

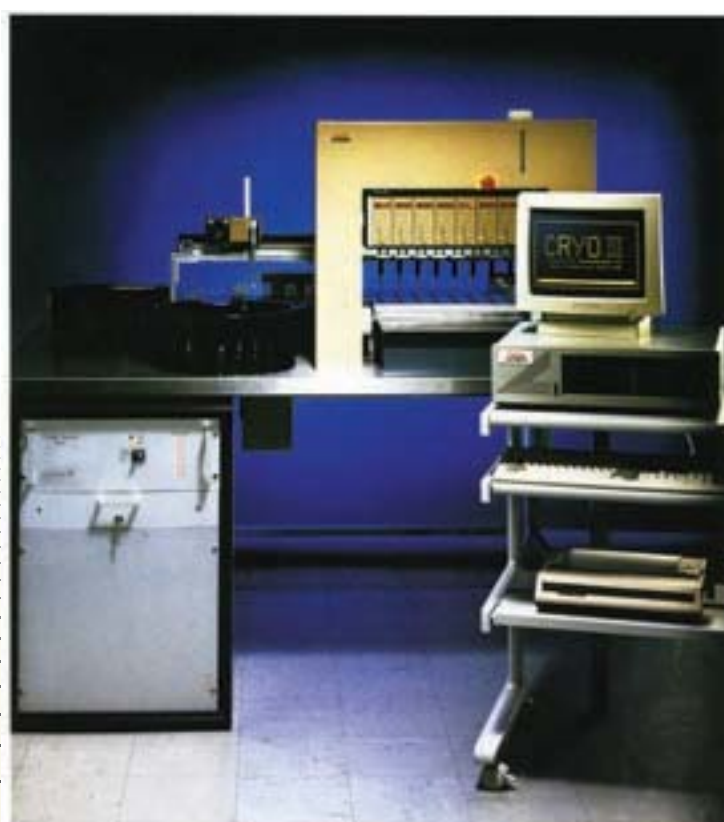
DETERMINATION DU POINT DE CONGÉLATION

Sujet prioritaire de Funke-Dr. N. Gerber Labortechnik GmbH

K. Schäfer, ingénieur diplômé et W. Spindler physicien diplômé

HISTOIRE

Dès 1895, le chimiste allemand Beckmann, connu pour le thermomètre portant son nom, commença à se servir du point de congélation du lait afin de détecter la présence d'eau d'appoint. En 1920, l'Américain Hortvet a travaillé intensivement avec cette méthode et a pu améliorer certains points importants. Les premiers cryoscopes à thermistance furent introduits sur le marché dans les années soixante. Cependant, leur utilisation était encore totalement manuelle. Les cryoscopes à thermistance automatiques, permettant de déterminer automatiquement le point de congélation en appuyant sur un simple bouton, sont apparus pour la première fois au début des années soixante-dix.



La foire «FoodTec» de 1984 a révélé un progrès important concernant le cryoscope à thermistance: Funke-Gerber présentait pour la première fois un appareil à calibrage automatique. Ces travaux intensifs, qui ont permis de faire évoluer considérablement l'appareil, ont connu un autre tournant à cette même foire «FoodTec», en 1988, où Funke-Gerber présentait un dispositif de détermination du point de congélation entièrement automatique avec une capacité de 220 échantillons/h.

Avec l'introduction d'une mesure indirecte du point de congélation (par exemple LactoStar) pour l'analyse de routine, l'accent fut principalement placé sur des appareils de référence capables de déterminer le point de congélation conformément aux exigences des normes en vigueur. Ces appareils doivent satisfaire à des exigences très strictes concernant l'exactitude des mesures, car elles servent ensuite à calibrer les appareils d'analyses de routine. C'est dans ce but que Funke-Gerber a développé un cryoscope programmable présentant une capacité de dissolution de 0,1 m°C. Cet appareil a déjà fait montre de sa précision et de sa fiabilité dans de nombreux laboratoires du monde entier. Entre-temps, un appareil à multi-échantillonnages (CryoStarautomatic) est venu élargir la gamme de

produits. Depuis janvier 2007, ces appareils sont équipés d'un affichage couleur graphique qui permet d'afficher à l'écran la courbe de congélation dans son ensemble, en particulier le processus de recherche de plateau, avec une représentation brevetée.

