

## Le gamma en vidéo

Ce dossier technique sur le gamma en vidéo est le résumé d'un exposé de Bernard Tichit lors de la réunion du Groupe de Travail "Sensitométrie et Traitement Numérique" du 29 juillet 97. Le compte-rendu de cet exposé est disponible à la CST dans sa version intégrale.

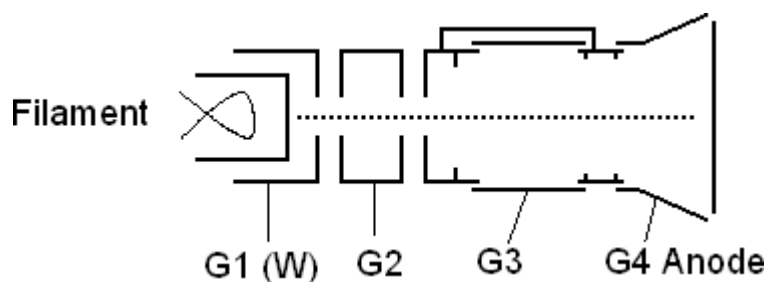
Le Gamma en télévision, qui n'a rien de commun avec le Gamma en photographie, est totalement lié au Tube à Rayons Cathodiques (TRC).

En télévision, le gamma désigne la fonction de transfert qui régit la relation entre la luminance d'une scène filmée (ou d'une image sur un écran) et le niveau du signal vidéo correspondant. Il ne faut pas confondre ce gamma avec celui du film photochimique, qui correspond à la pente de la partie rectiligne de la courbe sensitométrique du film.

Cette fonction de transfert, qui n'est pas linéaire, a son origine très loin en arrière, lors des débuts de la télévision électronique, dans les années 30. Il est apparu à cette époque que le Tube à Rayons Cathodiques, serait un élément essentiel des récepteurs de télévision. Ces récepteurs devant être le plus simple possible à concevoir pour faciliter leur diffusion dans le grand public, et ainsi contribuer au succès de la télévision. Il faut donc commencer par un bref rappel sur les caractéristiques du tube cathodique. Nous examinerons ensuite la correction de Gamma telle qu'elle est effectuée dans les caméras, pour terminer par la gestion des surblancs dans les caméras modernes.

### Le tube cathodique et le canon électronique

Les explications données dans cet exposé concernent les tubes noirs et blancs. Pour les tubes couleur, ce sont les mêmes lois physiques qui régissent les trois couleurs primaires. Depuis environ 1960, les tubes cathodiques sont à concentration électrostatique et à déflexion électromagnétique. C'est-à-dire que la concentration du faisceau est assurée par des cylindres auxquels sont appliqués des tensions et le balayage par des bobines.



*Figure 1*

Les canons électroniques modernes (voir Figure 1) sont de type pentode.

Le faisceau est obtenu en chauffant une cathode (K) recouverte d'un oxyde émissif, et accéléré par la grille G<sub>2</sub>. Le débit est contrôlé par la grille G<sub>1</sub>, appelée Wehnelt, du nom de son inventeur. Les grilles G<sub>3</sub> et G<sub>4</sub> constituent une véritable optique de focalisation électronique.

## Réponse de transfert

---

Quels que soient les choix effectués lors de la conception d'un tube, sa réponse est une fonction de puissance (voir Figure 2). Les luminophores ayant une réponse linéaire, dans les conditions normales d'utilisation, c'est donc la fonction de transfert du canon électronique qui caractérise le TRC.

Cette fonction est du type :

$$I_F = Av^{\gamma}$$

ou  $I_F$  est l'intensité du faisceau et  $v$  la tension de signal.

Dans cette formule, l'exposant  $\gamma$  (Gamma) est compris entre 2 et 3. Il est constant et dépend des paramètres physiques de la conception du tube.

