

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9227

Première édition
1990-12-15

**Essais de corrosion en atmosphères
artificielles — Essais aux brouillards salins**

iTeh STANDARD PREVIEW
Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests
(standards.iteh.ai)

ISO 9227:1990

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c792887d-acde-4614-9abf-af917a95f561/iso-9227-1990>



Numéro de référence
ISO 9227:1990(F)

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9227 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*.

Elle annule et remplace les Normes internationales ISO 3768:1976, ISO 3769:1976 et ISO 3770:1976.

Les annexes A et B de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

© ISO 1990

Droits de reproduction réservés. 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Introduction

Il est rare qu'il existe un rapport direct entre la résistance à l'action du brouillard salin et la résistance à la corrosion dans d'autres milieux, car différents facteurs qui influencent l'évolution de la corrosion, tels que la formation de pellicules protectrices, varient considérablement selon les conditions rencontrées. Les résultats d'essai ne doivent donc pas être considérés comme une indication directe de la résistance à la corrosion des matériaux métalliques dans tous les milieux où ils peuvent être utilisés. Le comportement des divers matériaux pendant l'essai ne doit pas non plus être considéré comme une indication directe de leur relative résistance à la corrosion en service.

La méthode décrite donne néanmoins un moyen de vérifier la qualité comparative d'un matériau métallique avec ou sans revêtement protecteur contre la corrosion.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9227:1990](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c792887d-acde-4614-9abf-af917a95f561/iso-9227-1990)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c792887d-acde-4614-9abf-af917a95f561/iso-9227-1990>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9227:1990

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c792887d-acde-4614-9abf-af917a95f561/iso-9227-1990>

Essais de corrosion en atmosphères artificielles — Essais aux brouillards salins

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit l'appareillage, le réactif et le mode opératoire des essais au brouillard salin neutre (NSS), au brouillard acétique (AASS), au brouillard salin cupro-acétique (CASS), permettant d'évaluer la résistance à la corrosion de matériaux métalliques avec ou sans revêtement temporaire ou permanent de protection contre la corrosion.

Elle décrit également la méthode à appliquer pour évaluer la corrosivité de la chambre d'essai.

Elle ne prescrit aucune règle quant aux dimensions des éprouvettes, aux périodes d'exposition d'un produit particulier ou à l'interprétation des résultats. Ces détails sont fournis dans les spécifications correspondantes du produit.

Les essais aux brouillards salins sont particulièrement utiles pour détecter les discontinuités du type pores ou d'autres défauts de certains revêtements métalliques, anodiques ou de couches de conversion.

L'essai du brouillard salin neutre s'applique

- aux métaux et leurs alliages;
- à certains revêtements métalliques (anodiques et cathodiques)¹⁾;
- à certaines couches de conversion¹⁾;
- à certains revêtements anodiques¹⁾;
- aux revêtements organiques sur matériaux métalliques.

1) Voir annexe B.

2) L'attention est attirée sur le fait que cet essai ne permet pas d'avoir d'une manière satisfaisante des notions comparatives de qualité entre dépôt de chrome + nickel et dépôt de chrome + nickel + cuivre, car le réactif utilisé contient l'ion cuivre qui est accélérateur de corrosion vis-à-vis du nickel et sans action vis-à-vis du cuivre.

L'essai au brouillard salin acétique est particulièrement utile pour les revêtements décoratifs de cuivre + nickel + chrome ou de nickel + chrome. Il convient également à l'essai des couches d'oxyde anodique sur l'aluminium.

L'essai au brouillard salin cupro-acétique s'applique particulièrement aux revêtements décoratifs de cuivre + nickel + chrome ou de nickel + chrome; il convient également à l'essai des couches d'oxyde anodique sur l'aluminium.²⁾

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 1462:1973, *Revêtements métalliques — Dépôts électrolytiques non anodiques par rapport au métal de base — Essais de corrosion accélérée — Méthode d'évaluation des résultats.*

ISO 3574:1986, *Tôles en acier au carbone laminées à froid de qualité commerciale et pour emboutissage.*

ISO 4540:1980, *Revêtements métalliques — Dépôts électrolytiques cathodiques par rapport au métal de base — Cotation des éprouvettes ayant reçu un dépôt électrolytique, soumises aux essais de corrosion.*

ISO 6372-1:1989, *Nickel et alliages de nickel — Termes et définitions — Partie 1: Matériaux.*

3 Solutions d'essai

3.1 Préparation de la solution de chlorure de sodium

Dissoudre une masse suffisante de chlorure de sodium dans de l'eau distillée ou déionisée ayant une conductivité inférieure ou égale à $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ à $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$, pour obtenir une concentration de $50 \text{ g/l} \pm 5 \text{ g/l}$. La concentration de chlorure de sodium dans la solution pulvérisée recueillie doit être de $50 \text{ g/l} \pm 5 \text{ g/l}$. La densité relative d'une solution à $50 \text{ g/l} \pm 5 \text{ g/l}$ est comprise entre 1,0255 et 1,0400 à 25 °C .

