UNIVERSITÉ LAVAL
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE

Laboratoire de Radiocommunications et de Traitement du Signal

RAPPORT FINAL

Evaluation quantitative de la qualité d'une image de télévision (Phase V)

par

André Pomerleau, Donald Connolly

Industry Canada
Library - Queen
NOV 28 2013
Industrie Canada
Bibliothèque - Queen

pour

Gouvernement du Canada
Ministère des Communications, Ottawa

sous

Contrat OSU82-00316 du Ministère
des Approvisionnements et Services

Période du 14 décembre 1982 au 31 mars 1983

COMMUNICATIONS CANADA
CRC
SEP 29 1983
LIBRARY - BIBLIOTHÈQUE

Juillet 1983

Rapport n° LT-8824

Table des Matières

Chapitre 1 INTRODUCTION 1

Chapitre 2 CARACTÉRISTIQUES DU DÉTECTEUR 2

Introduction 2

Mesure du bruit 2

Compensation du bruit mesuré 5

Compensation du seuil de sensibilité 5

Calibration. 9

Chapitre 3 MESURES DANS LA BANDE DE BASE 10

Méthode et montage 10

Résultats. 12

Chapitre 4 ÉVALUATION D'UNE IMAGE RÉELLE 21

Principe 21

Modifications au programme 23

Conclusion 25

Chapitre 5 DISCUSSION SUR LES CARACTÉRISTIQUES DU DÉTECTEUR 26

Chapitre 6 CONCLUSION 29

Bibliographie 30

Annexes 31

Rec'd from T. Cosse 23/9/83 DRe

COMMUNICATIONS CANADA
CRC
SEP 29 1983
LIBRARY – BIBLIOTHÈQUE

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Pour faire suite aux travaux déjà effectués dans la recherche d'une méthode de mesure quantitative de la qualité d'une image de télévision, le présent rapport aborde le problème de l'évaluation de la qualité d'une image réelle.

Après une description des caractéristiques du détecteur utilisé, une modification au modèle est proposée pour permettre d'étendre la plage d'opération du système. Une mesure de la qualité pour différents tons de gris et couleurs est effectuée sur deux téléviseurs pour permettre d'identifier les paramètres jugés aptes à être utilisés pour évaluer la qualité globale de l'image. Parallèlement à ceci, une discussion sur certains comportements du détecteur est effectuée et on y propose de modifier le présent système pour améliorer ses performances.

L'étude n'aborde pas de méthode d'évaluation et de détection de l'interférence, les modifications à apporter au présent système devraient être effectuées avant d'entreprendre ce domaine d'application.

Finalement, une unité de mesure identique à celle utilisée pour les mesures jusqu'ici effectuées fut réalisée et calibrée afin de fournir une même évaluation de la qualité pour des conditions de mesures identiques.

CHAPITRE 2

CARACTERISTIQUES DU DETECTEUR

Introduction

Le choix du détecteur fut dicté par les exigences de la mesure à effectuer. La sensibilité, la réponse en fréquence et la réponse aux longueurs d'ondes du visible étaient les principaux paramètres sur lesquels on avait basé ce choix. La réponse en fréquence de la cellule qui a une coupure à 2 Hz[1] fut modifiée à l'aide d'un filtre actif pour engendrer un système qui simule la réponse à 13 Hz de l'oeil humain à une intensité prédéterminée. Une faible variation d'intensité autour de ce point causait une variation de la qualité qui fut corrigée par la compensation du seuil de sensibilité de l'oeil.

Suite au souhait d'étendre la plage d'opération de l'appareil, le modèle du système fut remis en question pour justifier la qualité obtenue pour des intensités sortant du domaine prescrit. Cette démarche mit à jour des caractéristiques insoupçonnées de la cellule au sulfide de cadmium. Ce type de photodétecteur est soumis à un phénomène parfois dit de mémoire[2] qui altère sa réponse. On résume cet effet ainsi: la résistance de la cellule dépend de l'intensité de l'éclairage incident ainsi que de l'éclairage précédent et de son temps d'exposition. Cet effet peut être rendu négligeable si on conserve la cellule dans des conditions les plus près possibles de celles de la mesure, ce qui permettait d'opérer avec cette cellule dans la plage d'intensités précédemment utilisée.

A partir de ces constatations, on doit donc essayer de caractériser plus en détails le senseur utilisé.

Mesure du bruit

Le modèle qui fut utilisé jusqu'ici pour ramener la mesure du bruit à une évaluation de la qualité pour une intensité déterminée doit être reconsidérée pour s'assurer de sa validité pour une plage plus importante d'intensité. Pour ce faire, on se propose de mesurer le bruit à l'aide du système en maintenant le niveau de bruit blanc injecté dans le téléviseur constant et en ne variant que l'intensité moyenne du point observé. On répète la manipulation pour deux autres atténuations sur le bruit et on présente les résultats à la figure 2.2. On observe une augmentation du bruit mesuré avec une intensité croissante de l'écran. Par la suite, le modèle suggère de soustraire à la mesure du bruit la compensation du seuil de sensibilité pour ne conserver que la portion du bruit qui est effectivement perçue par l'oeil. Il en résulte un bruit compensé qui est moins sujet à une variation en fonction de l'intensité. C'est ce bruit compensé qui permettra le passage à la qualité de l'image évaluée par le système.

On peut tirer deux constatations de cette opération: aucune raison ne semble justifier une augmentation du bruit en fonction de l'intensité de l'écran, et deuxièmement on effectue la compensation du seuil de sensibilité en soustrayant des décilums, ce qui laisse croire que l'oeil serait sensible au rapport de l'intensité sur le bruit. Ces deux constatations sont en soi un peu étonnantes.

Il fut proposé de vérifier la réponse de la cellule à un bruit constant et faire varier l'intensité de la source lumineuse pour déterminer la cause d'un tel comportement.

Le montage utilisé est le suivant, il est le même que celui utilisé pour déterminer la réponse en fréquence de la cellule [1] .

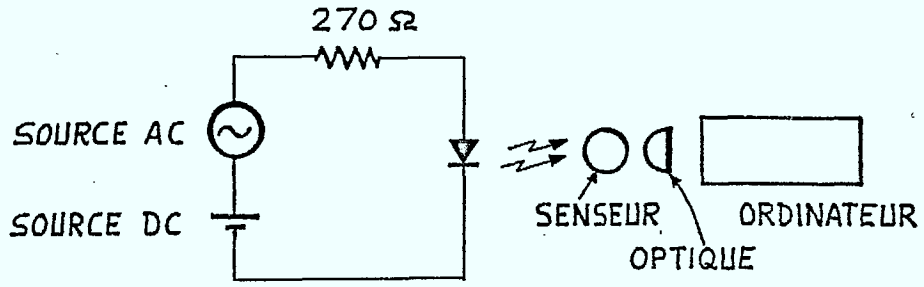

Figure 2.1: Montage pour la mesure de la réponse en fréquence.