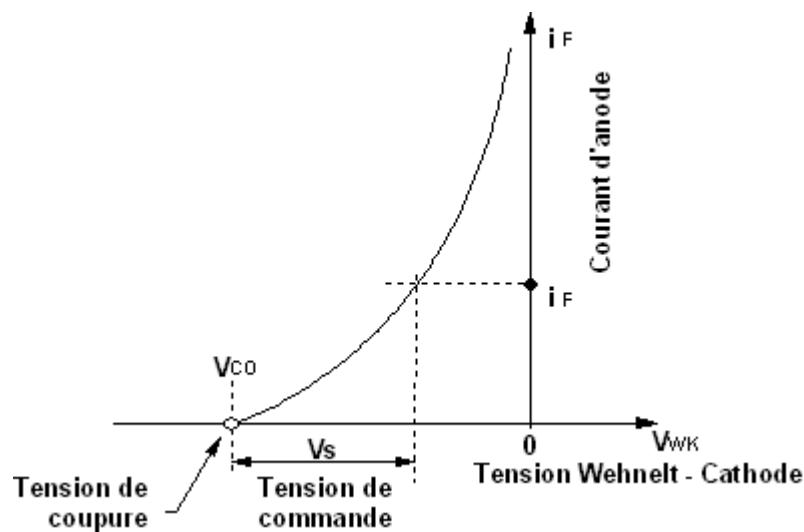


Figure 2

## La chaîne video

---

Pour obtenir une reproduction des images cohérente, il faut effectuer dans l'un des maillons de la chaîne, une précorrection du signal qui soit l'inverse de celle du tube. Pour simplifier la fabrication des récepteurs, il a été décidé, dès les débuts de la télévision, d'effectuer cette compensation à l'intérieur des caméras.

Le TRC ayant une fonction du type :

$$Y = kE^{\gamma}$$

La précorrection doit être du type :

$$E' = E^{\frac{1}{\gamma}}$$

Le principe est très simple et la courbe de transfert théorique des caméras a un Gamma fixe de 0,45, comme le montre la Figure 3.

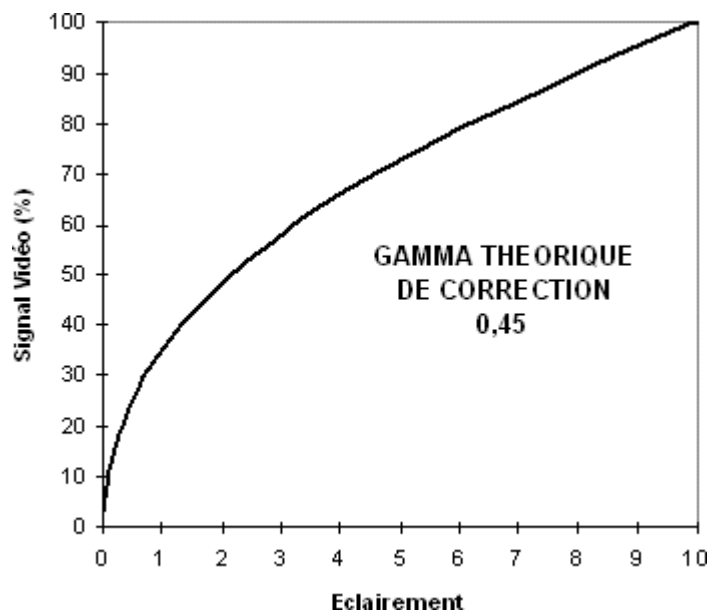


Figure 3

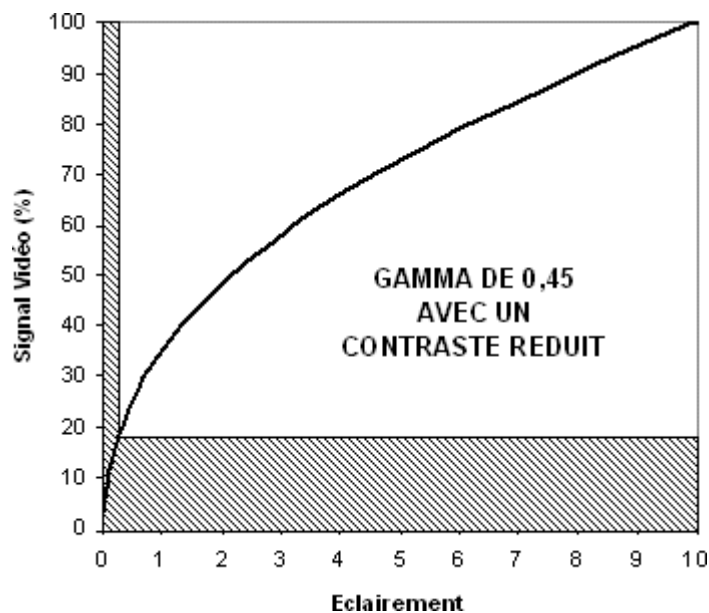


Figure 4

Cette correction quasi-logarithmique qui amplifie les bas niveaux, avant la transmission, présente l'immense avantage d'offrir une protection du signal par rapport au bruit de fond, comme cela sera utilisé plus tard en audio avec les réducteurs de bruit.

## La correction de gamma des caméras

---

La courbe théorique de la Figure 3 n'est que très difficilement réalisable. En effet, la pente à l'origine est infinie ! Cette correction, si elle était réalisée, serait instable et, par conséquent, difficile à reproduire pour obtenir des caméras identiques. Il a donc fallu simplifier le problème et considérer que le contraste du moniteur n'est pas infini, contrairement à la courbe théorique.