Le chlorure de sodium doit contenir moins de 0,001 % (*m/m*) de cuivre et moins de 0,001 % (*m/m*) de nickel, déterminés par spectrométrie d'absorption atomique ou toute autre méthode d'analyse de sensibilité identique. Il ne doit pas contenir plus de 0,1 % (*m/m*) d'iodure de sodium ni plus de 0,5 % (*m/m*) d'impuretés au total, pourcentages calculés par rapport au sel sec.

NOTE 1 Si le pH de la solution préparée, mesuré à $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$, est en dehors des limites de 6,0 et 7,0, rechercher la présence d'impuretés dans le sel et/ou dans l'eau.

3.2 Ajustement du pH

Ajuster le pH de la solution saline à la valeur désirée en fonction du pH de la solution pulvérisée recueillie.

3.2.1 Essai NSS

Ajuster le pH de la solution saline (3.1) de sorte que le pH de la solution pulvérisée recueillie dans la chambre de pulvérisation (4.1) soit compris entre 6,5 et 7,2. Mesurer le pH de façon électrométrique à $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$, ou, dans les essais de routine, à l'aide d'un papier indicateur d'une gamme étroite de pH qui peut donner des indications précises à 0,3 unité de pH près, ou moins. Effectuer les corrections nécessaires par addition de solution d'acide chlorhydrique ou d'hydroxyde de sodium de qualité analytique reconnue.

Le pH peut varier par suite de perte de dioxyde de carbone au moment de la pulvérisation de la solution. Ces variations peuvent être évitées par la réduction de la teneur en dioxyde de carbone de la solution, en portant celle-ci par exemple à une température au-dessus de 35 °C avant de la placer dans l'appareil, ou en préparant la solution avec de l'eau fraîchement bouillie.

3.2.2 Essai ASS

Ajouter un volume suffisant d'acide acétique cristallisable à la solution saline (3.1) de sorte que le pH des échantillons de solution pulvérisée recueillie dans la chambre de pulvérisation (4.1) soit compris entre 3,1 et 3,3. Si le pH de la solution initialement préparée est de 3,0 à 3,1, le pH du brouillard salin sera vraisemblablement compris dans les limites prescrites. Mesurer le pH de façon électrométrique à $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ou, dans les essais de routine, à l'aide d'un papier indicateur d'une gamme étroite de pH qui peut donner des indications précises à 0,1 unité de pH près, ou moins. Effectuer les corrections nécessaires par addition de solution d'acide acétique cristallisable ou d'hydroxyde de sodium de qualité analytique reconnue.

3.2.3 Essai CASS

Dissoudre une masse suffisante de chlorure de cuivre(II) dihydraté ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dans la solution saline (3.1) pour obtenir une concentration de $0,26 \text{ g/l} \pm 0,02 \text{ g/l}$ [correspondant à $(0,205 \pm 0,015) \text{ g}$ de CuCl_2 par litre].

Ajuster le pH suivant les mêmes prescriptions qu'en 3.2.2.

3.3 Filtration

Si nécessaire, filtrer la solution avant de la mettre dans le réservoir de l'appareil, afin d'enlever toutes les matières solides qui pourraient obturer les orifices du dispositif de pulvérisation.

4 Appareillage

Le matériau, ou le revêtement de toutes les pièces entrant en contact avec le brouillard ou la solution d'essai doit résister à la corrosion de la solution pulvérisée et ne doit pas influencer sur la corrosivité de celle-ci. L'appareillage d'essai comprend les éléments ci-après.

4.1 Chambre de pulvérisation

La chambre de pulvérisation doit avoir une capacité minimale de $0,2 \text{ m}^3$, et, de préférence, de pas moins de $0,4 \text{ m}^3$, l'expérience ayant montrée qu'avec des volumes plus faibles, il était difficile d'obtenir la nécessaire homogénéité de la répartition du brouillard. Pour les chambres de grand volume, les conditions d'homogénéité et de répartition du brouillard doivent être respectées. La partie supérieure de la chambre doit être conçue de sorte que les gouttes de solution accumulées, qui ruissellent à la surface, ne puissent s'écouler sur les pièces essayées.