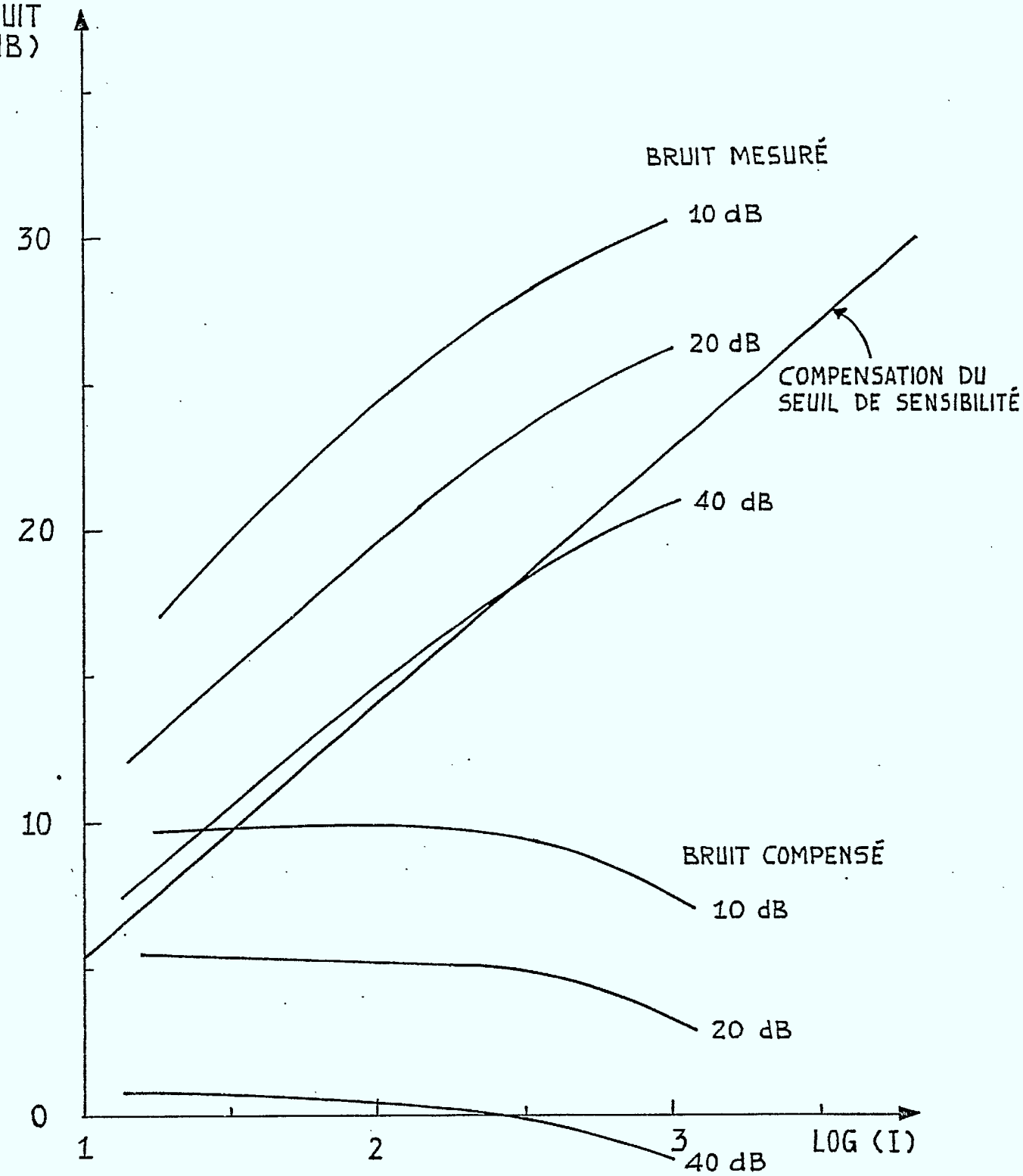

Figure 2.2: Mesure du bruit en fonction de l'intensité moyenne.

On couvre la plage d'intensité mesurable avec l'appareil, sans superposer de tension alternative, on obtient une mesure de niveau moyen présentée à la fig. 2.3. La réponse de la cellule est linéaire.

On ajoute maintenant une faible tension alternative à 13 Hz (maximum de perception de l'oeil) et on mesure le niveau de bruit (fig. 2.4). On devrait s'attendre à une constante, i.e. indépendante de l'intensité moyenne, on obtient une courbe qui a l'allure de ce qui apparaît au graphique 1.

A la lumière de ce fait on devra modifier le modèle du système de la façon suivante:

- Compenser la réponse de la cellule pour obtenir un comportement indépendant de niveau d'intensité.
- Inclure la compensation du seuil de sensibilité en soustrayant les amplitudes.
- Calibrer le système pour obtenir une mesure de la qualité.

Compensation du bruit mesuré

Lorsque l'on échantillonne un sinus, on peut démontrer que l'écart-type de l'échantillon sera près de l'amplitude du signal divisé par $\sqrt{2}$, cette approximation s'améliore avec le nombre d'échantillons par période du sinus. Dans la mesure du bruit en fonction de l'intensité, on a injecté un sinus de 0.1 V d'amplitude. En se référant à la fig. 2.3, ceci devrait générer une variation de 14.3 pour la représentation interne. Une fois échantillonnée, l'écart-type serait 10.1 ou 10 décilum (Décilum = 10 $\log \sigma$). La compensation s'obtiendra donc en soustrayant l'équation de la courbe du bruit en fonction de l'intensité et en ajoutant 10. On approxime la fig. 2.4 par les équations suivantes:

Pour $DC > 20$ $\quad Bruit = -2.012 \log^2(DC) + 17 \log(DC) - 8.37$

$DC \leq 20$ $\quad Bruit = 8.3 \log(DC)$

La fig. 2.4 illustre l'allure de la compensation

Compensation du seuil de sensibilité

L'oeil humain affiche une non-linéarité dans sa perception au bruit. Des résultats connus [1], nous permettent d'inclure ce phénomène au système

en prenant le maximum de la perception pour différents niveaux d'intensités. Les unités présentes (Trolands) sont utilisées pour la mesure de l'illuminance rétinale [5]. Le système optique utilisé [3] nous permet de ramener ces mesures en cd/m^2 qui est une mesure de luminance d'une surface.

La relation non-linéaire du seuil de perception s'approxime ainsi:

$$\log(A) = 0.875 \log(I) - 1.784$$

$$\log(A) = 0.7 \log(I) - 1.583$$

A et I en cd/m^2.

Il reste à déterminer la relation entre la luminance du tube écran et la variable DC en représentation interne. La mesure de la luminance nous donne 270 cd/m^2 pour l'écran, on mesure 390 pour la variable DC (détails en annexe). La compensation du seuil de sensibilité devient donc

$$\log(A) = 0.875 \log (DC) - 1.764 \quad \text{pour } DC > 20.8$$

$$\log(A) = 0.7 \log (DC) - 1.533 \quad \text{pour } DC \leq 20.8$$

Etant donné que A est l'amplitude du bruit, on devra le multiplier par $1/\sqrt{2}$ avant de la soustraire à l'écart-type du bruit. Cette différence servira à calibrer l'appareil.

Calibration

Il s'agit d'établir la relation de OM calculée par la compensation du seuil de sensibilité et la qualité évaluée par l'ancien modèle pour une intensité moyenne de 50 IRE. Les résultats sont mis sur graphique et approximés par des courbes simples (fig. 2.5).

$$OM = \log (10^{(\text{Bruit compensé}/10)} - A/\sqrt{2}$$

On observe une variation assez importante de la réponse pour des cellules ayant des caractéristiques semblables selon les fabricants. Pour utiliser un autre numéro de cellule, il suffit d'évaluer les relations des figures 2.3 et 2.4, i.e. faire concorder les valeurs de la représentation interne pour une même tension de la nouvelle cellule avec celles de la fig. 2.3 ainsi que compenser pour la réponse au bruit pour différents niveaux d'intensités pour la ramener à 10 dB (pour les conditions de mesures précédemment utilisées).

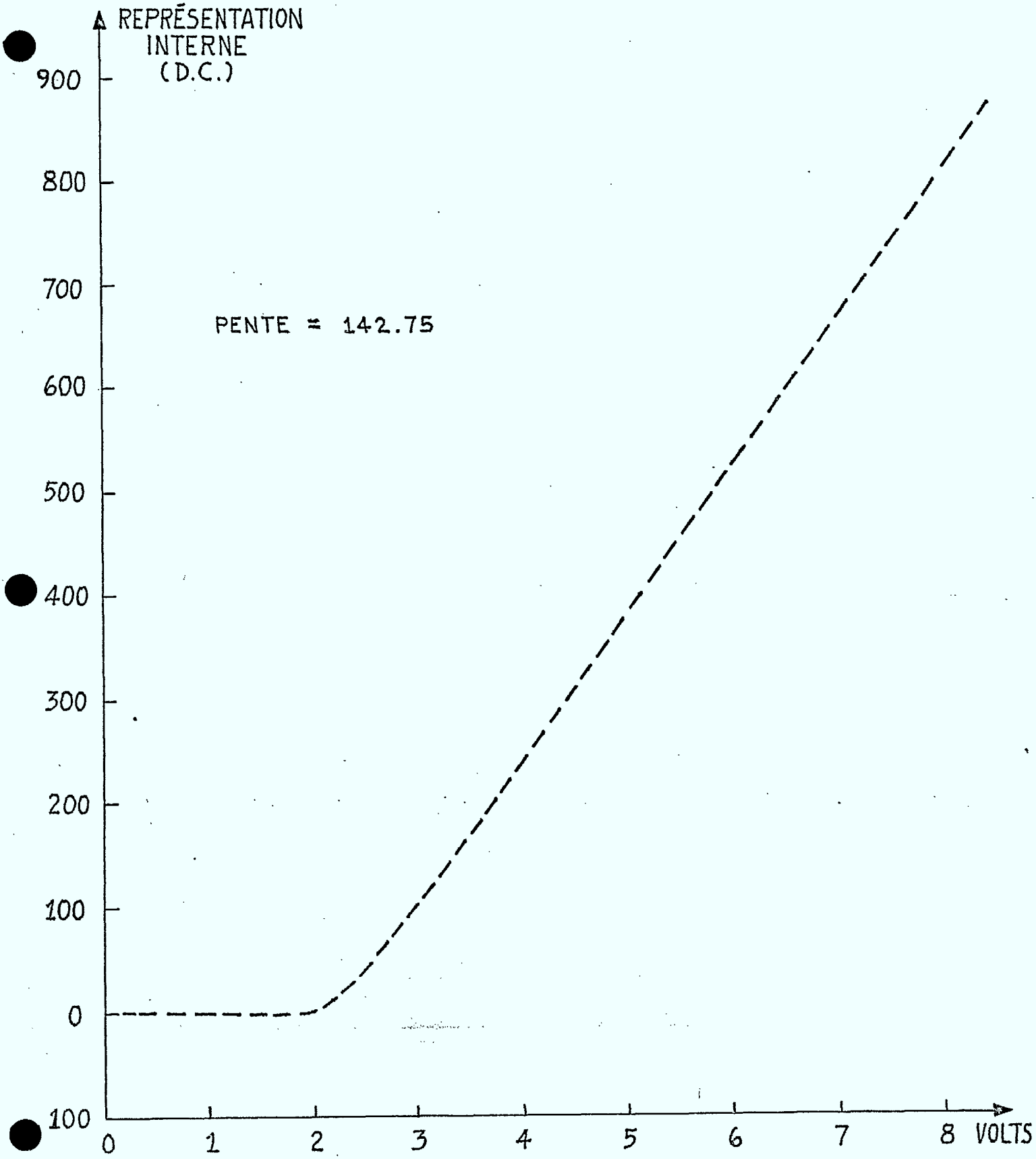

Figure 2.3: Réponse statique du senseur.