POINT DE CONGÉLATION:

Le point de congélation de l'eau pure est la température à laquelle les pourcentages en glace et en eau sont équivalents.

Lorsque de la matière soluble est ajoutée à ce liquide, son point de congélation baisse (devient plus froid) car la capacité des molécules d'eau de s'échapper de la surface diminue. Les matières grasses n'ont aucune influence sur le point de congélation, car elles ne sont pas solubles dans l'eau.

PRINCIPE DE MESURE:

Le lait est refroidi à -3°C (surrefroidi) et cristallisé par vibrations mécaniques. Suite à cette procédure de congélation, la température se met rapidement à monter en raison de l'énergie de liaison cristalline libérée et se stabilise sur un certain plateau, lequel correspond au point de congélation.

PROCÉDÉ DE MESURE:

Le point de congélation des liquides n'est pas n'importe quelle température, mais la température exacte à laquelle une partie de l'échantillon se trouve à l'état liquide et une autre partie à l'état congelé, les deux étant équilibrées.

Afin de mesurer le point de congélation, l'échantillon doit se trouver exactement dans l'état décrit ci-dessus, ce qui exige de suivre une certaine procédure fonctionnant de la manière suivante:

L'échantillon doit d'abord être refroidi en dessous de son point de congélation en étant remué. Ceci est nécessaire pour 3 raisons:

- L'échantillon est constamment remué afin qu'il ne puisse pas se congeler.
- L'échantillon est bien mélangé de sorte que son contenu entier affiche la même température.
- La chaleur contenue dans l'échantillon est transférée vers l'extérieur, puis évacuée par le dispositif de refroidissement.

Lorsqu'un liquide est plus froid que son propre point de congélation, ceci signifie qu'il se trouve dans un état non stable appelé «métastable». Le simple fait de frapper légèrement contre la paroi de l'éprouvette avec un objet solide suffit pour que la congélation commence avec l'effet de boule de neige jusqu'à ce que la chaleur de fusion ainsi libérée ait réchauffé l'échantillon jusqu'à son point de congélation et que la quantité de matière gelée corresponde à la quantité de matière non encore gelée.

La fonction d'un cryoscope est donc de déclencher le processus de congélation lorsque la température de l'échantillon est suffisamment inférieure à son propre point de congélation. Que signifie ici «suffisamment inférieure»? Le but est de produire assez de glace lors de la congélation pour que la quantité de cristaux de glace suffise dans l'échantillon sans que celui-ci ne soit entièrement congelé. Pour le lait, l'expérience montre que la température de déclenchement optimale de congélation est de -2 à -3°C .

Après le déclenchement de la congélation, la température de l'échantillon augmente car la chaleur de fusion est libérée lors de ce processus. Elle se stabilise ensuite sur une certaine valeur appelée «plateau». Le bain de refroidissement enlève de plus en plus de chaleur à l'échantillon et, dans la même mesure, une partie de l'échantillon se congèle et libère ainsi la chaleur de fusion, ce en quoi la température reste identique aussi longtemps qu'il existe de la matière liquide dans l'échantillon. Ce plateau dure quelques minutes. Le cryoscope détermine le point de congélation à partir des valeurs de températures mesurées du plateau sur la base de prescriptions bien définies.

SOURCES D'ERREURS POSSIBLES PENDANT LE DÉROULEMENT DES MESURES

La détermination du point de congélation suit une procédure donnée au cours de laquelle des erreurs peuvent survenir à chaque phase de déroulement.

■ Erreur de refroidissement:

Si l'évacuation de chaleur de l'échantillon s'avère trop faible, la durée de refroidissement augmente alors en conséquence. Les raisons tiennent soit au bain de refroidissement, soit au mélangeur. Le bain de refroidissement doit faire au minimum 6°C et la circulation doit être correcte afin d'évacuer la chaleur de l'échantillon. Le mélangeur doit être manié avec une amplitude de 3 - 4 mm. En cas d'erreur de refroidissement, il sera d'abord nécessaire de prendre la température du bain de refroidissement à l'aide d'un thermomètre, avant de contrôler la circulation du bain de refroidissement avec une nouvelle éprouvette. Vérifier ensuite si l'on peut agiter le mélangeur librement sans que celui-ci n'aille heurter ou frotter contre les parois et l'amplitude de celui-ci. Il existe un menu spécial à cet effet dans l'appareil. La valeur directive ne sera pas n'importe quel chiffre affiché, car celui-ci est prévu à proprement parler à titre de point de repère et on observera plutôt la pointe du mélangeur oscillant. On réglera celui-ci de sorte que les points de rebroussement (amplitude) soient distants de 3 à 4 mm les uns des autres. Verser ensuite 2,5 ml d'eau dans une éprouvette, tenir celle-ci par le bas sur le thermistor de sorte que le mélangeur mélange l'eau et contrôler qu'il oscille correctement dans l'eau.

Après avoir tout contrôlé et correctement réglé, effectuer une mesure d'échantillon avec de l'eau et observer la valeur de la température indiquée sur l'affichage. Le temps dont a besoin l'appareil pour refroidir à -2°C un échantillon placé à une température ambiante (de 20 à 25°C) devrait afficher 1 minute exactement. Le bain de refroidissement et le mélangeur sont alors correctement réglés.

Si le refroidissement dure moins de 45 secondes, cela signifie que le bain de refroidissement est trop froid ou que le mélangeur est réglé trop haut. Si par contre le refroidissement s'effectue en plus de 75 secondes, cela signifie alors que le bain de refroidissement est trop chaud, présente une mauvaise circulation ou que le mélangeur est réglé sur une valeur trop faible.

Si une «erreur de refroidissement» survient alors que la fonction du bain de refroidissement ainsi que celle du mélangeur ont été contrôlées, vérifier le thermistor ainsi que le calibrage de l'appareil. En cas de trop mauvais calibrage, l'appareil ne trouve plus sa propre échelle de mesure de température et ne peut donc effectuer de mesure correcte.

■ Congélation trop rapide:

L'état d'un échantillon n'est pas stable tant qu'il reste plus froid que son propre point de congélation. Il peut donc arriver qu'un échantillon gèle par le biais d'influences extérieures non désirées ou de soi-même avant que l'appareil ne déclenche le processus de congélation. Plusieurs explications sont ici possibles: le mélange est effectué trop fortement ou le mélangeur frotte contre les parois de l'éprouvette causant des secousses pouvant déclencher la congélation. Plus le refroidissement dure et plus l'échantillon a le temps de geler lui-même. C'est pour cette raison que le refroidissement doit toujours s'effectuer le plus rapidement possible. Des impuretés dans l'échantillon peuvent également déclencher ce phénomène.

■ Congélation non réussie:

Une fois la température de surrefroidissement atteinte (« température choc »), l'appareil frappe contre la paroi de l'éprouvette afin de déclencher la congélation. La température devrait à présent augmenter. On prend ici comme critère une augmentation d'au moins 0,1°C. Ce sera toujours le cas pour des solutions d'eau ou de calibrage lorsque le mélangeur est ajusté de sorte qu'il frappe énergiquement contre la paroi de l'éprouvette. Ce n'est par contre pas toujours le cas concernant le lait : certains types de lait gèlent plus difficilement. Si cette erreur n'apparaît que sporadiquement pour certains types de lait, réchauffer alors ceux-ci à 40°C, les laisser ensuite refroidir et mesurer à nouveau. Si par contre cette erreur apparaît plus souvent dans d'autres conditions, abaisser alors la température choc de sorte à surrefroidir plus fortement les échantillons pour qu'ils congèlent plus facilement. Si cela apparaît de surcroît avec des liquides de calibrage, le calibrage est alors lui-même en cause ou bien du liquide de calibrage s'est mélangé à l'échantillon.

■ Plateau non atteint:

Cette erreur ne peut apparaître que lorsque la « méthode de recherche du plateau » d'après IDF est employée pour la détermination du point de congélation. Avec cette méthode, la valeur de température du plateau doit se situer pendant une certaine durée dans une plage fixée. Il peut arriver qu'un certain type de lait ne remplisse pas ce critère. Mesurer alors un second échantillon de ce lait. Les erreurs se reproduisant soudainement alors que l'appareil travaille correctement sont dues soit au thermistor, soit à des influences extérieures.

■ Appareil non calibré ou thermistor défectueux:

Lors du démarrage de la mesure ou du calibrage, l'appareil teste la valeur actuelle du thermistor. Sa résistance électrique remplit comme on le sait une fonction de température. Cette résistance électrique est traduite par un ADC (Analog Digital Converter) en un chiffre, lequel continue d'être traité par l'appareil. Si le thermistor est soumis à un court-circuit ou une interruption de fonctionnement, sa résistance affiche une valeur nulle ou infinie, ce qui est à proprement parler impossible pour un thermistor fonctionnant normalement. Dans ce cas, l'appareil refuse de démarrer la mesure.

Si la température résultant de la valeur actuelle du thermistor et des constantes de calibrages mémorisées dans l'appareil est inférieure à +1°C (ce qui est impossible pour un thermistor se trouvant dans un nouvel échantillon, donc chaud), l'appareil refuse également de démarrer la mesure.

DECELEMENT DES ERREURS TECHNIQUES

Mise en marche: Lors de sa mise en marche, le message de départ suivant doit apparaître sur l'écran de l'appareil: «CryoStar I (ou CryoStar automatic), Funke Gerber».

Erreurs potentielles:

- Fusibles du bloc de raccordement au réseau
- Fusible de la plaque conducteur principale
- Redresseur principal. Nouvelle mesure: la tension du condensateur principale doit être supérieure à 11 V.
- Transformateur de réseau
- Erreur au niveau de la plaque conducteur principale
- Ecran ou câble de l'écran défectueux

Phase de refroidissement: le bain de refroidissement de l'appareil doit atteindre, dans un temps donné, une température d'au moins -6°C . Ce temps dépend de la température ambiante, mais ne doit pas dépasser 20 minutes.

Erreurs potentielles :

- Problème de ventilation. Fente d'aération sur le côté de l'appareil obstruée, intérieur de l'appareil encrassé.
- Un ventilateur est défaillant.
- Commande du ventilateur défectueuse. Nouvelle mesure: la tension des raccordements du ventilateur doit être d'env. 24-26 V.
- Bloc de refroidissement endommagé par la chaleur et défectueux.
- Commande du bloc de refroidissement défectueuse. Nouvelle mesure: à puissance de refroidissement maximale, la tension des raccordements Peltier doit être d'env. 6-10 V.
- Circulation inexistante ou trop faible: après avoir plongé, puis retiré, une éprouvette vide (sans couvercle) dans l'emplacement de mesure, le liquide du bain de refroidissement doit continuer à circuler pendant env. 1 à 2 secondes. **Erreurs potentielles:**
 - Liquide du bain de refroidissement trop épais. Changer le liquide
 - Liquide du bain de refroidissement insuffisant et donc air dans la conduite: remettre du liquide.
 - Pompe bloquée. Arrêter l'appareil, ouvrir le couvercle, tourner manuellement le rotor du moteur de la pompe avec précaution: il devrait tourner facilement. Dans le cas contraire (corps étranger dans la pompe): rincer la pompe et la conduite.
 - Commande de la pompe défectueuse. Nouvelle mesure: la tension des raccordements du moteur de la pompe doit être comprise entre 24 et 26 V.
 - Moteur de la pompe défectueux: remplacer le moteur
 - Arbre entre moteur de la pompe et pompe défectueux: démonter le moteur de la pompe, contrôler l'arbre.
 - L'appareil affiche «Erreur élévateur» au démarrage:
 Erreurs potentielles:
 - Interrupteur de fin de course de l'élévateur défectueux
 - Câble reliant la tête de mesure à la plaque conducteur principale défectueux
 - Plaque conducteur de la tête de mesure défectueuse
- L'appareil affiche dès le démarrage que la valeur est beaucoup trop froide, frappe et affiche «congélation non réussie». Possible uniquement avec des versions anciennes du logiciel résident. **Cause:**
 - Thermistor défectueux. Remplacer le thermistor, installer une version plus récente du logiciel résident.
 - Impossible de régler correctement le mélangeur.
 Causes possibles:
 - Le mélangeur a été tordu lors d'un changement de thermistor et touche la tige du thermistor. Aligner le mélangeur et installer le thermistor correctement, pour que le mélangeur puisse osciller sans contrainte.
 - La partie supérieure du mélangeur présente une rupture de fatigue: remplacer le mélangeur.
 - Le mélangeur est mal placé. L'aimant du mélangeur doit être orienté de façon à ce qu'il soit entraîné par la bobine conductrice et non repoussé. Placer le mélangeur correctement.
- L'appareil effectue les mesures et peut être calibré, mais les valeurs mesurées sont dispersées et changent. **Causes possibles:**
 - Thermistor défectueux. Il y a des microfissures dans le thermistor, à travers lesquelles l'humidité peut pénétrer. Les propriétés électriques du thermistor s'en trouvent faussées et il doit être remplacé.
 - Eprouvettes sales.
 - Le liquide du bain de refroidissement a atteint la tige du thermistor. Quelqu'un a démarré une mesure sans avoir placé d'éprouvette. Le thermistor se retrouve ainsi plongé dans le liquide du bain de refroidissement et les résidus attachés à la tige du thermistor se déposent peu à peu dans les échantillons suivants.

DÉCÈLEMENT DES ERREURS PENDANT L'UTILISATION

La plupart des erreurs relevées lors de l'utilisation de l'appareil sont dues à des défauts de calibrage. Le calibrage d'un cryoscope est une condition de base nécessaire pour toute utilisation. Pour des raisons attenantes aux méthodes de mesure, il convient d'employer un thermistor pour déterminer la température d'un échantillon. Les thermistors affichent un effet thermique très important, nécessaire pour une dissolution supérieure à 1 m°C. L'assiette de variation des valeurs de résistances due à la technique de production de ces composants est tellement large que l'on doit au préalable déterminer dans le cryoscope le point zéro de température (0°C), la plupart du temps lors d'un pré-calibrage, avant de pouvoir calibrer celui-ci définitivement avec un nouveau thermistor.

On peut partir du principe qu'après avoir remplacé un thermistor, le calibrage A ne pourra être effectué avec succès. Cela s'explique par le fait que l'appareil doit d'abord atteindre la température de choc réglée, avant de connaître une augmentation de la température (indiquant que la congélation a été déclenchée) après que la paroi de l'éprouvette aura été sollicitée. Ceci n'est cependant pas le cas, dans la mesure où les valeurs du nouveau thermistor indiquent des températures erronées après qu'aura été effectué le calcul se basant sur les constantes de calibrage du thermistor précédent. C'est pour cette raison qu'un pré-calibrage s'avère nécessaire, au cours duquel l'appareil ne retient pas les températures mais exécute uniquement un processus de mesure ajusté temporellement. Les constantes de calibrage sont ensuite adaptées aux caractéristiques du nouveau thermistor de façon à ce que les calibrages A et B puissent être correctement exécutés.

Il arrive malheureusement souvent de constater que les éprouvettes contenant les solutions ont été confondues pendant la procédure de calibrage ou que la mauvaise option a été sélectionnée dans le menu.

■ CALIBRAGE A AU LIEU DE CALIBRAGE B

L'échelle de température complète de l'appareil est ensuite faussée. En remesurant les solutions calibrées, on obtient des valeurs ainsi que des signes inversés.

Exemple: Cal. A: 0,000
Cal. A: 0,000
Cal. B: -0,557
Cal. A: -0,557 (défaut de maniement)
Nouvelle mesure solution B = 0,000
Nouvelle mesure solution A = 0,557

■ INVERSION DE LA SOLUTION A AVEC LA SOLUTION B

Dans un premier temps, le calibrage A réussit sans problème. L'appareil indique alors pour le calibrage B «on calibré» ou «Défaut thermistor» et reste en état non calibré.

■ Thermistor défectueux:

Cette erreur est la plus courante. Dans ce cas, il y a deux possibilités à envisager:

1. Le thermistor est (a été) interrompu, ce que l'on reconnaît au fait que l'indication reste constamment figée sur une valeur négative.
2. Le thermistor n'est plus étanche, ce qui apparaît au travers de son comportement de mesure extrêmement instable. La répétitivité s'avère très mauvaise en affichant par exemple des variations de +0,1°C. Dans les deux cas il convient de remplacer le thermistor.

■ Défauts de fonctionnement du mélangeur

- ❑ **Le mélangeur n'oscille pas librement:** ceci devrait être le cas dans la fente prévue à cet effet. Il ne doit en aucun cas toucher le thermistor, ce à quoi il convient d'apporter une attention particulière lors du remplacement d'un thermistor.
- ❑ **L'amplitude du mélangeur n'est pas assez grande:**
Le refroidissement de l'échantillon n'est pas régulier et dure bien plus d'une minute. Si le mélangeur est bien réglé, le temps de refroidissement est presque exactement de 1 minute. L'amplitude du mélangeur doit afficher environ 3 – 4 mm. Le cas échéant, régler le mélangeur en conséquence.
- ❑ **L'amplitude du mélangeur est trop grande:**
La congélation des échantillons est souvent trop rapide.

UTILISATIONS SPÉCIALES/MESURE DE LA CRÈME

Dans la mesure où le liquide significatif pour le point de congélation ne présente plus qu'un volume d'échantillon de 60 % pour une crème avec une teneur en matières grasses d'env. 40 %, il est conseillé d'augmenter le volume d'échantillon à 3 ml. En outre, la température de dissolution (température choc) doit être réglée sur -3°C, ou, le cas échéant, sur -3,2°C en cas de non-congélation récurrente de l'échantillon. Il est également possible que la puissance du choc du mélangeur doive être légèrement augmentée.

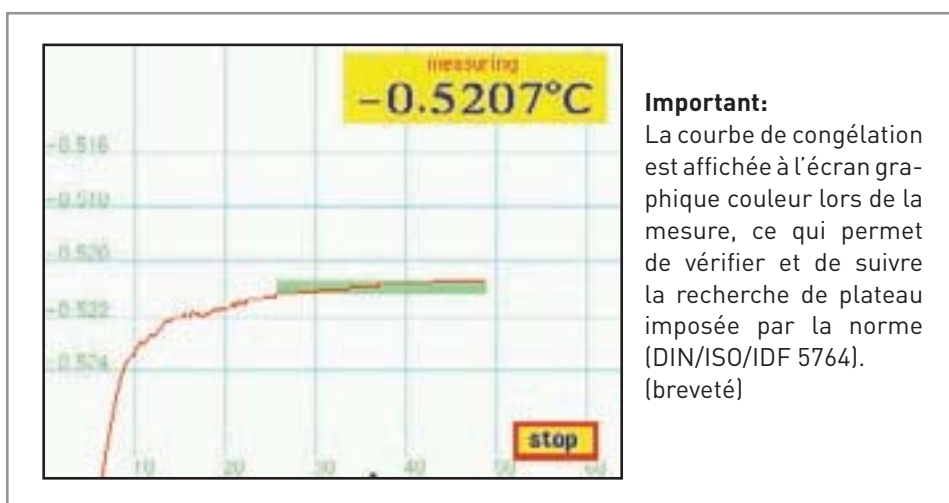
Valeurs de réglage recommandées

Désignation	Valeur de réglage
Valeur de calibrage A	0,000°C ou -0,408°C
Valeur de calibrage B	-0,557°C ou -0,600°C
Valeur de base	-0,520°C (valeur limite UE) Sert uniquement à calculer le taux d'eau d'apport en pour cent.
Température choc	-2,00°C (-3,00°C minimum)
Mode	Celsius
Plateau	Recherche du plateau: 0,4 m°C / 22 s
Temps constant:	50 s
Maximum:	0,2 m°C
Langue	Au choix
Mélangeur / amplitude	3 - 4 mm
Mélangeur / fréquence	Attention: ne pas modifier la valeur réglée. En fonction de l'exemplaire, les valeurs sont comprises entre 95 Hz et 104 Hz. Mélangeur / puissance du choc. La puissance du choc doit être réglée assez haut pour produire un son relativement fort lorsque la température de dissolution est atteinte (par ex. -2°C). Il faut toutefois veiller à ce que cette puissance ne soit pas trop forte, pour éviter de briser l'éprouvette. Les valeurs de réglages sont comprises entre environ 40 % et 50 %.

Si vous modifiez les réglages, il faut ensuite calibrer l'appareil.

CryoStar_{automatic}

CryoStar I



CryoStar vous permet de mesurer rapidement et de manière fiable le point de congélation du lait Mesure de référence selon DIN / ISO/ IDF 5764

APERÇU DES CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES:

- **Paré pour l'avenir et flexibilité d'utilisation:** mesure à heure fixe, recherche de plateau et maximale disponibles. Possibilité de programmer librement tous les paramètres, lesquels seront naturellement consignés. L'appareil peut ainsi être réglé sur toutes les données nationales et internationales.
- **Usage aisé:** commande par menu dans la langue de votre choix. Langues disponibles à ce jour: allemand, anglais, français, grec, italien, polonais, portugais, espagnol, turc et hongrois.
- **Performant:** un nouveau système de refroidissement garantit une mise en marche rapide, même à des températures ambiantes élevées (jusqu'à environ 32°C).
- **Rapide:** jusqu'à 40 échantillons peuvent être traités à l'heure selon le réglage.
- **Possibilités variées:** l'appareil possède un branchement parallèle (pour imprimantes normales) et peut être connecté au PC par une interface sérieuse, ce qui permet d'afficher et de mémoriser, si on le désire, la courbe de congélation sur l'écran pendant la mesure. Un zoom performant complète le tableau. Le logiciel nécessaire est compris dans la livraison.
- **Facile d'emploi:** le maniement de l'appareil est simple. Le pourcentage du taux d'eau d'apport est indiqué directement puis imprimé. Le calibrage est automatique. L'ensemble des réglages et des valeurs de calibrage est stocké en permanence dans une mémoire non volatile.

Données techniques:

Branchement:	230V/115 V CA (50...60 Hz), 180 VA
Résolution de mesure:	0,0001°C (0,1 m°C)
Répétitivité:	± 0,002°C (± 2,0 m°C)
Plage de mesure:	0,0000°C à -1,5000°C
Volume d'échantillonnage:	de 2,0 ml à 2,5 ml <i>(valeur conseillée: 2,2 ml)</i>
Nombres d'analyse d'échantillons: jusqu'à 40/h; norme: 30/h	
Interfaces:	1 parallèle, 1 sérieuse (RS232)
Temps de refroidissement:	env. 15 min
Affichage:	écran graphique couleur, courbe de congélation, résultat de mesure (°C), [% eau d'apport], date, heure, conditions de mesure
Impression de protocole:	résultat de mesure (°C), [% eau d'apport], date, heure, conditions de mesure

CryoStar I (appareil à échantillons individuels)
Cryoscope automatique

Méthode de référence selon norme ISO/IDF/DIN 5764
L'appareil se différencie du «CryoStar_{automatic}»
uniquement par l'introduction des échantillons.

Poids: 12,0 kg (net)
Dimensions: 290 x 380 x 190 mm (l x P x H)
avec tête de mesure: 240 mm (H)

7150



CryoStar_{automatic} (appareil à échantillons multiples)

La technique de mesure de cet appareil correspond
à l'appareil à échantillons individuels «CryoStar I».
Il s'en distingue uniquement par l'introduction des
échantillons. Il est en plus équipé d'un magasin circu-
laire pouvant accueillir 12 échantillons permettant de
tous les mesurer de manière entièrement automatique
en appuyant simplement sur un bouton.

Poids: 14,6 kg (net)
Dimensions: 440 x 440 x 200 mm (l x P x H)
avec tête de mesure: 240 mm (H)

7160



Accessoires/matériel d'usage

Imprimante thermique Imprimante de protocole (6 V CC)
à branchement direct aux appareils
CryoStar (n° d'art. 7150, 7160) et
LactoStar (n° d'art. 3510, 3530), pour le rouleau de
papier thermique, correspondant, voir n° d'art. 7157

7151

Thermistor de remplacement
Pour CryoStar I et CryoStar_{automatic} (n° d'art. 7150, 7160)
7152 selon norme ISO//DIN 5764, PVC, blanc

7152

Logiciel
Pour CryoStar (contenu dans la livraison)

7156

Rouleau de papier thermique
Pour imprimante thermique n° d'art. 7151

7157

Câble de branchement (12 V CC)
Pour branchement 12 V CryoStar

7159

7165 Standard de calibration «A»
0,000°C, 250 ml en bouteille PE

7166 Standard de calibration «B»
-0,557°C, 250 ml en bouteille PE



7167 Eprouvette
Avec marquage à 2,0 ml, 50 éprouvettes

7168 Support d'échantillons
En plastique PPH, pour 27 éprouvettes (n° d'art. 7167)



7169 Liquide de bain de refroidissement
500 ml en bouteille PE



7174 Pipette de prélèvement
Réglable entre 1,0 et 5,0 ml

7175 Pointes de pipette
Pour n° d'art. 7174



7186 Standard d'étalonnage A
-0,408°C, 250 ml en bouteille PE

7187 Standard d'étalonnage B
-0,600°C, 250 ml en bouteille PE

7188 Standard de contrôle C
-0,512°C, 250 ml en bouteille PE