Les dimensions et la forme de la chambre de pulvérisation doivent être telles que la quantité de solution recueillie soit comprise dans les limites prescrites en 8.2.

NOTE 2 Une représentation schématique d'un modèle possible de chambre de pulvérisation est donnée dans l'annexe A.

4.2 Dispositif de chauffage et de régulation de la température

Un dispositif approprié permet de maintenir la chambre et son contenu à la température prescrite (voir 8.1). Le mesurage de la température doit se faire à une distance minimale de 100 mm des parois.

4.3 Dispositif de pulvérisation

Le dispositif d'alimentation en solution saline est composé d'un système d'alimentation en air propre, de pression et d'humidité contrôlées, d'un réservoir contenant la solution à pulvériser et d'un ou de plusieurs pulvérisateur(s).

L'alimentation des pulvérisateurs doit se faire à travers un filtre qui élimine toute trace de matière solide ou d'huile, à une pression de 70 kPa³⁾ à 170 kPa.

NOTE 3 Les buses de pulvérisation peuvent avoir une «pression critique» à laquelle se produit une augmentation anormale de la corrosivité du brouillard salin. Si cette «pression critique» n'est pas connue avec précision, un contrôle des fluctuations de la pression atmosphérique à $\pm 0,7 \text{ kN/m}^2$ ($\pm 0,1 \text{ psi}$) obtenu par l'installation d'un régulateur de pression approprié minimise la possibilité de fonctionnement à la «pression critique».

Afin d'empêcher l'évaporation de l'eau des gouttelettes pulvérisées, l'air doit être humidifié avant d'entrer dans le pulvérisateur, par passage au travers d'un saturateur renfermant de l'eau chauffée à une température supérieure de plusieurs degrés Celsius à celle de la chambre. La température convenable dépend de la pression utilisée et du type de la buse de pulvérisation et doit être réglée de façon à maintenir, dans les limites prescrites, la vitesse de déposition du brouillard dans la chambre et la concentration de la solution recueillie (voir 8.2). Le niveau d'eau doit être maintenu constant par des moyens automatiques pour assurer une humidification convenable.

Les pulvérisateurs doivent être en matériaux inertes, par exemple verre ou matière plastique. Des déflecteurs peuvent être prévus pour empêcher l'impact direct de la solution pulvérisée sur les

épreuves, l'emploi de déflecteurs réglables pouvant être utile pour obtenir une répartition uniforme du brouillard dans la chambre de pulvérisation. Le niveau de solution saline doit être maintenu constant dans le réservoir par des moyens automatiques pour assurer une alimentation constante en brouillard pendant tout l'essai.

4.4 Collecteurs

On doit disposer, au minimum, de deux collecteurs adéquats, constitués par des entonnoirs en verre ou autre matériau chimiquement inerte, dont les tuyaux sont placés dans des éprouvettes graduées ou autres récipients du même genre. Un entonnoir de 100 mm de diamètre à une aire de récupération d'environ 80 cm². Les dispositifs collecteurs doivent être placés dans la zone de la chambre où se trouvent les éprouvettes, de sorte que l'un d'eux soit le plus près possible d'un pulvérisateur et l'autre le plus loin possible d'un pulvérisateur. Ils doivent être placés de façon à recueillir seulement le brouillard et non le liquide ruisselant des éprouvettes ou d'une partie de la chambre.

4.5 Réutilisation

Si l'appareillage a servi à un essai de pulvérisation ou à tout autre usage avec une solution différente de celle qui est prescrite pour l'essai à effectuer, il doit être soigneusement nettoyé avant utilisation.

L'appareillage doit être mis en marche pendant une durée minimale de 24 h et l'on doit vérifier que le pH de la solution recueillie est correct pendant toute la pulvérisation avant de placer une quelconque éprouvette dans la chambre.

5 Méthode d'évaluation de la corrosivité de la chambre d'essai

Pour contrôler la reproductibilité des résultats obtenus dans un appareillage ou dans des appareillages semblables situés dans des laboratoires différents, il est nécessaire d'effectuer des vérifications de l'appareillage à intervalles réguliers, en suivant les indications de 5.1.1 à 5.1.3.

5.1 Essai NSS

5.1.1 Éprouvettes de référence

Pour vérifier l'appareillage, utiliser quatre éprouvettes de 1 mm \pm 0,2 mm d'épaisseur, mesurant 50 mm \times 80 mm, en acier de qualité CR4 selon l'ISO 3574 avec un état de surface pratiquement im-

3) 1 kPa \approx 1 kN/m² \approx 0,01 atm

peccable⁴⁾, une finition mate (écart moyen arithmétique du profil $R_a = 1,3 \mu\text{m} \pm 0,4 \mu\text{m}$). Découper ces éprouvettes dans des tôles ou des feuillards laminés à froid.