Dans de bonnes conditions d'exploitation, il a été estimé à 40. Sur la courbe de correction des caméras cela équivaut à ignorer les premiers 2,5% qui, à l'autre bout de la chaîne, sur le moniteur, seraient masqués par la lumière ambiante (voir Figure 4).

La courbe retenue et normalisée dans les années 60, présente une pente à l'origine de 4 au lieu d'une pente infinie, comme le montre la Figure 5.

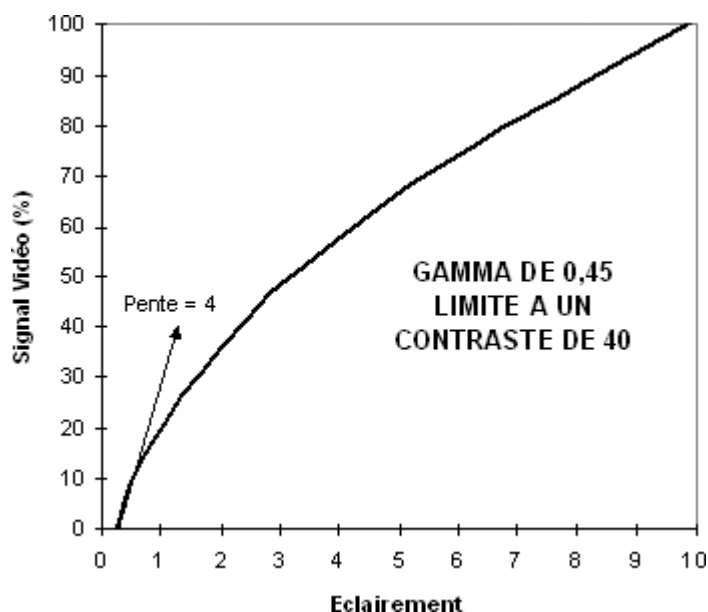


Figure 5

## Nécessité d'extension des blancs

---

Le système Vidéo, tel qu'il a été décrit jusqu'à présent, ne permet qu'une reproduction de 100% de la gamme lumineuse du tube, soit environ de 0 à 300 Nits. Cette gamme très réduite oblige à un écrêtage brutal des niveaux supérieurs à 100%, et à des contraintes très strictes sur les conditions d'éclairage.

Pour étendre la dynamique avec une reproduction des surblancs, il a fallu réunir deux conditions essentielles :

- Premièrement, disposer de capteurs capables de reproduire une gamme dynamique étendue, avec un bon rapport signal sur bruit. Cela était presque impossible avec les caméras à tubes, alors que les Dispositifs à Transfert de Charges (DTC), communément dénommés CCD (Charge Coupled Device), apparus au milieu des années 70, ont une gamme dynamique de 600% à 1000% par rapport au niveau nominal.
- Ensuite, la loi de Gamma normalisée a dû être revue pour permettre une reproduction acceptable des surblancs.

Ces travaux ont été effectués en particulier dans le cadre de la haute définition, où l'exigence de qualité de l'image est la plus forte. Deux compressions successives des blancs ont été introduites dans la chaîne de traitement de l'image pour permettre la reproduction des surblancs.

La loi de correction normalisée par la SMPTE, sous la référence 240M, a été modifiée pour étendre la dynamique des caméras jusqu'à 200%, soit +2 Diaphs, sans dépasser le niveau maximum de 100%. En d'autres termes, le niveau de 100% de luminance ne correspond plus au 100%, 700 mV, du signal vidéo, mais à 400 mV ou 500 mV, selon les choix de réglages effectués lors du tournage.

Après une période où des niveaux de blancs légèrement supérieurs à 700 mV ont été autorisés, l'arrivée des magnétoscopes numériques a imposé de recalibrer le signal vidéo sur 700 mV.

Voici l'extension des blancs, appelée "compression des blancs", telle quelle est effectuée sur une caméra moderne (voir Figure 6) :

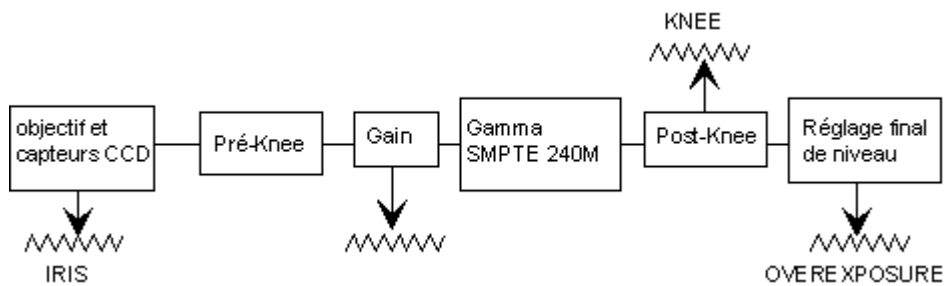


Figure 6

Les quatre réglages fondamentaux sont les suivants :