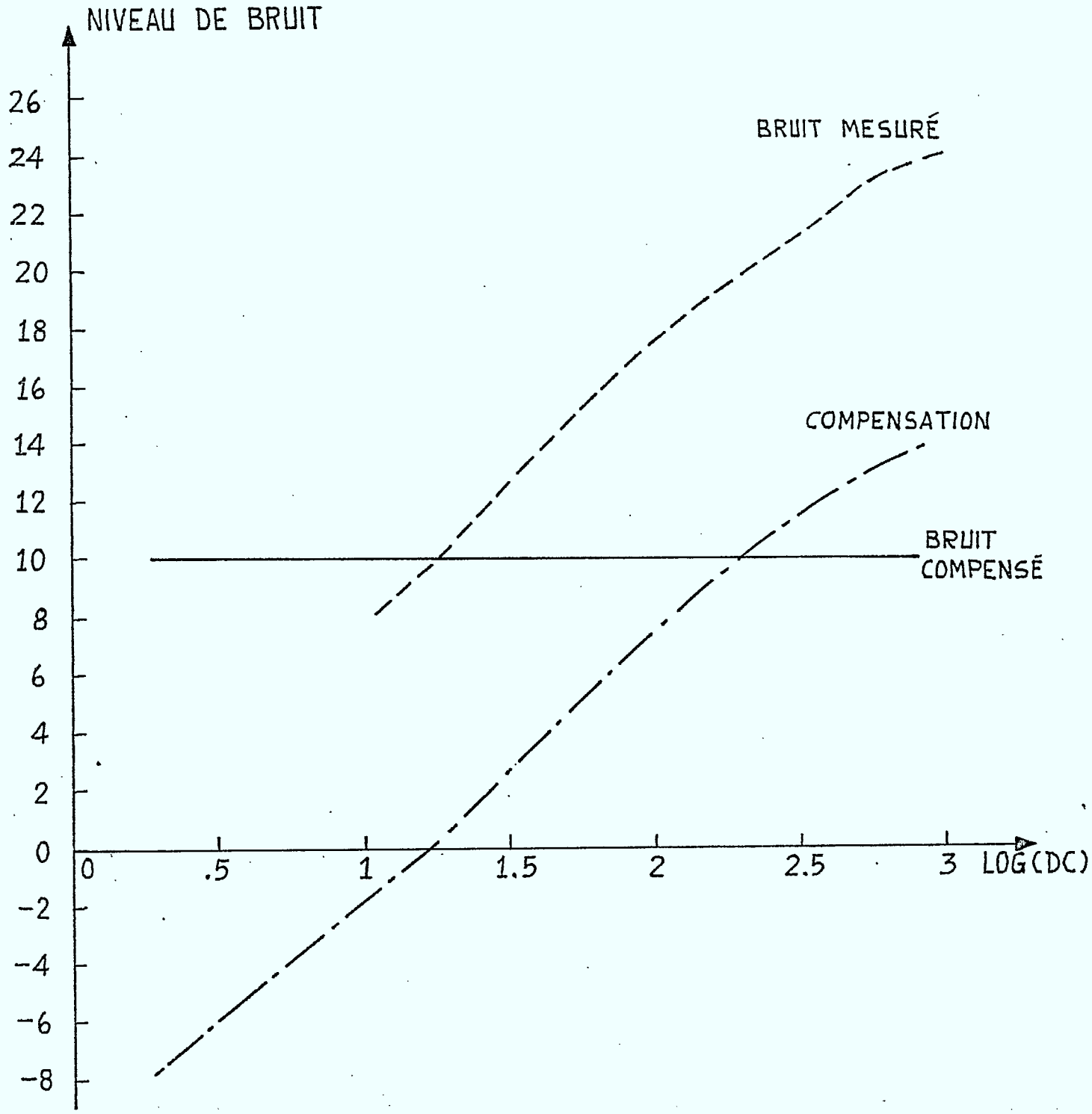

Figure 2.4: Action de la compensation sur le bruit mesuré.

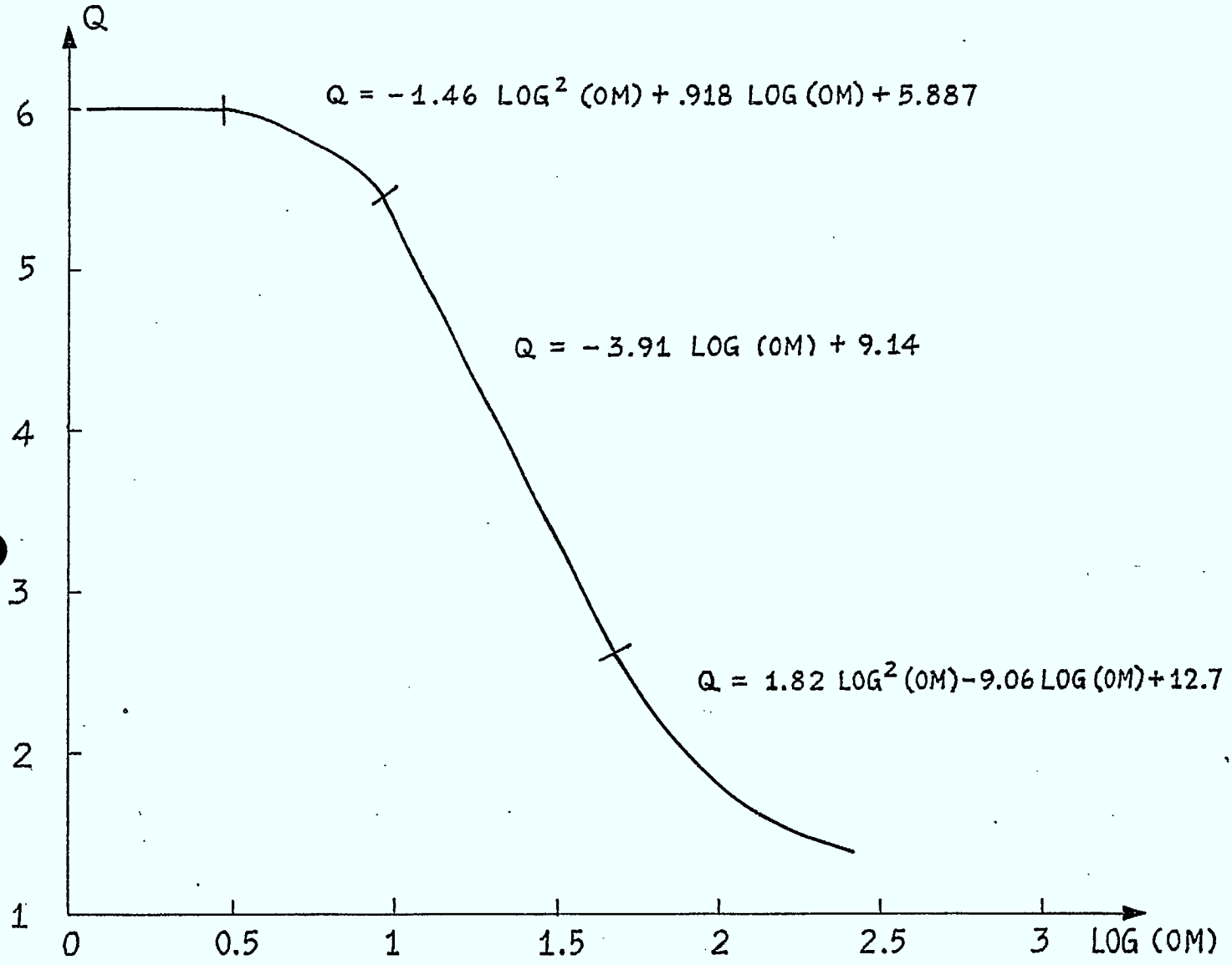

Figure 2.5: Calibration de la qualité à partir du paramètre OM.

CHAPITRE 3

MESURES DANS LA BANDE DE BASE

Méthode et Montage

Une fois le détecteur bien caractérisé, il est apte à être utilisé pour mesurer le bruit présent sur l'écran de télévision. En faisant varier le bruit injecté dans le moniteur, on peut observer une dégradation progressive de la qualité qu'on présente sur un graphique de la qualité en fonction du rapport signal au bruit. Ce dernier est mesurable de deux façons, au niveau RF et vidéo. Toutes les mesures présentées dans ce chapitre furent effectuées au niveau vidéo avec le montage de la figure 3.1.

Le rapport signal au bruit dans la bande de base est défini comme étant la différence de tension entre le blanking et le blanc 100 IRE divisée par la tension efficace du bruit à travers une largeur de bande de 6 MHz. Ce bruit est mesuré en enlevant le générateur vidéo du circuit et en branchant la sortie TV out du moniteur au filtre passe-bas avant de se rendre au voltmètre RMS. La mesure de la différence de tension se fait aisément à l'oscilloscope. Toutes ces mesures furent effectuées après avoir pris soin d'utiliser une terminaison à 75 Ω. Les rapports S/B pour les atténuations utilisées sont présentés à la table 1.