Nettoyer soigneusement les éprouvettes immédiatement avant l'essai. Outre les spécifications données en 6.2 et 6.3, le nettoyage doit permettre l'élimination de toute trace de salissure, d'huile ou d'autres corps étrangers susceptibles d'influer sur les résultats d'essai.

Utiliser l'une des méthodes suivantes:

- a) Nettoyer les éprouvettes par un dégraissage à la vapeur avec un hydrocarbure chloré. Traiter trois fois de suite, et chaque fois 1 min, en laissant entre chaque traitement un intervalle d'au moins 1 min.
- b) Nettoyer soigneusement les éprouvettes avec un solvant organique approprié (hydrocarbure dont le point d'ébullition est compris entre 60 °C et 120 °C), en utilisant une brosse propre et douce ou un appareil à ultrasons. Effectuer le nettoyage dans un récipient rempli de solvant. Après le nettoyage, inonder les éprouvettes avec du solvant frais (rinçage), puis les sécher.
- c) On peut aussi utiliser d'autres méthodes de nettoyage, si elles sont convenues entre les parties intéressées, et du moment qu'elles donnent des résultats comparables.

Déterminer ensuite la masse des éprouvettes avec une balance analytique à 1 mg près. Protéger la face opposée des éprouvettes par un revêtement pelable, par exemple une pellicule autocollante.

5.1.2 Disposition des éprouvettes

Installer les éprouvettes dans quatre quadrants différents de l'appareil d'essai, leur face non protégée sur le dessus, et faisant un angle de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale.

NOTE 4 D'autres angles d'exposition pouvant être recommandés dans des spécifications particulières (par exemple un angle de $30^\circ \pm 5^\circ$).

Les supports des éprouvettes doivent être fabriqués ou revêtus en matériaux inertes du genre matière plastique. Le rebord supérieur des éprouvettes doit être au même niveau que le sommet des collecteurs de brouillard. La durée de l'essai est de 96 h.

4) Par «pratiquement impeccable», on entend sans pores, ni légères gravelures, ni petites marques, ni faibles rayures, ni légère coloration.

5.1.3 Détermination de la perte de masse

À la fin de l'essai, enlever la pellicule de protection. Éliminer les produits de corrosion par immersion dans une solution décapante d'acide chlorhydrique ($\rho_{20} = 1,18 \text{ g/ml}$) de qualité analytique reconnue, à 50 % (V/V), inhibée par 3,5 g d'hexaméthylène tétramine par litre.

Après attaque, rincer les éprouvettes à fond, à température ambiante, d'abord avec de l'eau et ensuite avec de l'acétone, puis les sécher.

Peser les éprouvettes à 1 mg près et calculer la perte de masse, en grammes par mètre carré.

5.1.4 Vérification du fonctionnement de l'appareillage NSS

Le fonctionnement de l'appareillage d'essai est satisfaisant lorsque la perte de masse de chaque éprouvette est de $140 \text{ g/m}^2 \pm 40 \text{ g/m}^2$.

5.2 Essai AASS

Il n'existe pas de méthode expérimentale de détermination de la corrosivité de la chambre d'essai à l'AASS dans la présente Norme internationale.

5.3 Essai CASS

5.3.1 Éprouvettes de référence

Pour vérifier l'appareillage utiliser quatre éprouvettes de $1 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ d'épaisseur, mesurant $100 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$, en nickel tel que défini dans l'ISO 6372-1:1989, paragraphe 3.1. Découper ces éprouvettes dans des tôles.

Nettoyer les éprouvettes utilisées pour la première fois comme prescrit en 6.2, puis les immerger durant 2 min, à une température de 21°C à 24°C , dans une solution préparée en mélangeant 1 volume d'acide chlorhydrique concentré à 4 volumes d'eau distillée. Rincer les éprouvettes à l'eau courante chaude et les sécher dans une étuve réglée à une température de 105°C , puis les refroidir à température ambiante et les peser. Des éprouvettes ayant déjà servi à un essai peuvent être réutilisées. La méthode adaptée pour enlever les produits de corrosion à la fin d'un essai doit donner une surface satisfaisante pour l'essai suivant.

Avant de les soumettre à l'essai, peser les éprouvettes à 1 mg près. Protéger l'une de leurs faces de la manière décrite en 5.1.1.

