.

### 6.1.2 Méthode d'essai pour les substances auto-échauffantes — Épreuve N.4 MEC ONU

L'épreuve N.4 est décrite dans le MEC ONU Partie III, 33.3.1.6<sup>[12]</sup>, et est parfois appelée «épreuve au panier».

L'essai utilisant la méthode du point de croisement détermine la capacité d'une substance à subir un auto-échauffement oxydatif en l'exposant à l'air à des températures de 100 °C, 120 °C ou 140 °C dans un cube en treillis métallique de 25 mm ou de 100 mm.

L'essai utilisant la méthode du point de croisement de l'Épreuve N.4 n'est pas destiné à déterminer la cinétique d'auto-échauffement, mais est plutôt recommandé pour classer un matériau (par exemple: les biocombustibles solides) comme satisfaisant aux critères d'auto-échauffement définis par le SGH<sup>[11]</sup> à des fins d'étiquetage et de communication des dangers.

La configuration d'essai se compose d'une étuve à circulation d'air chaud, de conteneurs d'échantillon cubiques de 25 mm et 100 mm de côté fabriqués en maille d'acier inoxydable avec une ouverture de maille de 0,05 mm, et de thermocouples de 0,3 mm de diamètre pour la mesure de la température de l'étuve et de la température du centre de l'échantillon. Le conteneur d'échantillon est placé dans une enveloppe à conteneur cubique en maille d'acier inoxydable possédant une ouverture de maille de 0,60 mm, et est légèrement plus grand que le conteneur d'essai. Afin d'éviter l'effet de la circulation de l'air, cette enveloppe est installée dans une seconde cage en acier, réalisée à partir d'un treillis ayant une ouverture de maille de 0,595 mm et mesurant 150 mm × 150 mm × 250 mm.

La procédure normale consiste à démarrer par un essai à 140 °C avec un échantillon cubique de 100 mm de côté. Le conteneur est placé dans l'enveloppe et suspendu au centre de l'étuve. La température de l'étuve est amenée jusqu'à 140 °C et maintenue à ce niveau pendant 24 h. Un résultat positif est obtenu si un allumage spontané se produit ou si la température de l'échantillon est supérieure de 60 °C à celle de l'étuve. Si un résultat négatif est obtenu, aucun essai supplémentaire n'est nécessaire.

Si un résultat positif est obtenu à 140 °C avec un échantillon cubique de 100 mm, la substance est classée comme substance auto-échauffante et des essais supplémentaires doivent être effectués afin d'identifier la bonne classification (voir [6.1.3](#)).

**NOTE** La masse volumique apparente soumise à essai peut influencer les résultats de l'essai. Le projet de norme prEN 15188 suggère d'ajuster la masse volumique apparente de l'échantillon en fonction des conditions pratiques correspondantes (si elles sont connues) et d'enregistrer la masse volume apparente soumise à essai. Le MEC de l'ONU ne contient pas d'informations sur la masse volumique apparente à soumettre à essai.

### 6.1.3 Critères de classification — SGH

Les critères de classification sont fournis au paragraphe 2.11.2 du SGH<sup>[11]</sup>. Les critères sont résumés dans le [Tableau 1](#).

**Tableau 1 — Critères du SGH pour les substances et mélanges auto-échauffants**

Catégorie	Critères
1	Un résultat positif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C.
2	<p>a) Un résultat positif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C et un résultat négatif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C et la substance ou le mélange sont destinés à être emballés dans des colis d'un volume supérieur à 3 m<sup>3</sup>; ou</p> <p>b) Un résultat positif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C et un résultat négatif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C, un résultat positif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 100 mm de côté à 120 °C et la substance ou le mélange sont destinés à être emballés dans des colis d'un volume supérieur à 450 litres; ou</p> <p>c) Un résultat positif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C et un résultat négatif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C et un résultat positif est obtenu lors d'un essai sur un échantillon cubique de 100 mm de côté à 100 °C.</p>

**NOTE** La classification des groupes d'emballage par danger est spécifiée en fonction des caractéristiques d'inflammabilité du matériau, voir le Tableau 32.1 du SGH<sup>[11]</sup>.

### 6.2 Critères de classification — OMI

Les lignes directrices relatives à la manutention et les classifications par danger pour tous les chargements, y compris les biocombustibles solides, transportés à bord de navires hauturiers sont spécifiées par l'Organisation maritime internationale (OMI) dans le Code maritime international des cargaisons en vrac<sup>[13]</sup>. Ce code indique d'utiliser l'Épreuve N.4 du MEC de l'ONU pour les essais, mais rajoute des critères supplémentaires pour les solides présentant des dangers par rapport aux critères du SGH au [Tableau 1](#), comme suit:

- a) le matériau subit-il un auto-échauffement dangereux lorsqu'il est soumis à essai conformément à l'Épreuve N.4 dans un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C?

Si oui, la Classe 4.2 s'applique. Les matériaux appartenant à cette classe sont des matériaux autres que les matériaux pyrophoriques qui, au contact de l'air et sans fourniture d'énergie, sont susceptibles de s'auto-échauffer;