TABLE I

Atténuation (dB)	Rapport S/B (dB)
70	46.2
40	45.8
30	43.6
25	40.7
20	36.8
15	32.0
10	27.8
5	22.6
0	18.5

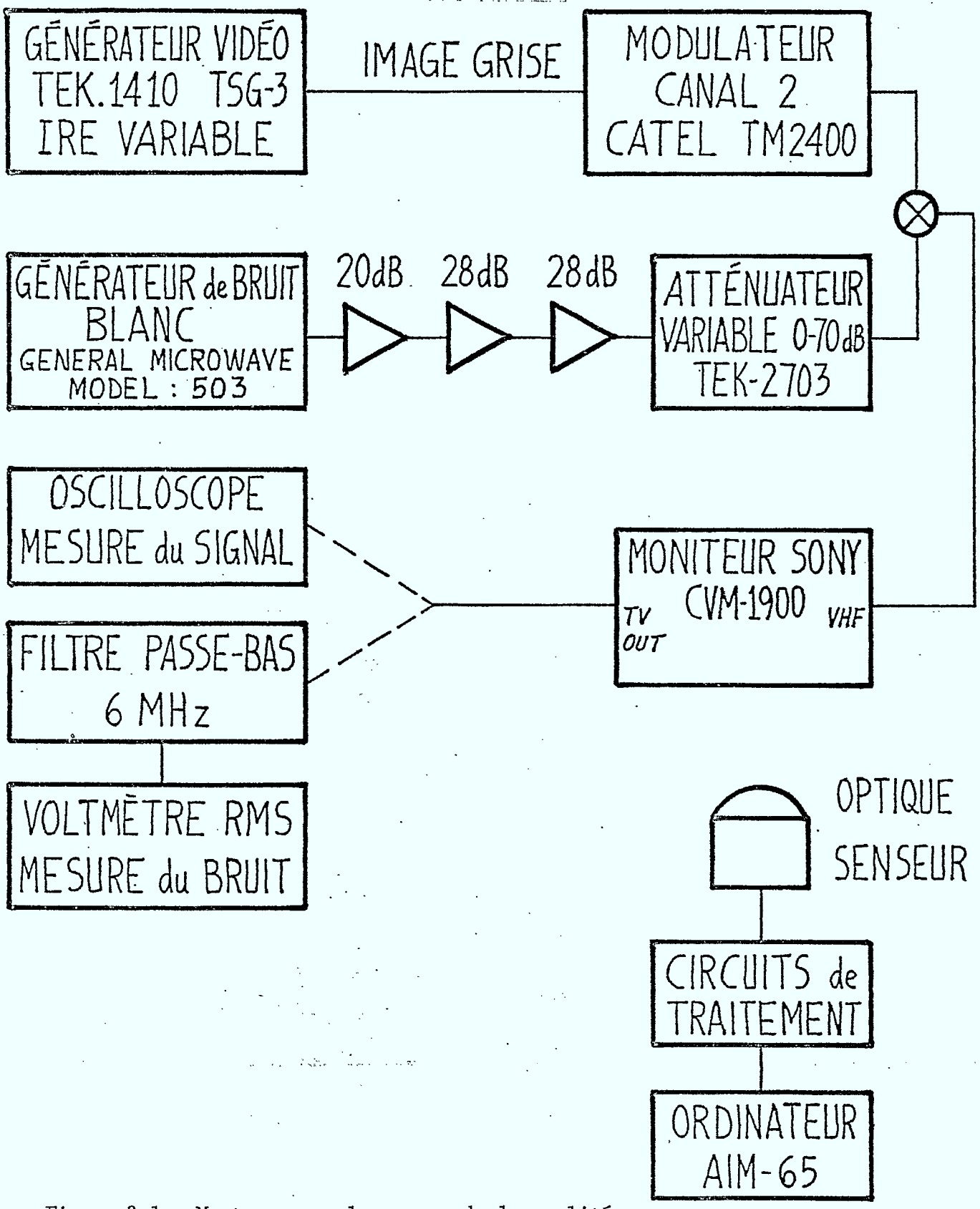

Figure 3.1: Montage pour la mesure de la qualité.

Résultats

La mesure de la qualité d'une image du moniteur CV-1900 pour différents niveaux de bruit fut effectuée sur des tons de gris uniforme sur tout l'écran, sur des barres verticales grises sur une même image et pour des barres de couleurs. Ces résultats sont sur graphiques et sont commentés dans les lignes qui suivent.

Gris uniforme (Figure 3.2)

Ces gris sont générés à partir du module TSG-3. On observe une très faible augmentation de l'intensité de l'écran pour un niveau supérieur à 60 IRE, ceci dû à un ajustement automatique du gain du moniteur. C'est pourquoi la qualité apparaît constante pour ces niveaux. Il s'ensuit une dégradation progressive de la qualité à mesure qu'on diminue l'intensité, témoin de l'action de la compensation du seuil de sensibilité de l'oeil humain. La courbe de 0 IRE présente une meilleure qualité à un haut niveau de bruit, on est en présence d'un effet de "cut off" pour le bruit amenant une diminution de l'intensité de l'écran (il en résulte une augmentation du niveau moyen d'intensité).

Barres verticales (Figure 3.3)

Pour les barres verticales, l'ajustement automatique d'intensité n'a plus d'effet perceptible, on est alors capable de générer des gris plus clairs et plus foncés qu'avec des images uniformes. Ainsi, 80 IRE représente le gris pour lequel le système est à la limite de sa plage d'opération (par le moniteur).

La courbe à 20 IRE, qui est plus foncé que 0 IRE d'une image uniforme, est encore plus affectée par le "cut off", on voit donc une amélioration relative aux autres intensités à mesure qu'on augmente le bruit.

Couleurs primaires

Pour essayer de déterminer quelle couleur est la plus affectée par le bruit, on génère les barres de couleur standard à partir du module TSG-1.

La fig. 3.4 montre une forte variation de la qualité pour différentes couleurs. Le rouge maintient une qualité supérieure et est d'une intensité plus forte que le vert, le bleu est le plus faible en intensité. On devrait s'attendre

à avoir le vert plus intense que le rouge, il est donc possible que cela dépende de certains ajustements au niveau du gain de chaque couleur.

Il est à noter que la différence en qualité ne s'explique pas à partir de la compensation pour le seuil de sensibilité, qui est plus importante à un fort niveau d'intensité, mais bien par une présence plus forte du bruit pour le vert.

La figure 3.5 indique la qualité pour un gris 40 IRE et de la qualité obtenue en filtrant pour ne conserver que chacune des composantes (il faut tenir compte du facteur de transmission qui varie pour les différents filtres).

Les mesures suivantes furent effectuées avec un téléviseur Sony KV-1922.

Figure 3.6: L'intensité des barres est moindre qu'avec le moniteur, l'allure générale de la qualité en fonction de l'intensité moyenne est conservée mais la variation est moins marquée.

Figure 3.7: La qualité pour les couleurs primaires s'est fortement modifiée. Le vert, qui est le plus intense, a la meilleure qualité contrairement au moniteur. On peut supposer que cette mesure est dépendante de l'ajustement du téléviseur.

Figure 3.8: Même si les intensités mesurées avec les filtres sont plutôt faibles, on peut observer la même tendance qu'avec le moniteur, la luminance et le rouge ont des qualités très proches, suivant le vert et le bleu. La mesure de qualité sur le bleu est difficile dû à sa très faible intensité qui est hors de la plage d'opération normalement recommandée. On pourrait effectuer ces mesures à un niveau IRE plus élevé que 40 mais alors la comparaison entre les mesures refléterait l'action de la phase différentielle non nulle.