5.3.2 Disposition des éprouvettes

Installer les éprouvettes dans quatre quadrants différents de l'appareil d'essai, leur face non protégée sur le dessus, et faisant un angle de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale (voir néanmoins 5.1.2, note 4). Les supports des éprouvettes doivent être fabriqués ou revêtus en matériaux inertes du genre matière plastique. Le rebord supérieur des éprouvettes doit être au même niveau que le sommet des collecteurs de brouillard.

5.3.3 Détermination de la perte de masse (masse surfacique)

Après une exposition de 24 h⁵⁾, rincer les éprouvettes à l'eau froide pour enlever tout dépôt de sel. Éliminer les produits de corrosion par immersion durant 2 min, à une température de $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, dans une solution préparée en mélangeant 1 volume d'acide chlorhydrique concentré à 4 volumes d'eau distillée. Les pinces utilisées pour maintenir les éprouvettes doivent être en nickel ou en métal Monel, ou bien avoir leurs parties supports recouvertes de matériau inerte. Rincer à nouveau chaque éprouvette à l'eau courante, à une température de $40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, la sécher dans une étuve réglée à 105°C , puis la refroidir à température ambiante et la peser à 1 mg près.

5.3.4 Vérification du fonctionnement de l'appareillage CASS

Le fonctionnement de l'appareillage d'essai est satisfaisant lorsque la perte de masse de chaque éprouvette est de $7,5\text{ g/m}^2 \pm 2,5\text{ g/m}^2$.

6 Éprouvettes

6.1 Le nombre et le type des éprouvettes, leur forme et leurs dimensions doivent être choisis conformément aux règles de la spécification du matériau ou du produit essayé. À défaut d'une telle spécification, ils doivent faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

6.2 Les éprouvettes doivent être soigneusement nettoyées avant l'essai (voir 5.1.1). La méthode utilisée dépend de la nature du matériau, de la surface et des produits qui ont contaminé cette surface et ne doit pas comprendre l'emploi d'abrasifs ou solvants qui peuvent attaquer la surface de l'éprouvette.

On doit veiller à ce que les éprouvettes ne soient pas de nouveau contaminées après nettoyage par une manipulation négligente.

Les éprouvettes intentionnellement recouvertes de films organiques protecteurs n'ont pas besoin d'être nettoyées avant l'essai.

6.3 Si les éprouvettes sont découpées dans des pièces revêtues plus grandes, le découpage doit se faire de façon à ne pas endommager le revêtement dans la zone adjacente à la découpe. Sauf spécification contraire, les rives de la découpe doivent être protégées de façon adéquate par un revêtement approprié, inattaquable dans les conditions d'essai, tel que peinture, cire ou ruban adhésif.

7 Disposition des éprouvettes

7.1 Les éprouvettes doivent être placées dans la chambre de façon à ne pas se trouver sur le trajet direct du brouillard pulvérisé.

7.2 L'angle sous lequel la surface est exposée dans la chambre est très important. L'éprouvette doit en principe être plane et placée dans la chambre de pulvérisation, face vers le haut, en formant, par rapport à la verticale, un angle qui se rapproche le plus possible de 20° . Cet angle doit absolument être compris entre 15° et 30° . Dans le cas de surfaces de forme irrégulière, par exemple des pièces entières, on doit tenir compte, dans toute la mesure du possible, de la spécification précédente.

7.3 Les éprouvettes doivent être rangées de façon à ne pas entrer en contact avec la chambre, les surfaces d'essai étant exposées à la libre circulation du brouillard. Les éprouvettes peuvent être placées à différents niveaux dans la chambre de pulvérisation, à condition que la solution ne ruisselle pas des éprouvettes ou des supports situés à un niveau donné sur les éprouvettes situées à des niveaux inférieurs. Cependant, pour un nouvel examen ou pour un essai dont la durée totale est supérieure à 96 h, la permutation des éprouvettes est autorisée⁶⁾.

7.4 Les supports des éprouvettes doivent être en matériaux inertes non métalliques, tels que le verre, une matière plastique ou du bois convenablement revêtu. S'il est nécessaire de suspendre les éprouvettes, les matériaux de suspension ne doivent en aucun cas être métalliques, mais doivent être en fibres synthétiques, fils de coton ou autre matériau inerte isolant.

5) Si nécessaire, l'exposition peut être réduite à 6 h.

6) Dans ce cas, la fréquence et le nombre des permutations sont laissés au choix des opérateurs et devront être indiqués dans le rapport d'essai.