1. L'IRIS règle la lumière arrivant sur les capteurs.
2. Le MASTER GAIN contrôle le niveau nominal de l'exposition.
3. Le KNEE définit à partir de quel point commence la compression.
4. L'OVEREXPOSURE, réglage final de niveau, adapte exactement le signal aux 220 niveaux de la conversion numérique dans le cas du 8 bits par exemple.

## Le traitement

Le traitement comprend trois parties principales :

1. Le PRE-KNEE, est un prétraitement situé très près des CCD, qui va comprimer les blancs au-dessus de 200% du niveau nominal (voir Figure 7). Le Pre-knee comprime la gamme comprise entre 200% et 1000% pour la réduire à un écart de 200% à 300%. Cette réduction a pour but d'éviter toute saturation dans la chaîne de traitement de la caméra. Cette chaîne de traitement devra tout de même gérer une dynamique trois fois supérieure au niveau nominal.

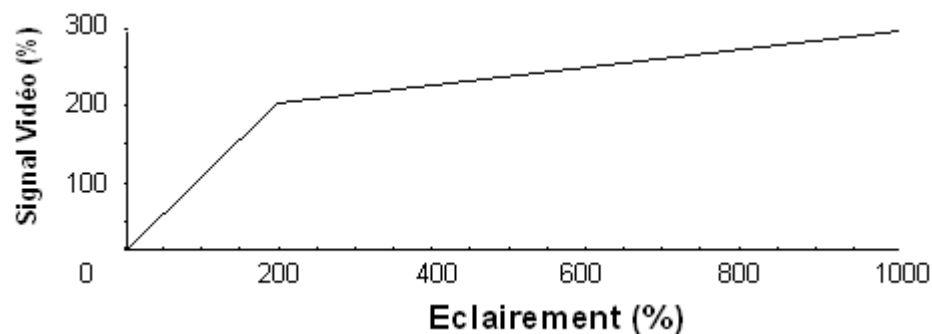


Figure 7

2. La CORRECTION DE GAMMA, telle qu'elle a été décrite précédemment.
3. Le POST-KNEE (Variable) est une deuxième compression, avec un point d'inflexion et une pente variable qui convertit le 300% en 128% (voir Figure 8).

Cette méthode n'est évidemment possible qu'avec des magnétoscopes analogiques susceptibles d'enregistrer un signal ayant une amplitude de 128%.

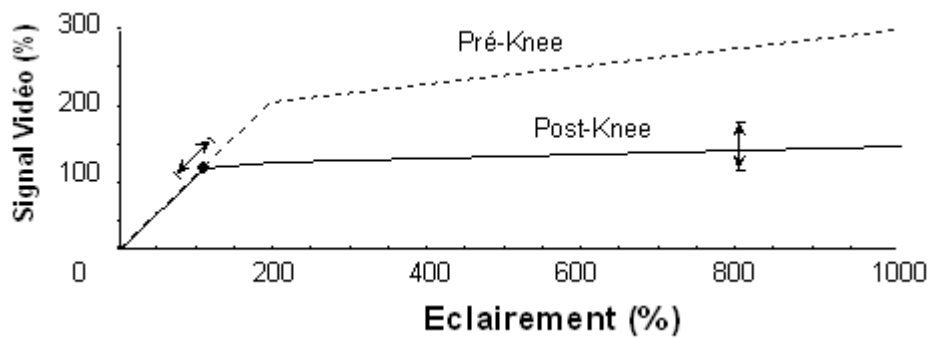


Figure 8

## Conclusion

---

La loi de Gamma des caméras qui, à l'origine, était l'inverse de la fonction de transfert des tubes, a été complètement remise en cause, et l'extension des blancs, appelée plus couramment "compression", est maintenant un réglage opérationnel sur les caméras. Ce réglage dépend des conditions de tournage et du niveau de surexposition que l'on souhaite autoriser avant l'écrêtage. De ce réglage dépendra le niveau vidéo pour 100% d'exposition, qui sera forcément bien inférieur à 700 mV.

Rédaction : [Matthieu Sintas](#)

### Autres documents :

- [Gamma Frequently Asked Questions](#)  
*Charles Poynton*
- [Gamma Correction - What is it? How is it used? Gamma and WWW images](#)  
*CGSD Corp.*