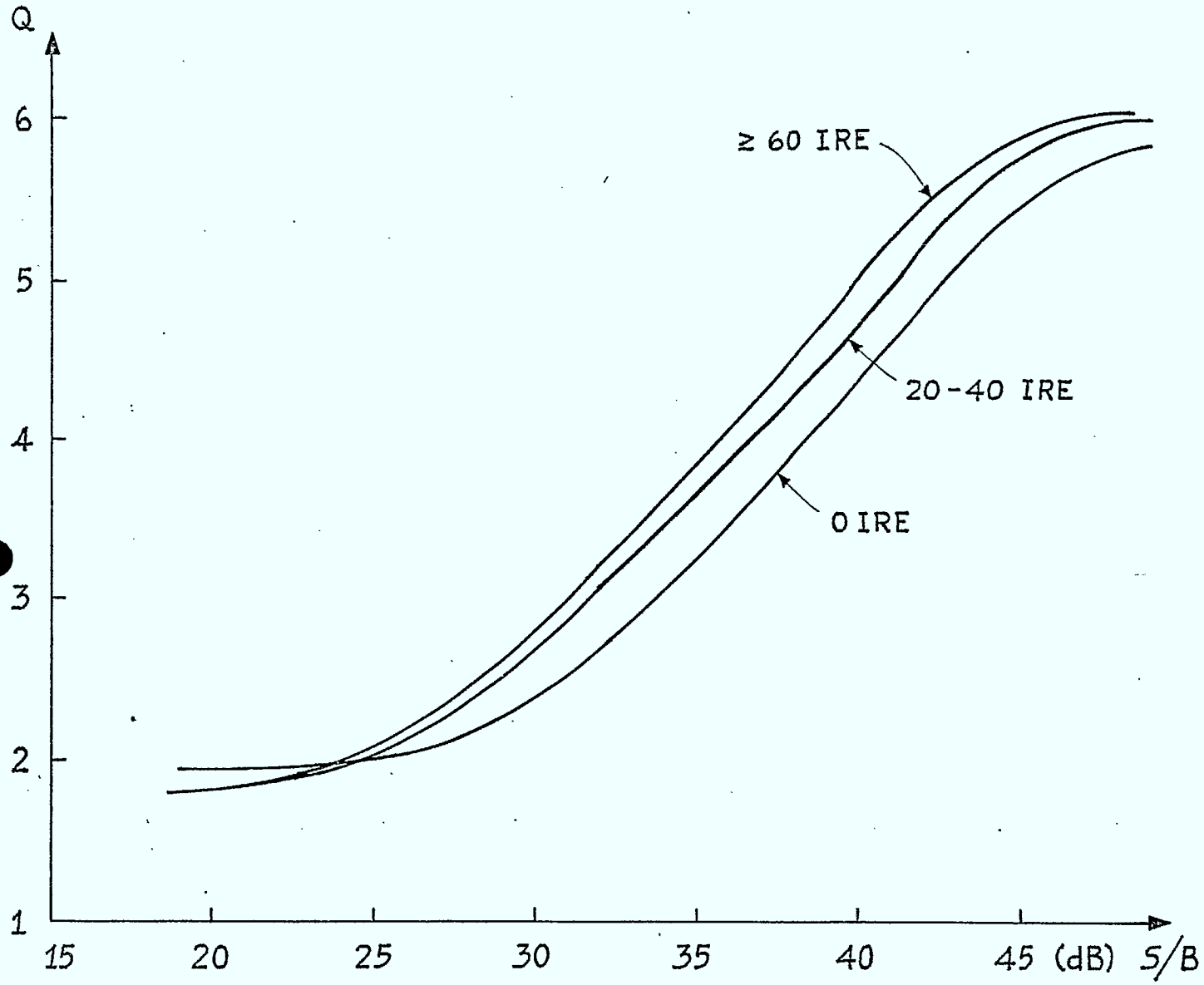

Figure 3.2: Qualité pour différents gris uniformes. (Moniteur)

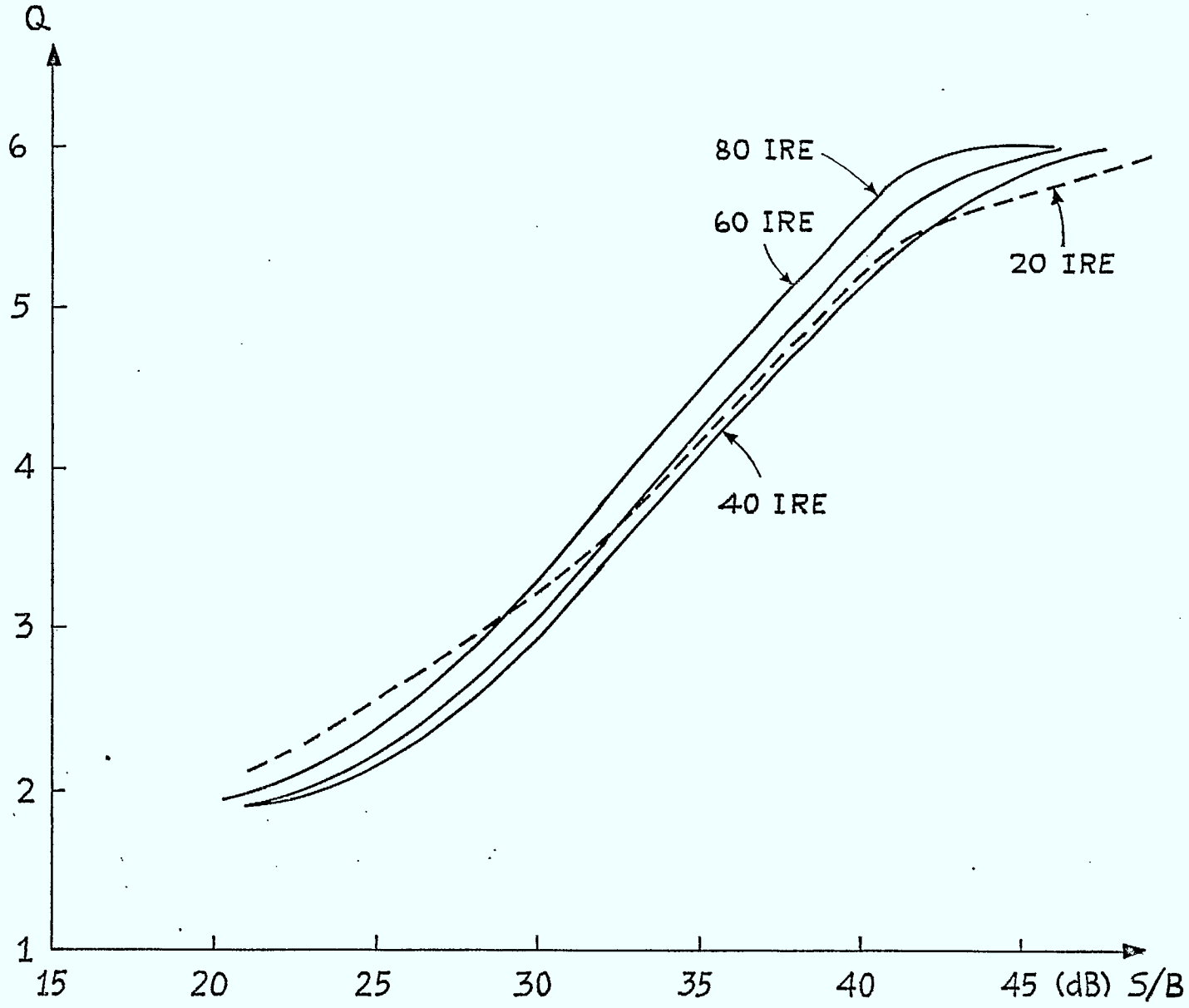

Figure 3.3: Qualité pour différents tons de gris sur une même image. (Moniteur)

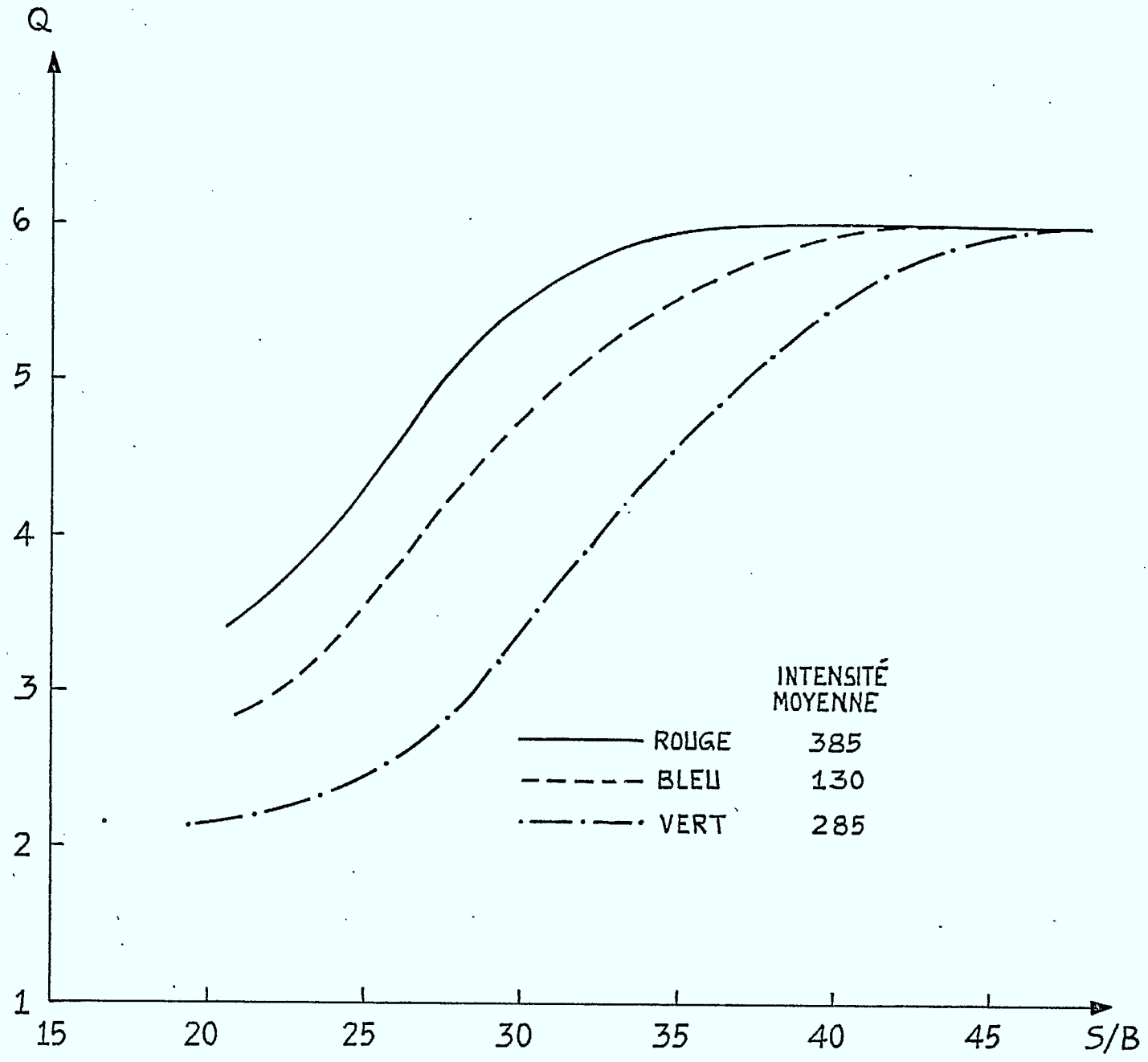

Figure 3.4: Qualité des couleurs primaires. (Moniteur)

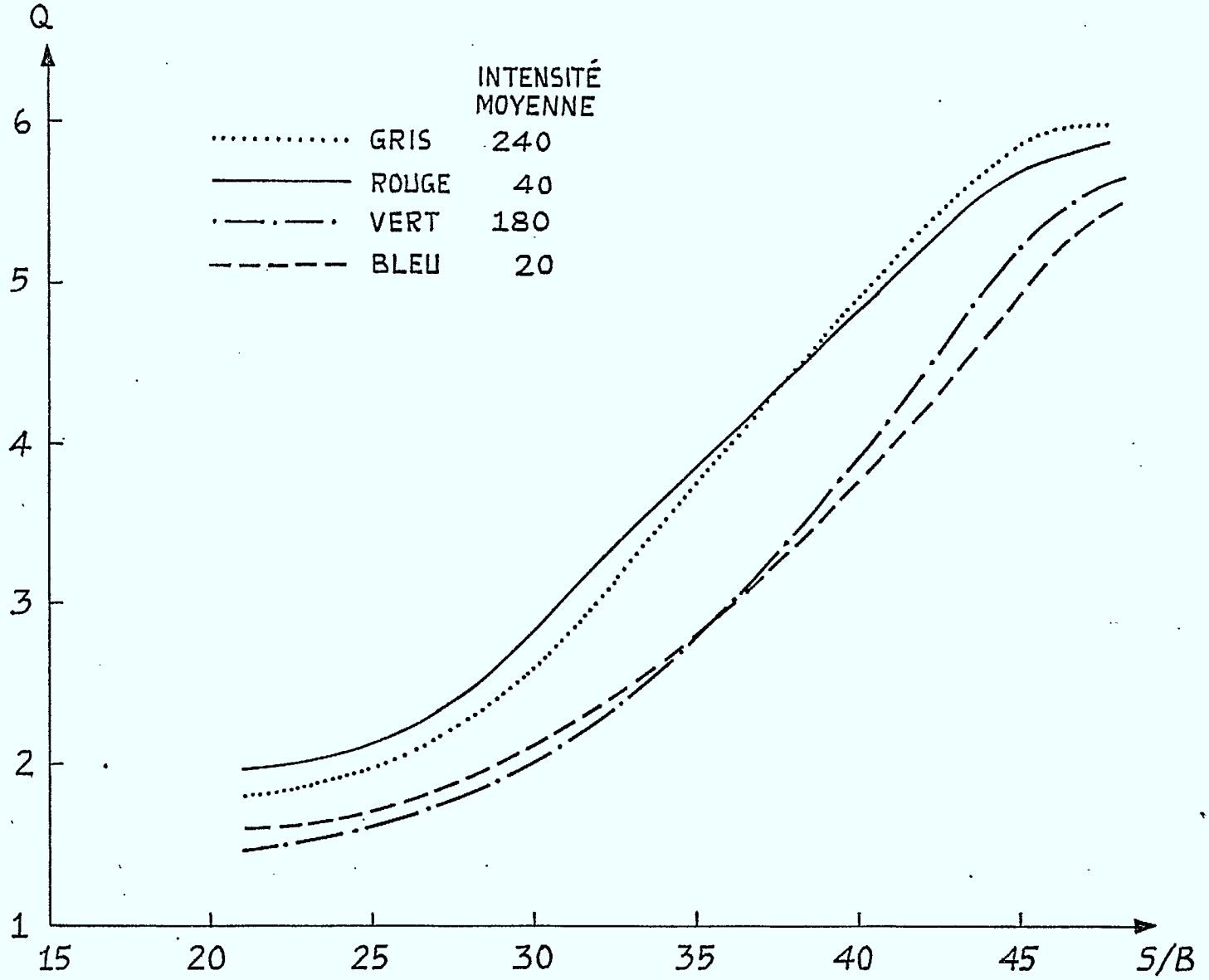

Figure 3.5: Qualité du gris 40 IRE et de ses composantes. (Moniteur)

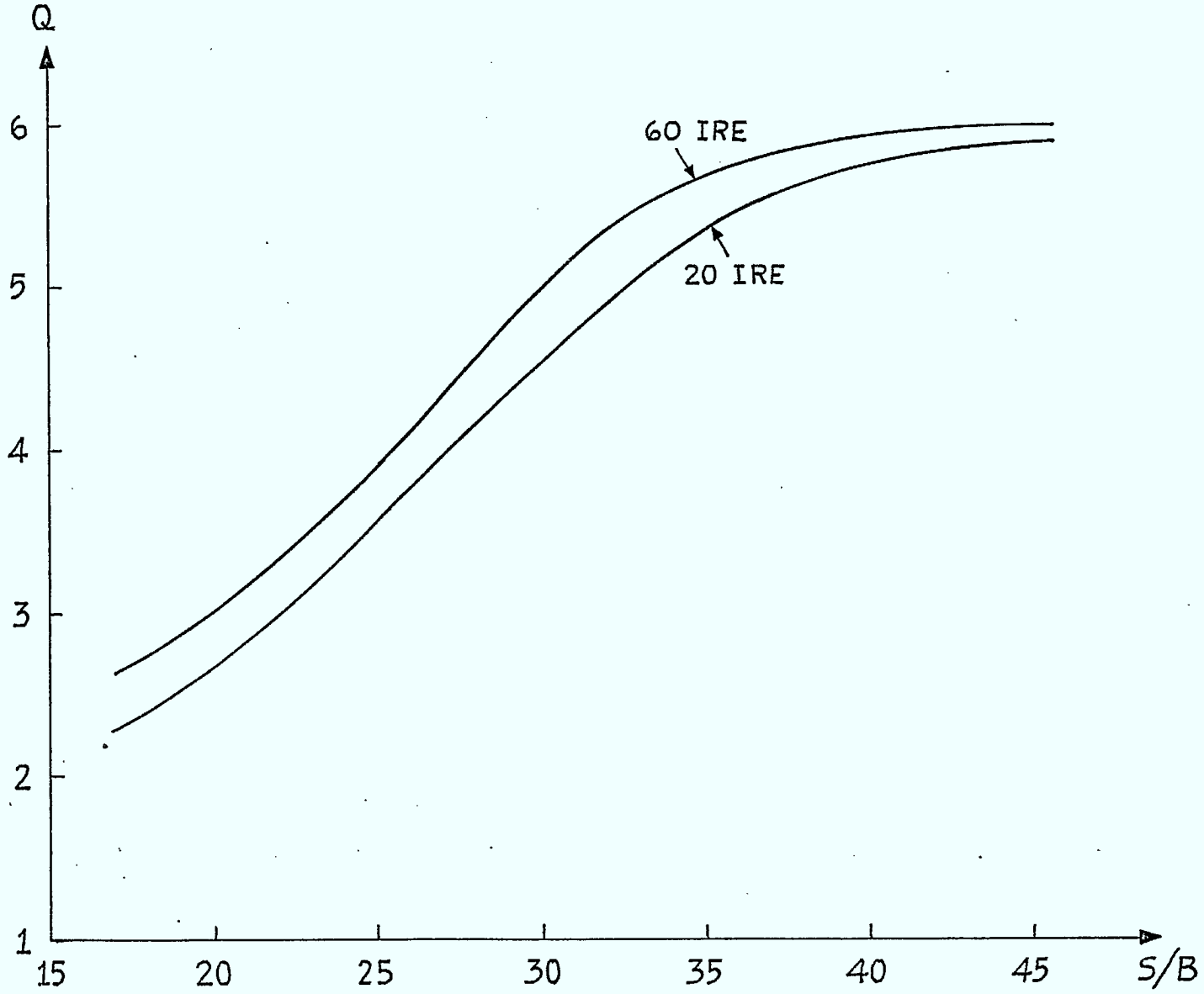

Figure 3.6: Qualité pour différents tons de gris sur une même image. (Téléviseur)

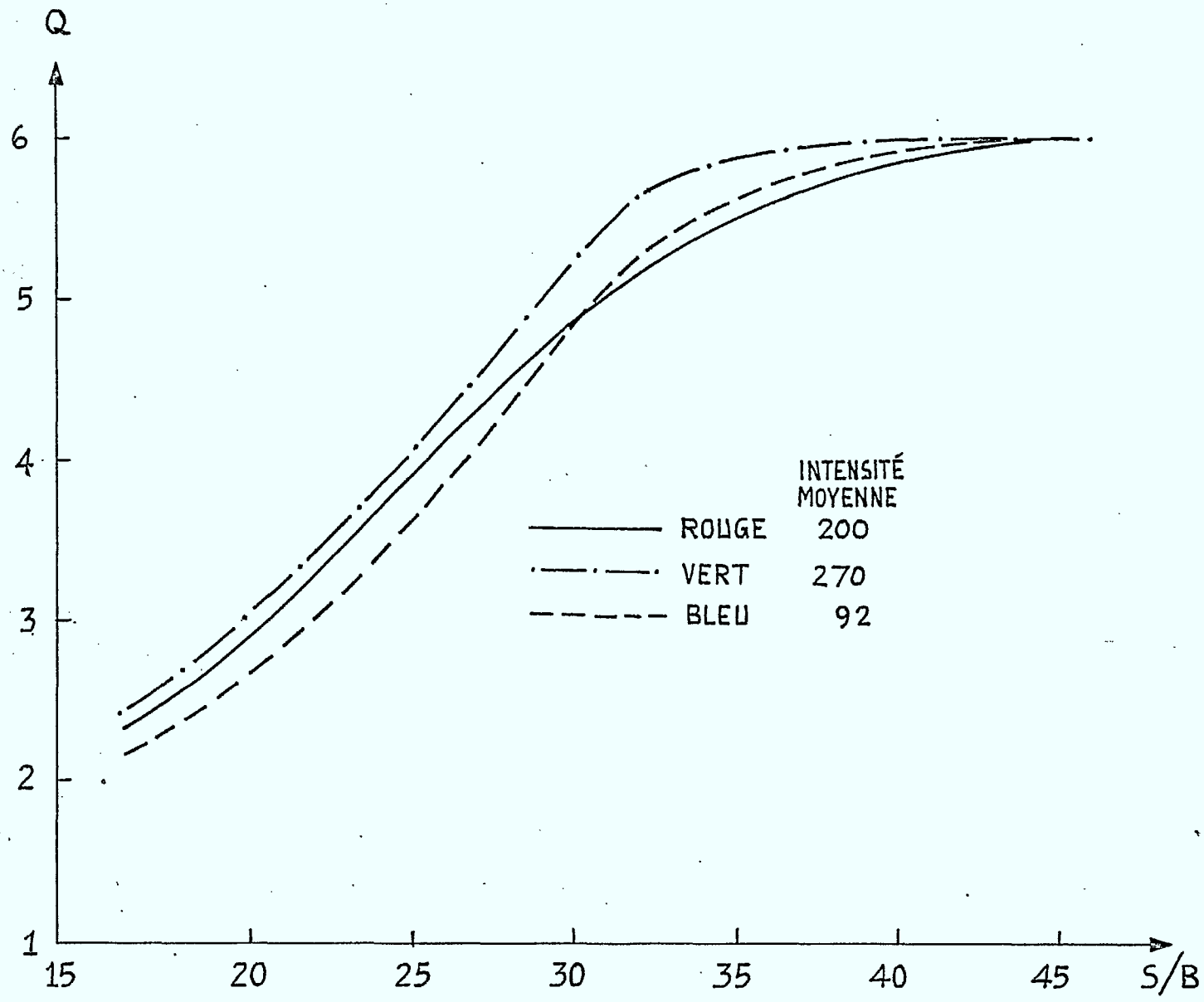

Figure 3.7: Qualité des couleurs primaires. (Téléviseur)

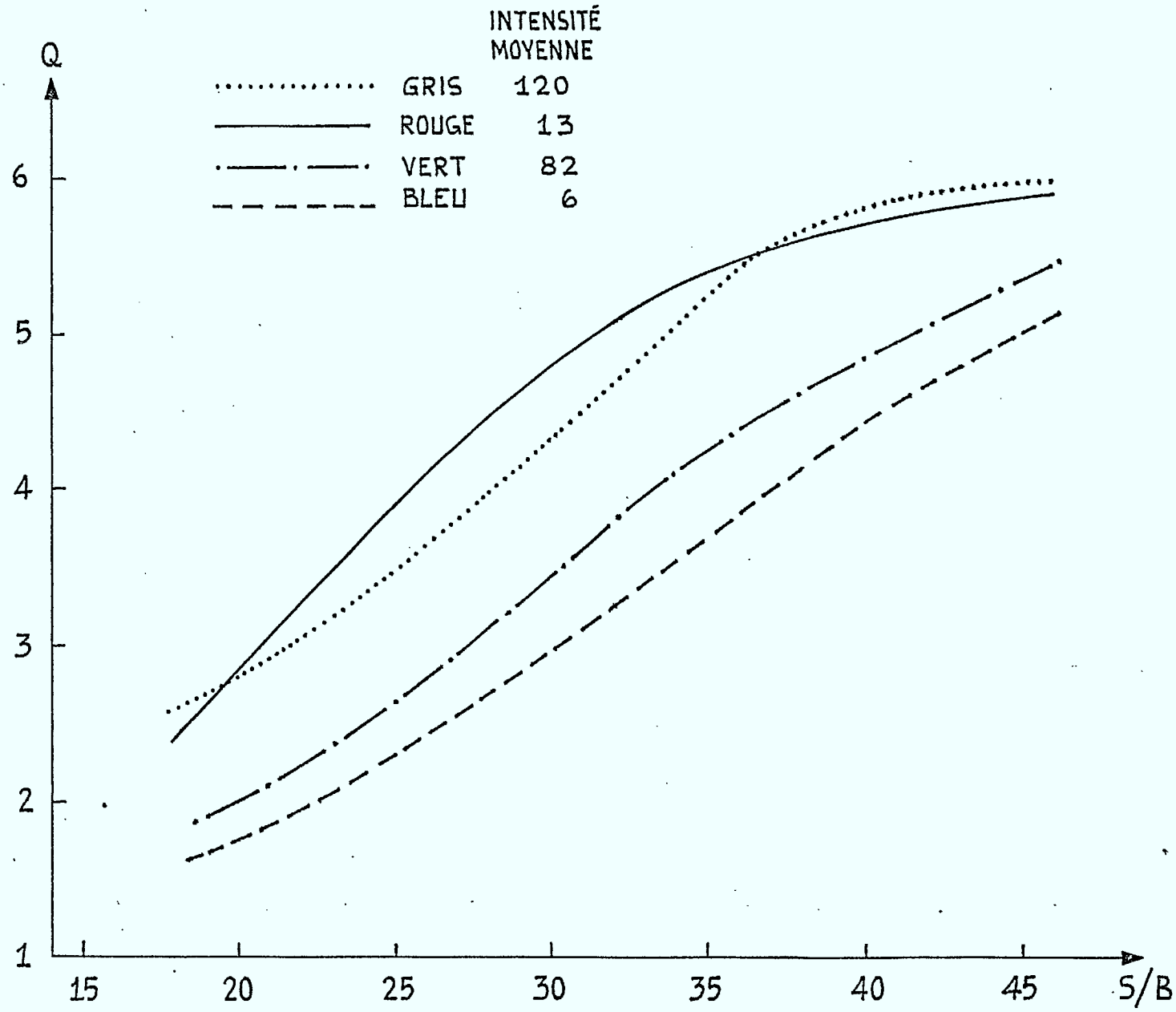

Figure 3.8: Qualité du gris 40 IRE et de ses composantes. (Téléviseur)

CHAPITRE 4

EVALUATION D'UNE IMAGE REELLE

Principe

Lorsqu'on est en présence d'une image de télévision, la qualité évaluée par le système dépend du bruit et de l'intensité moyenne du point qu'on choisit sur l'écran. Pour l'observateur moyen, le jugement s'effectue sur l'image de façon globale, possiblement en étant plus sensible à certains tons ou couleurs. Si la région plus dégradée par le bruit est de surface relativement petite, elle n'aura pas tellement d'effet sur la qualité. Par contre, si la région affectée est présentée sur une surface importante de l'écran, l'évaluation en ce point donnera une idée assez juste de la qualité globale.

On peut connaître le bruit présent sur une image de plusieurs tons de gris ou de couleurs en se servant des résultats déjà obtenus avec lesquels on dresse les tableaux suivants.

TABLEAU 2

Niveaux de bruits

Tons de gris

	Moniteur CV-1900				Téléviseur KV-1922			
Luminance (IRE)	80	60	40	20	80	60	40	20
Atténuation sur le bruit (dB)								
40	6.5	7.1	6.9	7.7	4.4	4.2	4.6	6.4
30	8.0	8.5	8.5	8.6	6.2	5.4	5.2	6.4
20	11.9	12.3	12.2	11.7	9.9	8.3	8.4	8.9
10	16.5	16.9	17.0	15.9	13.4	12.4	12.6	13.0

TABLEAU 2 (Suite)

Couleurs

	Rouge	Vert	Bleu	Rouge	Vert	Bleu
Atténuation 40	3.2	7.3	3.3	4.7	3.1	4.3
30	3.8	8.1	5.0	5.9	4.2	4.7
20	6.6	11.3	8.3	9.2	7.2	8.0
10	11.3	16.2	12.8	12.3	11.8	12.6

La variation du bruit pour différents tons de gris est faible autant pour le moniteur que pour le téléviseur. Sauf pour le vert du moniteur, on peut en dire autant pour les couleurs.

En général, le bruit mesurable sera constant sur tout l'écran, seul le niveau d'intensité moyen sera la cause d'une variation de la qualité pour différents points sur une même image. Mis à part les points de très forte intensité causant un effet de "cut off", tous les points de l'écran donneront une mesure équivalente du niveau de bruit.

On peut donc penser qu'en pouvant évaluer l'intensité globale (moyenne spatiale) de tout l'écran et en la substituant à l'intensité ponctuelle (moyenne temporelle), on obtiendra une évaluation de la qualité de l'image qui serait plus près de la perception de l'observateur moyen. Ceci évitera d'évaluer la qualité de l'image à partir d'un point dont l'intensité n'est pas représentative de l'ensemble.

Afin d'évaluer l'intensité moyenne de l'écran, l'utilisation d'un photomètre pourrait suffire mais la faible intensité de l'écran relative à la lumière ambiante demande un détecteur de meilleure sensibilité. A partir du moment que l'on accepte le fait de déplacer l'optique pour effectuer cette mesure, on en arrive à la conclusion qu'il serait pratique d'utiliser le senseur du système. L'usage d'un filtre translucide sera nécessaire pour permettre la mesure. La distance à laquelle cette mesure est effectuée a de l'importance pour deux raisons, on doit être assez loin pour avoir une vue de tout l'écran mais assez près pour ne pas capter trop d'ambiant, et l'intensité de lumière se rendant au senseur diminue en fonction de l'inverse du carré de la distance.

D'après les dimensions physiques du système optique, on évalue la distance du senseur à l'écran en fonction de la hauteur de ce dernier, on obtient:

$$d = 1.25\,H - 2$$

où d et H sont la distance et la hauteur de l'écran, tous deux exprimés en centimètres.

Pour un écran de 30 cm, d = 35.5 cm.

Le filtre translucide permet de couvrir le maximum de la plage d'opération du système avec un éclairage ambiant et une luminance de l'écran correspondant aux conditions normales de mesures.

Deux mesures seront nécessaires pour obtenir la moyenne spatiale de l'écran, l'ambiant et l'écran ensemble puis l'ambiant seul. La mesure sera d'autant plus valable que l'ambiant est faible. Ceci est préférable aussi pour limiter l'influence qu'a un éclairage intense incident directement sur le détecteur et venir en altérer ses caractéristiques à court terme.

On ramène l'intensité moyenne globale à la moyenne ponctuelle en calibrant pour une intensité à l'écran de 100 IRE. On obtient:

$$DC = (IM - AM) \times .817$$

où IM = mesure de l'ambiant + écran

AM = ambiant

DC = représentation interne de la moyenne ponctuelle

Modifications au programme

Afin de permettre cette mesure et rendre le tout intégré au programme déjà existant, quelques corrections furent apportées.

Une fois l'initialisation complétée, il est possible d'effectuer la mesure de l'intensité globale de l'écran de la façon décrite plus haut. Par la suite, on mesure le bruit avec cette intensité moyenne jusqu'à ce qu'il soit jugé bon de refaire une évaluation de la moyenne spatiale ou de n'utiliser que la moyenne ponctuelle.

L'organigramme suivant illustre la suite des actions entreprises dès l'accès au programme.

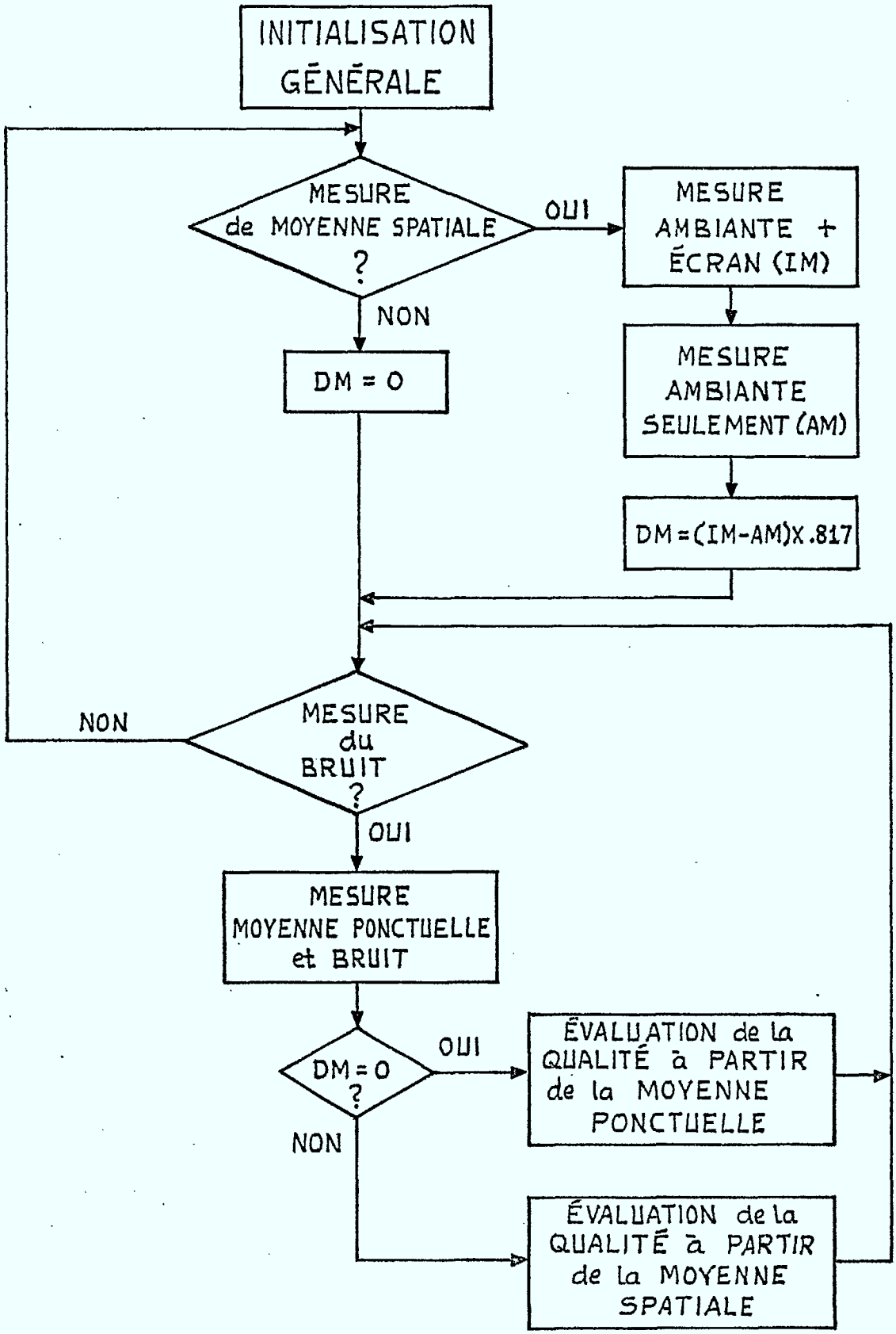

Figure 4.1: Organigramme général du programme LECTT modifié.

Conclusion

L'évaluation de la qualité d'une image réelle demeure difficile principalement à cause du caractère subjectif relié au contenu de l'image, facteur absent d'une image d'un gris uniforme. A partir du fait que le niveau de bruit est indépendant de l'intensité de la scène, la seule évaluation de l'intensité moyenne n'apporte pas d'information suffisamment pertinente pour tirer de conclusions. Seule une série assez importante de mesures tentant d'évaluer la contribution de chaque composante couleur en intensité pour en extraire la couleur et la luminance de la scène pourrait permettre d'accumuler assez d'information pour en évaluer la qualité. D'autres études permettant d'évaluer les autres paramètres influençant la qualité seraient nécessaires pour pouvoir tirer l'essentiel d'une telle quantité de mesures.

CHAPITRE 5

DISCUSSION SUR LES CARACTÉRISTIQUES DU DÉTECTEUR

Comme il fut souligné au chapitre 1, la cellule au sulfide de cadmium présente des comportements qui remettent ses avantages en question. La linéarité et la sensibilité de la cellule, qui sont presqu'idéales pour la plage d'intensité utilisée, dépendent malheureusement du conditionnement de la cellule. De plus, sans tenir compte de l'effet de mémoire à long terme qui peut être rendu négligeable si on contrôle de plus près les conditions de la mesure, on voit le bruit affecté par le niveau moyen d'intensité incidant sur la cellule. A faible intensité, la réponse de la cellule devient très lente ce qui limite en pratique la mesure de bruit pour les intensités supérieures à DC = 20. Finalement, on considère [5] que les valeurs de résistances disponibles des cellules CdS sont typiquement d'une demie à deux fois les spécifications fournies par le fabricant, ce qui rend risqué l'interchangeabilité des senseurs.

La résultante est un système capable d'effectuer la mesure pour lequel il fut conçu avec les limitations suivantes:

- On doit conserver la cellule dans un environnement constant entre les mesures, celui-ci doit être un éclairage d'intensité aussi près que possible des conditions d'opération, éviter toute intensité élevée (même pour une courte période).
- Le passage d'une région claire à une autre foncée sur une même image devra être suivi d'une période d'attente pour permettre à la cellule de s'adapter à la nouvelle intensité lumineuse.
- La mesure de bruit pour les faibles intensités doit être évitée, ou du moins considérée sans grande valeur.

La confiance dans le système peut être ébranlée si des mesures répétées ne donnent pas les mêmes résultats, la cause de ces variations n'étant peut-être

pas le senseur mais bien le téléviseur à l'étude. La seule façon d'obtenir des mesures qui éliminent tout doute serait d'employer un autre senseur qui présente des caractéristiques moins désavantageuses.

Si la disponibilité d'autres types de senseurs était nulle ou que les caractéristiques de ceux-ci les rendaient inutilisables pour l'application qui nous intéresse, on y trouverait matière à consolation. Il en existe pourtant quelques autres qui nécessiteraient tous une modification du système optique employé. A cause de la petite taille des autres senseurs, on devra concentrer la lumière sur une petite surface. La linéarité étant un facteur de première importance en photométrie, les photodiodes sont les meilleurs candidats. