

# Résolution du film 35mm en projection cinématographique

## 1. Introduction

Dans le cadre du groupe d'étude 6 de l'ITU-R, traitant de la spécification de la projection sur grand écran d'images numériques (LSDI, Large Screen Digital Imagery), des tests ont été menés sur la résolution d'un film 35mm depuis le négatif jusqu'à la copie série suivant le processus traditionnel de création d'un film.

Ce test est un point de référence important, étant donné que la très grande majorité des films distribués aujourd'hui en salle le sont sous la forme de copie 35mm. La référence perceptuelle de projection correspond donc aujourd'hui à celle rendue par une copie 35mm.

Cependant, cette étude n'implique nullement que la résolution du LSDI se doit d'être nécessairement supérieure à celle d'une copie série 35mm. Le LSDI peut être de qualité supérieure, égale ou inférieure à la projection 35mm actuelle, selon l'application concernée.

Il est important de noter que ces tests ne sont pas un projet de recherche destiné à mesurer la résolution maximale disponible sur un film 35mm, ni à déterminer les performances du matériel de développement, des pellicules ou des projecteurs. Ces tests ont été faits avec des équipements et des pellicules standards, en suivant le processus classique de production, post-production, développement et projection d'un film. Par conséquent, cette étude permet de déterminer la résolution d'un film 35mm obtenue aujourd'hui dans une production standard.

A cet effet, des professionnels qualifiés intervenant dans l'industrie internationale de la production de film ont été impliqués dans la réalisation de ces tests, et nous les remercions de leur contribution.

Ces tests s'articulent en deux phases. La première concerne la résolution d'une copie série (1), la seconde la résolution d'une copie directement tirée du négatif.

## 2. Procédure de test

Ces tests ont suivi la procédure suivante, qui a été soumise à l'approbation d'un groupe international d'experts techniques.

- Une mire de définition a été filmée sur une pellicule 35mm standard utilisée pour le tournage de films. Deux prises de vues ont été effectuées, une aux Etats-Unis, l'autre en France en coopération avec l'AFC (Association Française des directeurs de la photographie Cinématographique). Les tournages ont été effectués avec des caméras et des optiques classiques, en présence d'experts internationaux.
- Les négatifs ont été développés sur des équipements classiques
- Les négatifs ont par la suite été montés pour faciliter la mise en œuvre des tests subjectifs
- Pour la première phase des tests, des interpositifs, internégatifs et copies séries ont été développés et tirés dans deux laboratoires distincts, en utilisant des films et des équipements typiques de la production traditionnelle de films. Pour la seconde phase, des copies prestiges ont directement été tirées du négatif.

---

(1) La processus classique de production d'une copie 35mm série consiste à tirer un interpositif du négatif original, puis de tirer un ou plusieurs internégatif(s) de cet interpositif, et enfin de tirer le nombre voulu de copies depuis les internégatifs. Une copie série est donc un tirage de troisième génération du négatif original. Cette approche est utilisée afin d'éviter de manipuler le négatif, qui ne peut être remplacé au cas où il serait abîmé. En revanche, une copie « prestige », ou copie « zéro » est tirée directement depuis le négatif imprimé par la caméra. Ce type de copie est donc un tirage de première génération. Afin de limiter la manipulation du négatif, les copies prestiges sont tirées en nombre très limité, et utilisées dans de rares occasions, comme la présentation du film à un festival.

- Des mesures objectives de la fonction de transfert de modulation de la mire ont été effectuées sur le négatif, l'interpositif, l'internégatif, les copies séries et les copies prestiges.
- Pour la première phase du test, la meilleure copie série a été projetée dans différentes salles de cinéma après vérification de la qualité des projecteurs. Un jury d'experts internationaux a alors examiné la résolution observable en fin de chaîne de production d'un film 35mm. Pour la seconde phase, la copie prestige a été projetée dans un cinéma de Montréal.

### 3. Production des films test 35mm

#### a. La mire

La mire utilisée pour le tournage comporte plusieurs motifs sinusoïdaux, et est fabriquée par Sine Pattern LLC, Pittford, Etat de New York. Elle est au format 1,85, et mesure 400mm par 740mm. Le choix d'une mire sinusoïdale par rapport à la mire traditionnelle à pas carrés a permis d'effectuer des mesures précises de la fonction de transfert à chaque étape du processus film, depuis le négatif jusqu'aux copies en passant par l'internégatif et l'interpositif. Ces mesures ont fourni la fonction de transfert de modulation de la mire, de l'optique et du film.

