

---

Norme internationale



6221

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

**Photographie — Papiers et films photographiques —  
Méthode de détermination des caractéristiques de  
variation dimensionnelle**

*Photography — Photographic films and papers — Determination of the dimensional change characteristics*

**Première édition — 1980-06-01**

---

**CDU 771.531.2/.3.019 : 620.1**

**Réf. n° : ISO 6221-1980 (F)**

**Descripteurs :** photographie, produit photographique, pellicule photographique, essai, essai physique, essai de stabilité dimensionnelle, papier photographique, mesurage.

Prix basé sur 11 pages

## 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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 6221 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 42, *Photographie*, et a été soumise aux comités membres en mai 1979.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Allemagne, R.F.	Espagne	Pays-Bas
Australie	France	Pologne
Belgique	Italie	Royaume-Uni
Canada	Jamahiriya arabe libyenne	Tchécoslovaquie
Corée, Rép. de	Japon	USA

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

# Photographie — Papiers et films photographiques — Méthode de détermination des caractéristiques de variation dimensionnelle

## 0 Introduction

Les films et les papiers photographiques présentent des variations dimensionnelles temporaires ou réversibles aussi bien que des variations dimensionnelles permanentes. La présente Norme internationale est destinée à fournir des méthodes uniformes de traitement des échantillons et des méthodes d'expression des variations dimensionnelles qui se produisent lors des changements de conditions atmosphériques et au cours des traitements et du vieillissement.

Les variations dimensionnelles temporaires ou réversibles résultent des variations de la teneur en humidité (qui dépend de l'humidité relative de l'atmosphère ambiante) ou des changements de température. Les variations dimensionnelles permanentes proviennent des traitements et du vieillissement. Le taux de retrait permanent du film, en règle générale, augmente avec la température mais diminue avec le temps. Le taux de retrait peut également être plus élevé pour une humidité relative faible ou forte, selon le type de film. Certains produits, notamment le film photographique sur support polyester, peuvent présenter des ondulations après une exposition à un taux d'humidité élevé.

L'utilisation croissante, depuis quelques années, de films photographiques pour les applications dans lesquelles la stabilité dimensionnelle est essentielle a souligné l'importance de la précision des mesures dimensionnelles. Dans la reproduction photomécanique, par exemple, une variation dimensionnelle très faible, telle que 0,01 %, peut avoir de l'importance. Dans le cas de la cartographie aérienne, un retrait uniforme est de peu d'importance puisqu'il peut aisément être compensé par une correction d'agrandissement, mais toute différence de retrait entre les deux sens principaux est une source d'erreur. Les variations de dimensions localisées ou non uniformes sont particulièrement à craindre.

Les propriétés de variation dimensionnelle d'un film ou d'un papier dépendent non seulement de leur composition et de leur mode de fabrication, mais aussi de leurs conditions antérieures de température et d'humidité. L'évaluation précise de ces propriétés requiert certains contrôles sur les conditions antérieures auxquelles a été soumis l'échantillon, aussi bien que des contrôles très précis sur les méthodes de conditionnement et de mesurage. Les dimensions des films et des papiers sont également sujettes aux effets d'hystérésis. Ce phénomène est relativement plus important pour les produits plus stables, tels que les films dont le support est à base de résine synthétique hydrophobe.

Des informations supplémentaires sur les caractéristiques dimensionnelles des films et papiers photographiques, de même que sur les méthodes de mesurage, peuvent être trouvées dans la littérature technique.

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode de détermination des variations dimensionnelles des films et des papiers photographiques causées par :

- a) les variations de la teneur en humidité dues aux variations de l'humidité relative de l'atmosphère (coefficient de dilatation due à l'humidité);
- b) les changements de température (coefficient thermique de dilatation);
- c) les traitements;
- d) le vieillissement.

La présente Norme internationale traite des conditions antérieures d'humidité et de température des échantillons avant les mesures, des conditions atmosphériques pendant les mesures et du traitement des résultats. Elle ne décrit pas les différentes techniques expérimentales utilisées pour les mesures.

## 2 Définitions

**2.1 dilatation (ou retrait) due (dû) à l'humidité :** Variation dimensionnelle causée par un gain (ou une perte) d'humidité, à la suite de variations de l'humidité relative de l'air ambiant à une température constante.

**2.2 coefficient de dilatation due à l'humidité :** Variation moyenne de dimensions, par unité de longueur, pour une variation de 1 % de l'humidité relative.

**2.3 dilatation (ou retrait) thermique :** Variation dimensionnelle causée par une augmentation (ou une diminution) de la température à un taux constant d'humidité relative.<sup>1)</sup>

**2.4 coefficient thermique de dilatation :** Variation moyenne de dimensions, par unité de longueur, pour une variation de température de 1 °C.

1) Il s'agit, plus précisément, d'une dilatation thermique apparente, étant donné que la teneur en humidité du film varie légèrement avec la température à un taux constant d'humidité relative. La dilatation thermique est moins importante en ce qui concerne le papier en raison de la petitesse des variations qu'elle produit, comparées particulièrement aux effets de l'humidité.

### 2.5 variation dimensionnelle due aux traitements :

Variation dimensionnelle permanente causée par les traitements photographiques. Ceux-ci peuvent être le traitement chimique classique dans des bains, le traitement à la vapeur ou le traitement à chaud. Elle est mesurée après conditionnement à l'humidité relative et à la température utilisées pour le premier mesurage et elle est exprimée en pourcentage.

### 2.6 variation dimensionnelle due aux traitements et au vieillissement :

Variation dimensionnelle permanente qui résulte des traitements et aussi du vieillissement du produit traité. Elle est mesurée après conditionnement, du film ou du papier traité et vieilli, à l'humidité relative et à la température utilisées pour le premier mesurage et elle est exprimée en pourcentage.

**2.7 sens longitudinal :** Sens du film, ou du papier, parallèle à son mouvement dans la machine de fabrication du film ou du papier. Il est également appelé «sens chaîne» ou «sens machine».

**2.8 sens transversal :** Sens du film ou du papier perpendiculaire au sens longitudinal.

**2.9 variation dimensionnelle différentielle :** Différence entre les variations dimensionnelles du produit dans les deux sens principaux (longueur et largeur).<sup>1)</sup>

**2.10 conditionnement :** Exposition d'un échantillon à une atmosphère ayant une humidité relative et une température données, jusqu'à ce que son équilibre soit atteint.

**2.11 préconditionnement :** Création d'un passé hygrométrique en conditionnant l'échantillon à une humidité relative supérieure ou inférieure à l'humidité relative de conditionnement utilisée pour les mesurages. Le but du préconditionnement est de contrôler les effets de l'hystérésis (voir 2.12).

**2.12 hystérésis dimensionnelle :** Différence entre les dimensions absolues d'un échantillon en équilibre avec l'air à une humidité relative donnée, lorsqu'il est conditionné à partir d'une humidité relative plus élevée et lorsqu'il est conditionné à partir d'une humidité relative moins élevée (voir annexe B).

## 3 Techniques de mesurage

Il existe de nombreuses techniques différentes utilisées pour mesurer les variations dimensionnelles des produits sensibles. La description d'un équipement de mesurage particulier n'entre pas dans le cadre de la présente Norme internationale mais plusieurs principes sont indiqués dans l'annexe A.

## 4 Échantillonnage

### 4.1 Choix des échantillons

Les échantillons destinés aux essais de stabilité dimensionnelle ne doivent présenter aucun défaut physique évident, ils doivent être représentatifs de l'ensemble des produits à l'essai, être manipulés de la même manière que dans l'utilisation courante et être traités uniformément. Lorsque des produits différents doivent être comparés, ils doivent avoir été, de préférence, soumis au même processus de conditionnement antérieur. Le sens de la longueur doit être indiqué, s'il est connu.

### 4.2 Manipulation des échantillons

Préparer les échantillons dans des conditions contrôlées, puis les séparer en groupes qui sont soumis à des conditions atmosphériques différentes. Pendant la manipulation, porter des gants résistant à l'humidité. L'humidité de la peau peut réduire la précision des résultats. Le manipulateur doit faire attention à ne pas souffler sur les échantillons.

### 4.3 Traitement des échantillons

Les échantillons doivent être exposés et traités par des méthodes et avec un équipement appropriés au produit. Lorsque l'on étudie les effets des appareils de traitement, des tensions ou des conditions de séchage, le film ou le papier traité doit se présenter dans les formats utilisés dans la pratique. Les échantillons peuvent être développés en négatif ou en positif mais cela peut affecter les variations dimensionnelles de certains produits. Les films gélatino-argentiques présentent, en règle générale, des variations dimensionnelles moindres à faible densité qu'à densité élevée.

## 5 Conditionnement

### 5.1 Enceinte à humidité constante

On peut utiliser soit une grande pièce à humidité constante, soit une enceinte de conditionnement.

#### 5.1.1 Pièce à humidité constante

La pièce doit être étanche à la vapeur, isolée sur tous les côtés et équipée d'une porte étanche à l'air. Elle doit être munie d'un système mécanique de conditionnement de l'air et celui-ci doit circuler à une vitesse d'au moins 15 cm/s. Le nombre des personnes admises dans la pièce au même moment pendant les essais doit être limité. L'humidité relative de la pièce doit être vérifiée régulièrement, de préférence au moyen d'un hygromètre électrique étalonné ou de thermomètres à réservoir sec et humide.

1) Les films sur support polyester présentent fréquemment des variations dimensionnelles maximales et minimales dans des directions différentes des directions longitudinale ou transversale. Elles peuvent être déterminées en examinant le support nu entre deux polariseurs croisés et en lui faisant subir un mouvement de rotation dans son plan. Lorsque la direction correspondant au maximum ou au minimum de la variation dimensionnelle coïncide avec l'axe optique d'un polariseur, la transmission de la lumière à travers le support est minimale.

### 5.1.2 Enceinte de conditionnement à humidité constante

Les dimensions qui conviennent pour cette enceinte sont : une hauteur d'environ 1 m, une largeur et une profondeur égales à 0,5 m. Elle doit être constituée de matériaux qui assurent une bonne isolation et ses parois intérieures doivent être revêtues d'une feuille de métal. On doit pouvoir insérer sur le fond de l'enceinte des cuvettes appropriées contenant environ 1 litre de solution salée pour maintenir l'humidité requise. Une grande surface, d'environ 1 000 cm<sup>2</sup> si possible, est nécessaire. Des dispositions appropriées doivent être prises pour maintenir la température voulue à l'aide d'un thermostat à l'intérieur de l'enceinte. Un ventilateur doit être installé afin d'assurer une circulation totale et rapide de l'air au-dessus de la solution salée et des échantillons. La vitesse de l'air doit être d'au moins 30 cm/s. L'enceinte de conditionnement doit être munie d'ouvertures auxquelles sont ajustés des manches et des gants en caoutchouc pour l'accès des mains du manipulateur dans l'enceinte. L'humidité relative de l'enceinte doit être régulièrement vérifiée, de préférence au moyen d'un hygromètre électrique étalonné.

### 5.2 Température et humidité normalisées

La température normalisée doit être de  $23 \pm 0,5$  °C, sauf en ce qui concerne l'essai spécifié au chapitre 7. L'humidité relative est spécifiée dans les paragraphes relatifs aux méthodes d'essai et elle dépend de la propriété que l'on mesure.

### 5.3 Conditionnement des échantillons

Les échantillons peuvent être suspendus dans l'atmosphère de conditionnement au moyen d'un crochet ou d'une baguette passant dans un trou percé au milieu d'une extrémité près du bord. Ils doivent être séparés afin d'empêcher tout contact entre eux. Une autre méthode de conditionnement consiste à placer les échantillons verticalement sur des cadres, leur plus grande dimension étant horizontale, espacés de telle sorte qu'il y ait libre circulation de l'air. Les échantillons ne doivent pas être enlevés de l'atmosphère conditionnée pour les mesurages. Conditionner les échantillons jusqu'à ce que l'équilibre de l'humidité ait été pratiquement atteint.

#### 5.3.1 Film

La durée de conditionnement sera d'environ 4 h mais variera en fonction de la circulation de l'air de conditionnement, du type de film, de l'épaisseur de base, etc. La durée de conditionnement ne devra pas excéder 24 h.<sup>1)</sup>

#### 5.3.2 Papier

Les papiers à deux couches sans revêtement de résine exigent environ 8 h de conditionnement; les papiers à revêtement de résine demanderont jusqu'à 5 jours, selon la nature de la couche de résine.

## 6 Mesurage du coefficient de dilatation due à l'humidité

### 6.1 Mode opératoire

Cinq échantillons sont préconditionnés<sup>2)</sup> entre 10 et 15 % d'humidité relative, puis conditionnés entre 15 et 25 % d'humidité relative (en tout cas au moins 5 % d'humidité relative au-dessus de l'humidité relative de préconditionnement) et ensuite mesurés. Ils sont alors reconditionnés entre 50 et 60 % d'humidité relative et mesurés à nouveau.<sup>3)</sup> La température de conditionnement doit être constante et conforme à 5.2. Les deux humidités relatives de conditionnement doivent être mesurées avec soin. L'essai peut être fait sur des échantillons traités et non traités, selon la méthode de mesurage utilisée (voir annexe A). Les coefficients de dilatation due à l'humidité des films traités ou non traités ne sont pas identiques, en règle générale.

### 6.2 Calculs

Étant donné que la courbe de variation dimensionnelle en fonction de l'humidité relative n'est pas toujours linéaire (voir annexe B), cette méthode d'essai ne donne qu'un coefficient moyen dans l'intervalle mesuré. On doit prendre la moyenne des variations dimensionnelles entre les deux mesures sur les cinq échantillons et calculer les coefficients de dilatation d'après la formule

$$H = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \times R}$$

où

$H$  est le coefficient de dilatation due à l'humidité pour 1 % d'humidité relative;

$l_1$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée dans les conditions initiales de température et d'humidité relative;

$l_2$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée dans les conditions finales de température et d'humidité relative;

$R$  est la différence entre les deux humidités relatives de conditionnement utilisées, en pourcentage.

1) Pour des humidités relatives supérieures ou égales à 60 %, les films et les papiers subissent parfois une variation irréversible de dimensions. Pour cette raison, la durée de conditionnement doit être normalisée pour permettre des comparaisons.

2) Il est recommandé d'adopter, pour des films photographiques, des durées de préconditionnement de 1 à 2 h.

3) Cet intervalle d'humidité relative est choisi parce que la courbe de variation des dimensions en fonction de l'humidité relative présente pour certains produits des anomalies au-dessus de 60 % d'humidité relative (voir annexe B).

### 6.3 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit comprendre les indications suivantes :

- a) coefficients de dilatation due à l'humidité pour le sens de la longueur et pour le sens de la largeur;
- b) humidités relatives et température de conditionnement;
- c) indication que les échantillons étaient non traités ou traités à une densité élevée ou faible.

## 7 Mesurage du coefficient thermique de dilatation<sup>1)</sup>

### 7.1 Mode opératoire

Conditionner cinq échantillons entre 40 et 60 °C et les mesurer, puis les conditionner entre 10 et 25 °C et les mesurer à nouveau.<sup>2)</sup> Une durée de conditionnement de 1 à 4 h à chaque température est recommandée. Les échantillons et le matériel de mesure doivent être amenés à l'équilibre thermique. L'humidité relative doit être la même aux deux températures et doit être contrôlée comme indiqué en 5.1. Une faible humidité est plus commode pour le travail de laboratoire, cependant d'autres humidités relatives peuvent être utilisées.<sup>3)</sup> L'essai peut être fait sur des produits non traités ou traités, selon la méthode de mesurage utilisée (voir annexe A).

### 7.2 Calculs

Cette méthode d'essai ne donne qu'un coefficient thermique de dilatation apparent, puisque la teneur en humidité des films et des papiers<sup>1)</sup> varie légèrement avec la température à un taux constant d'humidité relative. On doit prendre la moyenne des variations dimensionnelles entre les deux mesurages sur les cinq échantillons, et calculer les coefficients thermiques de dilatation d'après la formule

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \times t}$$

où

$\alpha$  est le coefficient thermique de dilatation par 1 °C;

$l_1$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée dans les conditions initiales de température et d'humidité relative;

$l_2$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée dans les conditions finales de température et d'humidité relative;

1) Les variations dimensionnelles des papiers photographiques pour de faibles variations de température (mais pour une même teneur en humidité) sont si petites que leur mesurage est très difficile et présente peu de signification pratique. Cette méthode est importante pour les films photographiques.

2) Le mesurage à température élevée est fait en premier, de sorte que tout retrait permanent pouvant se produire au cours du conditionnement n'affecte pas le résultat.

3) Le coefficient thermique de dilatation varie légèrement avec l'humidité relative pour certains produits.

$t$  est la différence entre les deux températures de conditionnement utilisées, en degrés centigrades.

Selon le type et la composition de l'appareillage de mesurage, il peut être nécessaire de faire une correction pour la dilatation thermique du témoin ou de l'étalon de référence.

### 7.3 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit comprendre les indications suivantes :

- a) coefficients thermiques de dilatation pour le sens de la longueur et pour le sens de la largeur;
- b) températures et humidité relative de conditionnement;
- c) état des échantillons, non traités ou traités et, dans ce cas, leur densité faible ou élevée.

## 8 Mesurage des variations dimensionnelles dues aux traitements

### 8.1 Généralités

Les variations dimensionnelles dues aux traitements des films et des papiers photographiques peuvent être affectées d'une façon prononcée par les trois variables suivantes de la méthode d'essai :

#### 8.1.1 Humidité relative de préconditionnement d'un échantillon vierge

Les dimensions d'un échantillon non traité à un taux donné d'humidité relative peuvent dépendre considérablement des conditions antérieures d'humidité de préconditionnement. Cela est dû aux effets d'hystérésis et de relaxation décrits dans l'annexe B.

Il est nécessaire de spécifier si l'échantillon a été préconditionné à partir d'une humidité plus basse ou plus élevée avant le mesurage initial sur le produit non traité. Cela est indiqué par la lettre «L» dans le premier cas et par la lettre «H» dans le second.

#### 8.1.2 Humidité relative de préconditionnement d'un échantillon traité

Les conditions antérieures d'humidité de préconditionnement sont aussi importantes pour les dimensions de l'échantillon traité que pour l'échantillon vierge mentionné en 8.1.1. Les lettres «L» et «H» sont également utilisées pour indiquer les conditions antérieures d'humidité du produit traité. La lettre «H» est aussi utilisée lorsque l'échantillon est séché après le traitement au taux d'humidité auquel se fait le mesurage.

### 8.1.3 Humidité relative de mesurage

Les échantillons doivent se trouver en équilibre avec la même humidité relative pour les mesurages faits sur un échantillon traité et sur un échantillon vierge. Sinon, une dilatation réversible due à l'humidité s'introduira dans la variation dimensionnelle mesurée. Cependant, la variation dimensionnelle due aux traitements peut dépendre fortement de l'humidité relative à laquelle les mesurages sont faits, et cela doit être indiqué dans le compte rendu des résultats.

### 8.2 Système de codage

On peut utiliser une large variété de méthodes d'essai pour le mesurage des variations dimensionnelles dues aux traitements, en faisant varier les conditions antérieures de préconditionnement des échantillons vierges et traités et l'humidité à laquelle les mesurages sont faits. Pour caractériser la méthode utilisée, on se sert d'un système de codage. Par exemple, «méthode LH-50» signifie que l'échantillon vierge a été préconditionné à partir d'un faible taux d'humidité (L), que l'échantillon traité a été préconditionné à partir d'un taux élevé d'humidité (H), et que toutes les mesures ont été faites à 50 % d'humidité relative. De même, «méthode LL-10» indique que l'échantillon vierge et l'échantillon traité ont été préconditionnés à un taux d'humidité inférieur au taux de 10 % d'humidité relative auquel les échantillons ont été mesurés. En pratique, l'intervalle délimité par LH-50 (traitement en cuvette et séchage à l'air) et HL-50 (traitement et séchage à la machine) reflète généralement les écarts prévisibles des variations dimensionnelles dues aux traitements effectués dans la pratique.

### 8.3 Mode opératoire

Préconditionner cinq échantillons.<sup>1)</sup> L'humidité relative de préconditionnement doit être choisie de façon à réaliser les conditions antérieures d'humidité basse (L) ou élevée (H) que l'on désire et doit être d'au moins 5 % d'humidité relative supérieure ou inférieure à l'humidité choisie pour le mesurage. Conditionner ensuite les échantillons à l'humidité choisie pour le mesurage et mesurer leurs dimensions (les échantillons doivent être exposés si l'on doit utiliser une image photographique pour le mesurage, comme il est indiqué dans l'annexe A).

Traiter et sécher les échantillons comme indiqué en 4.3. Les préconditionner au taux d'humidité désiré, élevé ou bas, puis les conditionner à l'humidité de mesurage et les mesurer à nouveau.<sup>2)</sup> La température de conditionnement doit être la même avant et après le traitement et elle doit être réglée à la valeur indiquée en 5.2, la durée de conditionnement étant celle définie en 5.3.

1) Les durées de préconditionnement de 1 à 2 h sont recommandées pour les films et les papiers photographiques.

2) Lorsque les échantillons sont amenés par séchage à l'humidité de mesurage, on utilise la lettre «H» sans qu'il soit besoin d'une étape distincte de préconditionnement.

3) Une humidification accélérée active le retrait causé par la perte du solvant résiduel pour les supports de film comportant un revêtement appliqué par solvant. Un séchage accéléré active le retrait causé par la relaxation des contraintes ou par l'écoulement plastique du support du film. Le papier photographique ne présente pas de retrait par perte de solvant, mais il change de dimensions par suite de variations cycliques de l'humidité par relaxation des contraintes.

4) Les tolérances sur la température et l'humidité relative utilisées pour le vieillissement n'ont pas à être aussi strictes que les tolérances sur la température et l'humidité relative de conditionnement pour les mesurages.

### 8.4 Calculs

Prendre la moyenne des variations dimensionnelles entre les deux mesurages sur les cinq échantillons et calculer la variation dimensionnelle due au traitement par la formule

$$\% P = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \times 100$$

où

% P est la variation dimensionnelle due au traitement, exprimée en pourcentage (un signe négatif indique un retrait, un signe positif indique une dilatation);

$l_1$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée à la température initiale de conditionnement et au taux initial d'humidité relative.

$l_2$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée à la température finale de conditionnement et taux final d'humidité relative.

### 8.5 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit comprendre les indications suivantes :

- a) méthode utilisée (par exemple LH-50);
- b) variations dimensionnelles dues au traitement, dans le sens de la longueur et dans le sens de la largeur;
- c) conditions de traitement, en indiquant notamment si les échantillons ont été traités à densité élevée ou faible.

## 9 Mesurage des variations dimensionnelles dues au traitement et au vieillissement

### 9.1 Conditions de vieillissement

Les conditions de vieillissement<sup>3)</sup> utilisées doivent être choisies parmi les suivantes<sup>4)</sup> :

- a) conditions normales,  $23 \pm 2$  °C et  $50 \pm 5$  % d'humidité relative;
- b) conditions estivales,  $32 \pm 2$  °C et  $60 \pm 5$  % d'humidité relative;

c) conditions tropicales d'humidité,  $32 \pm 2$  °C et  $90 \pm 5$  % d'humidité relative;

d) conditions accélérées à sec,  $50 \pm 2$  °C et  $20 \pm 5$  % d'humidité relative.

## 9.2 Durée de vieillissement

Les durées de vieillissement utilisées doivent être choisies parmi les suivantes : une semaine, un mois, trois mois, 6 mois, un an ou des durées multiples de celles-ci.

## 9.3 Mode opératoire

Soumettre cinq échantillons au processus LL-50 spécifié en 8.3. Les placer ensuite sur des cadres à intervalles d'au moins 6 mm, ou les suspendre par des pinces, puis les soumettre à une ou plusieurs des conditions de vieillissement énumérées en 9.1. Lorsque la durée de vieillissement (voir 9.2) est écoulée, préconditionner<sup>1)</sup> les échantillons à un faible taux d'humidité et à la température normalisée (voir 5.2), puis les conditionner à 50 % d'humidité relative comme indiqué en 5.3, et les mesurer à nouveau. Les échantillons peuvent ensuite être de nouveau soumis aux mêmes conditions de vieillissement pendant une autre période, si on le désire.

## 9.4 Calculs

Prendre la moyenne des variations dimensionnelles entre le mesurage initial sur le film vierge et le mesurage final sur le film traité et vieilli pour les cinq échantillons, calculer la variation

dimensionnelle due aux traitements et au vieillissement selon la formule

$$\% A = \frac{l_2 - l_1}{l_2} \times 100$$

où

% A est la variation dimensionnelle due aux traitements et au vieillissement, exprimée en pourcentage (un signe négatif indique un retrait et un signe positif indique une dilatation);

$l_1$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée à la température initiale de conditionnement et au taux initial d'humidité relative.

$l_2$  est la longueur témoin ou la dimension mesurée à la température finale de conditionnement et au taux final d'humidité relative.

## 9.5 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit comprendre les indications suivantes :

- a) variation dimensionnelle due au traitement et au vieillissement pour le sens de la longueur et pour le sens de la largeur;
- b) conditions de traitement, y compris si les échantillons ont été traités à une densité élevée ou faible;
- c) conditions de vieillissement;
- d) durée de vieillissement.

1) Des durées de préconditionnement de 1 à 2 h sont recommandées pour les films et les papiers photographiques.

## Annexe A

### Méthodes de mesurage des variations dimensionnelles

Il existe de nombreuses techniques différentes pour mesurer les variations dimensionnelles des films et des papiers photographiques. La méthode la plus adaptée dépend de la précision requise, des dimensions du produit sensible que l'on doit mesurer, de l'importance relative que présentent le mesurage des dimensions physiques du matériau et celui de la distorsion de l'image photographique, de l'obligation que l'on peut avoir de mesurer simultanément des dimensions dans des directions différentes ou d'obtenir un mesurage de l'uniformité des variations de dimensions. Plusieurs principes de mesurage éprouvés sont brièvement passés en revue.

La méthode du gabarit à broches, décrite pour la première fois par Davis et Stovall [1], est une technique largement utilisée. Avec cette technique, le produit photographique est percé de deux paires de perforations dont la distance est connue. Ces perforations s'engagent sur des paires correspondantes de broches d'un gabarit mécanique et la distance entre les broches est lue sur un cadran indicateur. On peut obtenir une répétabilité de  $\pm 0,006\%$ . En raison de la tension imposée par le gabarit, cet appareil peut être moins adapté à certains papiers photographiques minces et à certains films à support mince, étant donné que les perforations peuvent ne pas avoir la résistance suffisante pour éviter des déformations. Cette méthode donne une variation dimensionnelle moyenne sur la longueur du gabarit, mais ne met pas en évidence les zones localisées dont le comportement n'est pas uniforme. De plus, les valeurs ne sont déterminées que dans un seul sens sur l'échantillon d'essai, et l'on doit donc découper des échantillons pour chaque sens auquel on s'intéresse. Compte tenu de ces limitations, cette technique s'est montrée extrêmement utile [2].

Un autre appareil utile, permettant également les mesures de dimensions de bandes, est constitué par une jauge de contraintes associée à un montage électronique [3]. Cette méthode est également limitée à une seule dimension et un palpeur à ressort tend à déformer les produits à support mince.

Une étude simultanée des variations dimensionnelles des films photographiques dans plusieurs sens a été faite, en photographiant un réseau ou une grille sur le film et en comparant ensuite les intersections de ce réseau avec celles du réseau étalon (tracé sur une plaque de verre) en utilisant un comparateur optique. Ce procédé peut donner des valeurs très précises [4] [5] [6] et peut être appliqué à des feuilles de dimensions relativement grandes. Néanmoins, les mesurages sont très laborieux. Une variante plus élaborée de cette technique mesure les coordonnées X et Y d'un quadrillage rectangulaire [7]. Un programme d'ordinateur convertit ces coordonnées en données plus significatives.

Une autre méthode optique sur des feuilles de grandes dimensions est basée sur le principe des diagrammes d'interférence moirés [8 à 11]. Une fine trame en damier, sur verre, est photographiée sur le film, puis est superposée à la trame originale sur verre et repérée. Les figures moirées obtenues peuvent être utilisées pour calculer les variations absolues de dimensions et elles permettent de mettre aisément en évidence tout manque d'uniformité dans les variations dimensionnelles. Les deux méthodes, celle du moirage et celle du comparateur à réseau, utilisent une image photographique comme élément de mesurage et ne peuvent donc pas être utilisées avec des produits non traités. Ces deux méthodes fournissent également des informations sur l'uniformité des variations dimensionnelles.

## Annexe B

### Hystérésis dimensionnelle des films photographiques

Les mesurages soignés des propriétés dimensionnelles des produits photographiques, particulièrement des films sur support de résine à faible retrait résistant à l'humidité, doivent prendre en compte le phénomène d'hystérésis dimensionnelle, c'est-à-dire le fait que le matériau ne reprend pas les mêmes dimensions lorsque son humidité relative d'équilibre est approchée en partant d'une humidité relative supérieure ou inférieure.

Les produits hydrophiles ou absorbant l'humidité présentent une hystérésis d'humidité et ont une teneur en humidité plus élevée lorsque l'équilibre est approché en partant d'une humidité relative supérieure que lorsqu'il est approché en partant d'une humidité inférieure. Le papier, l'ester de cellulose et la gélatine sont des exemples caractéristiques de ces produits. Pourtant, l'hystérésis dimensionnelle des films photographiques est plus compliquée du fait de l'intervention de facteurs mécaniques en plus de l'absorption d'humidité.

Les courbes d'hystérésis dimensionnelle sont données à la figure 1 pour un film non traité à support d'ester de cellulose. La figure 2 montre l'hystérésis dimensionnelle pour des films hydrophobes à support de résine, l'un traité, l'autre non traité. Ces courbes illustrent les variations dimensionnelles obtenues pour une variation cyclique de l'humidité relative, bien qu'il puisse y avoir des variations considérables dans le comportement pour des films différents. Le film non traité à support d'ester de cellulose de la figure 1 illustre le type normal d'hystérésis résultant d'une teneur en humidité plus élevée pendant l'élimination que pendant l'absorption. Le film sur support de résine (voir figure 2), au contraire, présente une hystérésis mais en sens inverse, c'est-à-dire que le film a des dimensions plus petites lorsque l'humidité relative est approchée par au-dessus. L'inversion d'hystérésis observée ici est due aux effets mécani-

ques et rhéologiques en rapport avec les interactions du support et de la gélatine [12].

Ainsi, deux forces antagonistes peuvent agir pour créer l'hystérésis dimensionnelle des films photographiques, à savoir l'hystérésis normale d'humidité dans le support et l'hystérésis inverse causée par les effets mécaniques de la gélatine. En fait, certains types de films à support d'ester de cellulose présentent également une hystérésis inversée. Autrement dit, le type de support et d'émulsion et le rapport d'épaisseur support/émulsion déterminent les caractéristiques d'hystérésis dimensionnelle.

Il découle des considérations précédentes que les propriétés dimensionnelles d'une feuille de film ne peuvent être définies avec précision que grâce à une connaissance complète des conditions antérieures des échantillons et en spécifiant de façon rigoureuse les conditions d'essai. Dans le chapitre 6, on spécifie que le mesurage est fait dans un intervalle limité par 60 % d'humidité relative parce que les courbes relatives aux films à support de résine présentent quelquefois un point d'inflexion pour un taux d'humidité élevé. Dans le chapitre 8, des méthodes différentes peuvent être utilisées pour prendre en compte les différentes combinaisons des conditions antérieures d'humidité pour les films vierges et traités qui peuvent se présenter dans la pratique. Naturellement, cela est relativement plus important pour les films à support de résine, qui sont plus stables. La figure 2 montre les écarts des variations dimensionnelles qui peuvent être causés par les conditions antérieures d'humidité, même lorsque le film est revenu lors de l'utilisation au taux d'humidité relative qui existait au moment de l'exposition dans l'appareil photographique.