Le contraste faible de la mire a permis de s'assurer que les mesures s'effectueraient sur une partie relativement linéaire de la courbe de transfert du film.

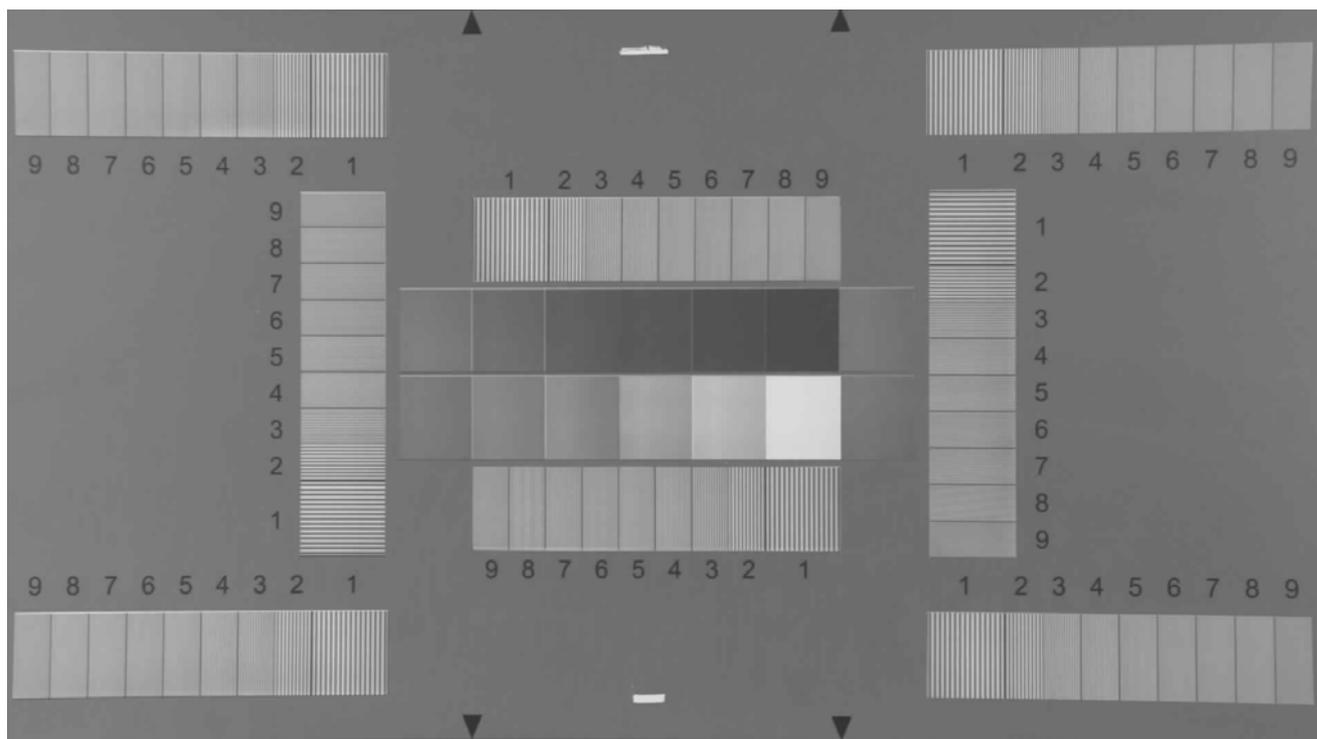
La mire est représentée sur la figure 1 ci-dessous.

Cette mire contient huit groupes de motifs sur fond gris moyen. Quatre groupes sont situés autour du centre de la mire, et quatre autres à chaque coin, cette répartition permettant d'évaluer la résolution dans huit zones différentes de l'image projetée. Deux des groupes du centre sont par ailleurs orientés verticalement afin de déterminer la résolution verticale autant qu'horizontale.

Chaque groupe de motifs est formé de neuf pas sinusoïdaux, allant de 0,375 cycles/mm à 3 cycles/mm.

Lorsque la mire de 400mm de haut est filmée plein cadre afin de remplir les 11,33mm d'image, les fréquences spatiales exposées sur le négatif s'étalent de 13,25cy/mm à 106cy/mm, ce qui équivaut à des résolutions de 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000 et 2400 lignes par hauteur d'image correspondantes aux neuf motifs. Afin d'obtenir des données supplémentaires, la mire a également été filmée de manière à cadrer 350mm de sa hauteur. On a ainsi obtenu des fréquences entre 11,6cy/mm et 92,74cy/mm, équivalentes à 262.5, 350, 525, 700, 875, 1050, 1400, 1750 et 2100 lignes par hauteur d'image.

La modulation des motifs sur la mire a été mesurée, documentée et utilisée comme référence pour la mesure de la MTF du film.



*Figure 1 : Mire de définition utilisée pour ce test*

### *b. Tournage*

Les tournages ont été effectués au Studio n°2 de Panavision à Woodland Hills, Californie, le 27 Juin 2001, et à Technovision, Paris, France, le 20 Janvier 2003, en présence d'un groupe d'experts internationaux.

- *Panavision (US)*

Deux caméras ont été utilisées : une Panavision Panaflex Millennium, numéro de série PFX-127M et une Arriflex 435S, numéro de série 435ES-140. La caméra Arriflex a été modifiée pour pouvoir être équipée d'une optique Panavision.

Deux objectifs primaires (Panavision Primo-L, et une lentille anamorphique Panavision Primo Auto Panatar) ont été utilisés, et ce sur les deux caméras puisqu'ils s'adaptent indifféremment sur chacune d'entre elles.

La prise de vue a été effectuée avec un éclairage de la mire de 200 ft candles et une ouverture de 5.6.

Aucun filtre n'a été utilisé.

Les performances de chaque caméra ont été mesurées et se sont révélées dans les normes.

La fonction de transfert de modulation axiale de chaque lentille a été mesurée pour la distance focale et l'ouverture utilisées durant la prise de vue. La MTF de la lentille Primo-L a chuté à 75% de sa valeur maximale à une résolution de 50 cy/mm. Celle de la lentille Primo Auto Panatar a chuté à 68% de sa valeur maximale à la même résolution (2).

La prise de vue a été effectuée sur une pellicule Kodak 5274.

L'interpositif a été tiré sur du film Kodak 5242.

L'internégatif a été tiré sur du film Kodak 2242.

Les copies séries de la première phase du test ont été tirées sur Kodak Vision Color 2383 sur une tireuse grande vitesse.

Les copies prestigieuses de la deuxième phase du test ont été tirées sur Kodak Vision Color 2383 sur une tireuse par immersion.

- *Technovision (France)*

Le tournage a été effectué à Technovision, 32 rue Delizy, 93694 Pantin – Paris, France) de 10h à 13h le 20 janvier 2003.

Le rapporteur sur la qualité et son évaluation pour le cinéma numérique avait convié des experts internationaux à assister à la prise de vue, afin de valider l'application de la procédure de test.

Le tournage a été réalisé par une équipe sélectionnée par l'AFC.

M. Olivier Benoist (directeur de la photographie, France), M. Philippe Coroyer (directeur de la photographie, France), M. Jean-Noël Ferragut (directeur de la photographie, France), Magali Thirion (assistant opérateur, France) et M. Jean-Marie Adam (responsable films tests, CST, France) ont réalisé la prise de vue. Celle-ci a été supervisée par les experts internationaux : M. Vittorio Baroncini (FUB, Italie), M. Paolo Zaccarian (président du WP6R, Italie) et M. Matthieu Sintas (CST, France).

La caméra utilisée était une Arriflex III 35 (numéro de série 41212). Les performances de celles-ci ont été mesurées et se sont révélées dans les normes.

Une lentille primaire (Zeiss Planar 2/50, numéro de série 6874167) a de plus été utilisée.

Le calage de l'objectif a été testé avant le tournage. Aucun filtre n'a été utilisé.

La prise de vue a été effectuée sur un négatif Kodak 5274, le plus couramment utilisé sur des tournages cinéma en lumière artificielle.

Des mesures de sensitométrie ont été effectuées sur le film avant la prise de vue.

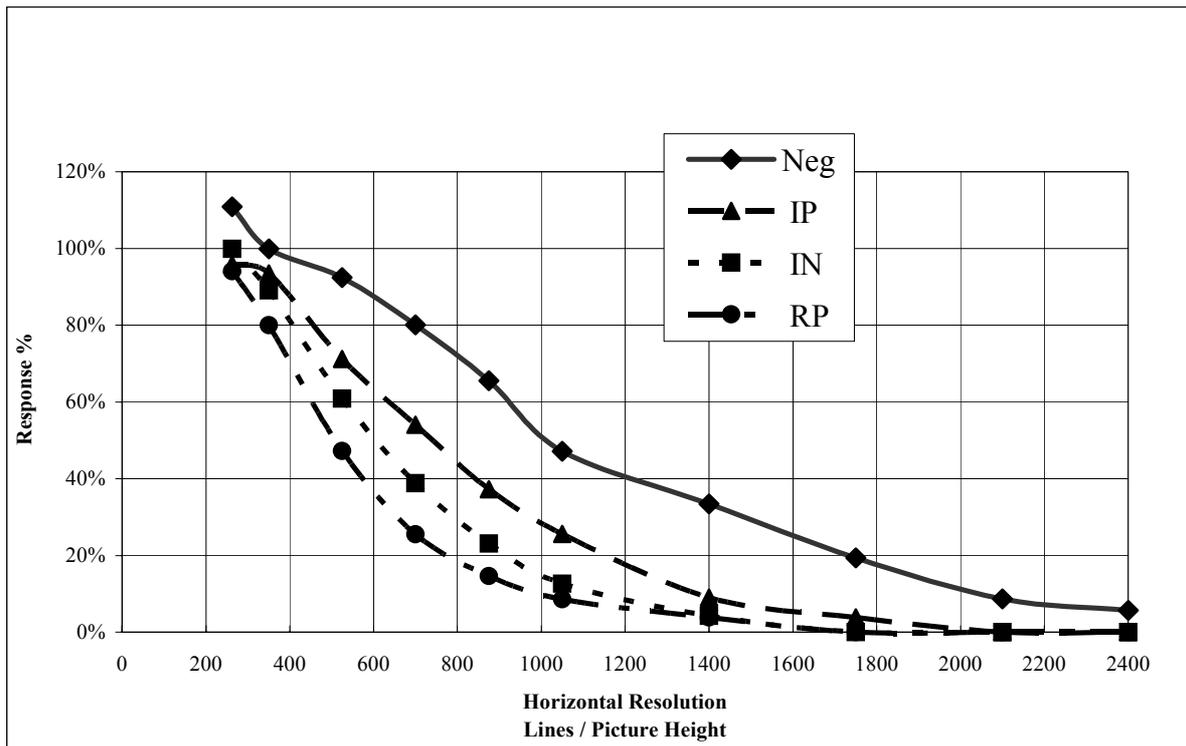
#### **4. Mesures objectives de la MTF**

La résolution de la mire a été mesurée sur le négatif, l'interpositif, l'internégatif, les copies séries et les copies prestigieuses. Les mesures effectuées sur les négatifs issus des deux tournages se révèlent être très proches.

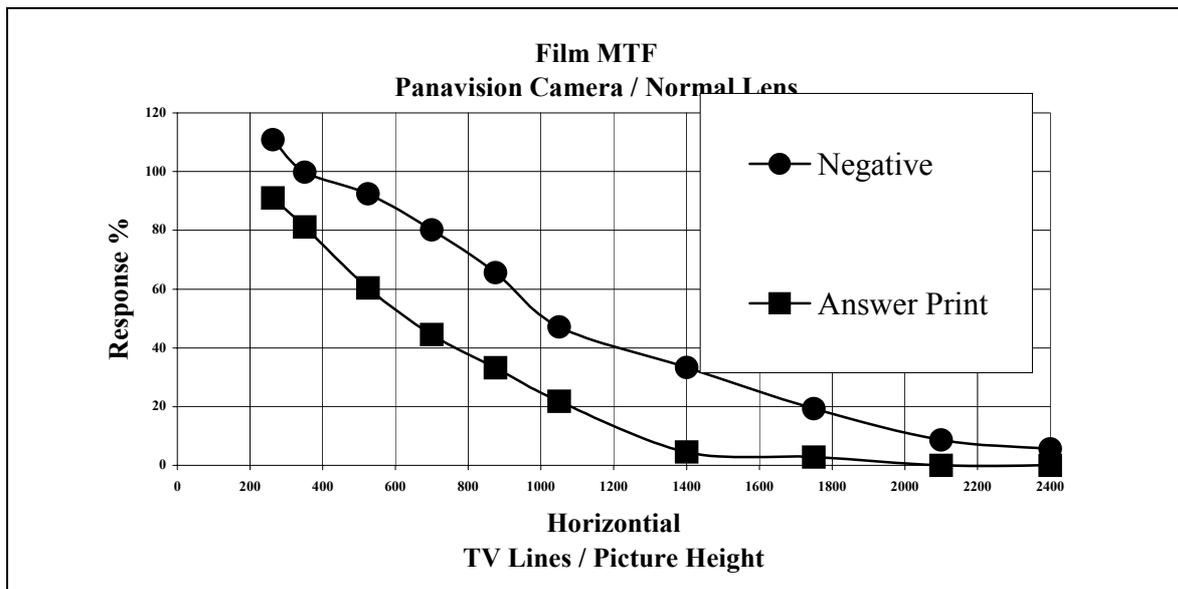
Ces mesures ont été effectuées sur un microdensitomètre propriétaire de Sine Patterns LLC avec une largeur de fente d'un micron.

Les résultats des mesures de la MTF des images tournées avec la lentille normale (sphérique) sur le premier tournage sont représentés sur les figures 2 et 3. La figure 2 concerne la première phase du test (résolution sur une copie série), la figure 3 concerne la deuxième phase (résolution sur une copie prestige).

Pour chaque figure, l'axe horizontal représente les fréquences spatiales, exprimées en ligne par hauteur d'image ( $2L/HI$  équivalent à 1 cy/mm). L'axe vertical représente la modulation de la fréquence des éléments de définition. Les courbes de réponse en modulation ont été lissées afin d'éliminer les variations infimes des échantillons de données. La réponse en modulation maximale a été choisie parmi les différents groupes pour chaque courbe lissée.



**Figure 2 :** MTF horizontale du négatif 35mm, des interpositifs, internégatifs et copie série



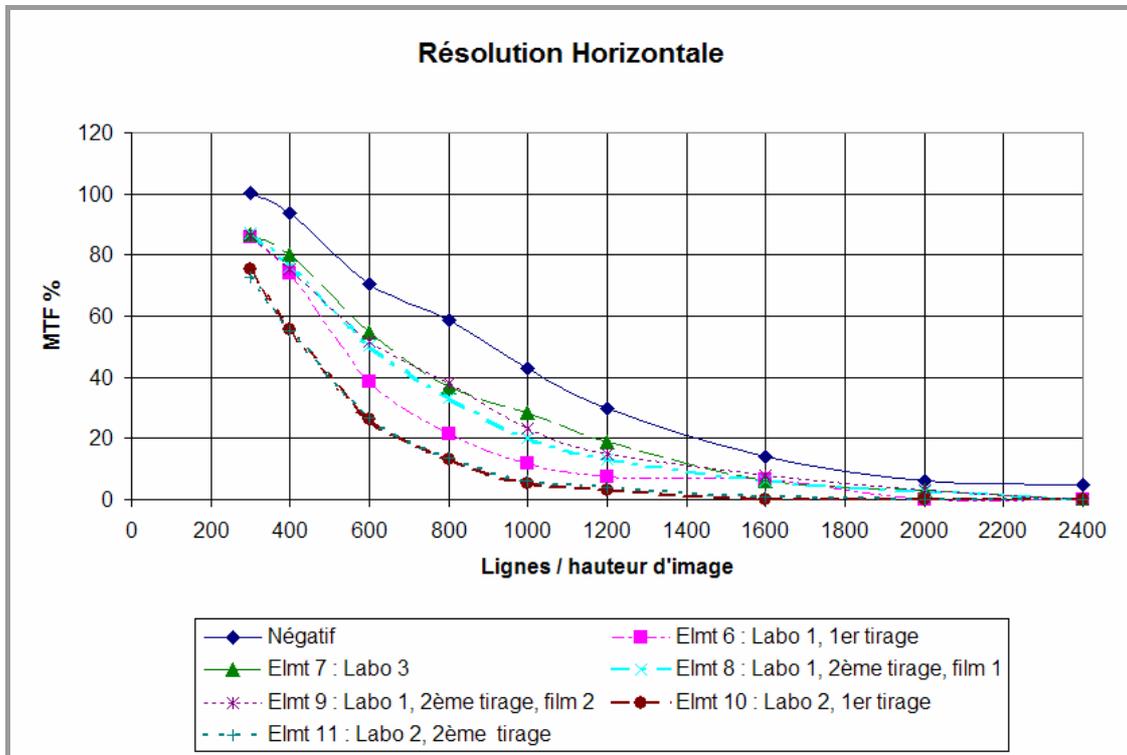
**Figure 3 :** MTF horizontale du négatif 35mm et de la copie prestige

Plusieurs tirages du négatif issu du deuxième tournage ont été effectués dans différents laboratoires, sur différentes pellicules et sur des tireuses différentes. Tous ces tirages ont été vérifiés par les laboratoires et ont été déclarés aptes à la diffusion.

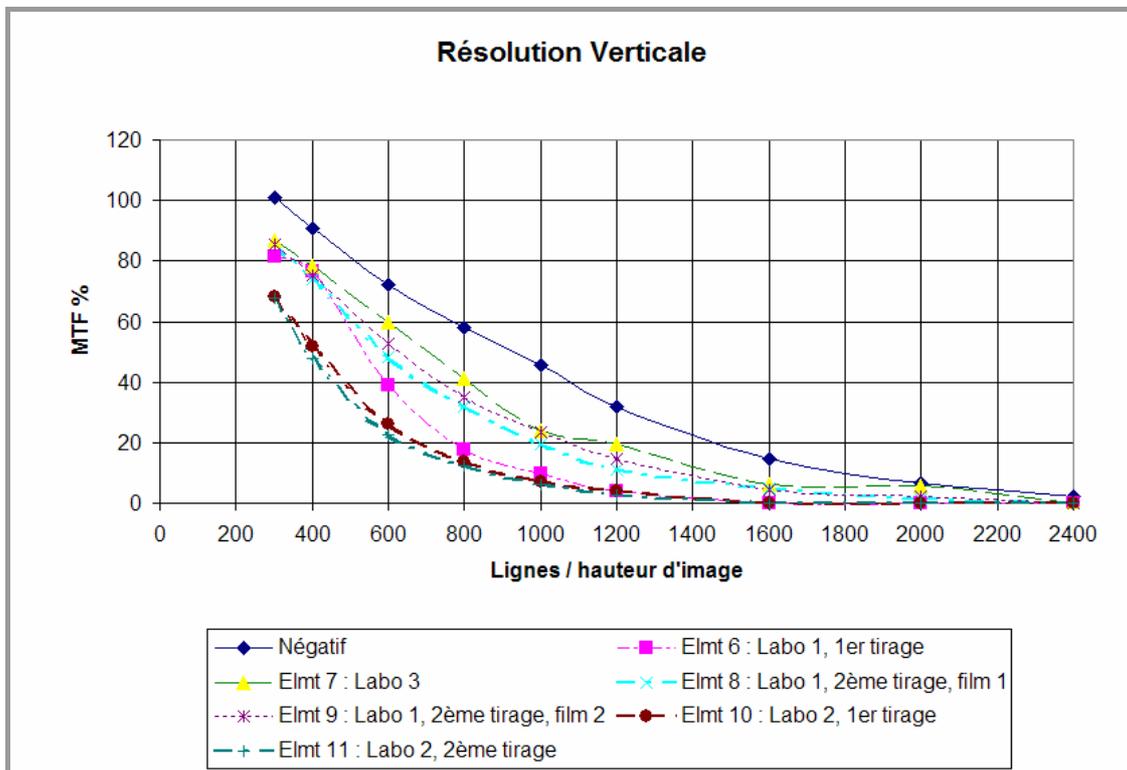
Les résultats ci-dessous sont les meilleurs obtenus pour la qualité des copies 0.

On observe une large dispersion de qualité. L'influence du type de film utilisé est très réduite dans le cas de tirages effectués dans le même laboratoire au même moment.

Les éléments 10 et 11 ont été tirés dans le même laboratoire sur le même type de film. Le n°10, tiré par immersion, est d'une qualité légèrement supérieure au n°11, tiré à sec. Les éléments 8 et 9 ont été tirés dans le même laboratoire, mais sur des supports films différents.



*Figure 4 : MTF horizontale tournage Paris*



*Figure 5 : MTF verticale tournage Paris*

## 5. Tests subjectifs

Chaque test subjectif a réuni au minimum 7 experts, ayant tous une acuité visuelle normale avec ou sans verres correcteurs.

Ces tests ont eu lieu dans des salles de cinéma totalement mises au noir, et équipées d'équipements de projection modernes.

Les assesseurs ont été placés au centre de la salle, à une distance de 1,5 fois la hauteur d'image. Le choix de cette distance assez courte a été fait afin d'obtenir des résultats très précis.

Les assesseurs ont noté chaque groupe d'éléments de définition à l'image, en identifiant le pavé de fréquence spatiale la plus élevée dont ils parvenaient à distinguer la structure. Le nom de l'assesseur, le numéro du siège, ainsi que la date et l'heure du test ont été précisé sur chaque feuille de résultat.

Chaque test subjectif a été suivi d'une session informelle de visionnage, au cours de laquelle les experts avaient l'opportunité de vérifier les opinions émises lors du test formel, ayant accès aux images aussi longtemps qu'ils le désiraient, pouvant s'approcher de l'écran, et discutant entre eux afin d'obtenir un consensus sur la qualité perçue.

Ces sessions de test subjectif ont été réalisées pour la première phase du test dans six salles de cinéma distinctes situées à Orlando (Floride), Los Angeles (Californie), Montréal (Canada), Paris (France), et Rome (Italie).

Les résultats de ces six tests sont résumés dans les tableaux ci-dessous, pour chaque salle et pour les copies tirées de la prise de vue avec la lentille normale (sphérique).

Pour chaque salle, les tableaux indiquent le nombre moyen de lignes par hauteur d'image perçus par les assesseurs pour chacun des huit groupes d'éléments de définition. La position des chiffres dans les tableaux correspond à la position de chaque groupe d'éléments, référencés par les lettres A à H.

			<b>D</b>	
<b>600</b>		<b>E</b>		<b>632</b>
	<b>G</b>	<b>653</b>	<b>H</b>	
	<b>579</b>	<b>F</b>	<b>516</b>	
<b>B</b>		<b>684</b>		<b>C</b>
<b>674</b>				<b>642</b>

*Figure 6a : Résolution évaluée à Orlando*

			<b>D</b>	
		<b>E</b>		<b>750</b>
	<b>G</b>	<b>875</b>	<b>H</b>	
	<b>550</b>	<b>F</b>	<b>525</b>	
<b>B</b>		<b>825</b>		<b>C</b>
<b>875</b>				<b>825</b>

*Figure 6b : Résolution évaluée à Los Angeles*

<b>A</b>			<b>D</b>	
<b>733</b>		<b>E</b>		<b>667</b>
	<b>G</b>	<b>733</b>	<b>H</b>	
	<b>467</b>	<b>F</b>	<b>433</b>	
<b>B</b>		<b>700</b>		<b>C</b>
<b>667</b>				<b>667</b>

*Figure 6c : Résolution évaluée à New York*

<b>A</b>			<b>D</b>	
<b>720</b>		<b>E</b>		<b>700</b>
	<b>G</b>	<b>740</b>	<b>H</b>	
	<b>580</b>	<b>F</b>	<b>520</b>	
<b>B</b>		<b>720</b>		<b>C</b>
<b>680</b>				<b>740</b>

*Figure 6d : Résolution évaluée à Montréal*

		<b>E</b>		<b>D</b>
<b>700</b>				<b>700</b>
	<b>G</b>	<b>767</b>	<b>H</b>	
	<b>533</b>	<b>F</b>	<b>500</b>	
<b>B</b>		<b>733</b>		<b>C</b>
<b>700</b>				<b>600</b>

*Figure 6e : Résolution évaluée à Paris*

<b>A</b>		<b>E</b>		<b>D</b>
<b>600</b>				<b>600</b>
	<b>G</b>	<b>640</b>	<b>H</b>	
	<b>560</b>	<b>F</b>	<b>480</b>	
<b>B</b>		<b>680</b>		<b>C</b>
<b>720</b>				<b>680</b>

*Figure 6f : Résolution évaluée à Milan*

Un test subjectif concernant la seconde phase du test a été mené au cinéma Megaplex Spheretech 14, à Saint-Laurent, Canada. Les résultats se trouvent ci-dessous.

<b>A</b>		<b>E</b>		<b>D</b>
<b>840</b>				<b>770</b>
	<b>G</b>	<b>760</b>	<b>H</b>	
	<b>740</b>	<b>F</b>	<b>630</b>	
<b>B</b>		<b>680</b>		<b>C</b>
<b>860</b>				<b>805</b>

*Figure 7 : Résolution observée à Saint Laurent*

## **6. Conclusions**

Dans le cadre de l'activité du groupe d'étude 6 de l'ITU-R sur l'imagerie numérique sur grand écran (LSDI), des tests ont été menés sur la définition d'un film 35mm en projection, ayant suivi la chaîne classique de production. Ce paramètre peut en effet être considéré comme l'un des points de référence perceptuelle les plus importants.

Ces tests ont ainsi évalué la résolution typique obtenue sur copie prestige et copie d'exploitation obtenue au terme d'une production classique, utilisant des équipements et des pellicules modernes et d'usage courant dans la production cinématographique actuelle.

Une mire de définition a donc été filmée sur une pellicule 35mm, et des interpositifs, internégatifs et copies de projection ont été tirés de ce négatif en utilisant des procédures classiques de production.

La MTF (fonction de transfert de modulation) de la définition de la mire a été mesurée sur le négatif, l'interpositif, l'internégatif, la copie 0 et les copies séries.

La meilleure copie 35mm a de plus été projetée dans six cinémas situés dans différents pays, où un jury d'experts internationaux a évalué la définition de l'image projetée, en suivant un protocole d'évaluation précis.

Les mesures de la MTF ont montré que la fonction de transfert du négatif chute à 10% de sa valeur maximale aux alentours de 2100 L/HI (lignes par hauteur d'image). Cette perte se poursuit graduellement le long de la chaîne conduisant du négatif au positif, et atteint 10% de la valeur maximale aux alentours de 1000 L/HI sur la copie série.

Sur la copie prestige, cette valeur est atteinte vers les 1400 L/HI.

Les MTF mesurées sur la copie prestige et sur l'interpositif sont sensiblement les mêmes, étant donné que ces deux films sont tous deux tirés directement du négatif.

La définition d'une copie série est logiquement réduite lorsqu'elle est observée en projection, étant données les pertes dues au passage de l'image dans le mécanisme et l'optique du projecteur. Cela a été confirmé lors des tests subjectifs, qui ont montré ce qui suit :

- Une relative disparité des résultats obtenus dans les différents cinémas où les évaluations ont été menées
- Une relative disparité des résultats obtenus en différents points de l'écran
- La plus haute valeur de résolution discernée par les experts dans la partie la plus définie de l'écran (pas nécessairement le centre) lors de la meilleure projection s'est située aux alentours de 875 L/Hi
- La résolution moyenne dans la zone la plus définie de l'écran dans les six cinémas s'est située aux alentours de 750 L/Hi
- La résolution moyenne sur les huit différentes zones de l'écran a été évaluée autour de 686 L/Hi

Il a de plus été noté une assez grosse dispersion des valeurs de définition suivant la pellicule utilisée, le laboratoire où le développement et le tirage ont été effectués, le type de tireuse etc.

**Note** : Les sujets traités dans ce rapport sont détaillés plus précisément dans les documents de l'ITU-R suivants :

- 6/149 9.20.01 « 35mm Cinema Resolution Test Report »
- 6-9/3 Rev. 1 3.5.02 « 35mm Cinema Resolution Test Report. Update of part 4 »
- 6-9/47 Rev. 2 9.20.02 « Revised Report on the status of the 35mm answer print resolution test »

**Auteurs** :

Vittorio BARONCINI, Fondazione Ugo Bordoni, Italie

Hank MAHLER, CBS, Etats-Unis

Matthieu SINTAS, CST, France

Thierry DELPIT, CST, France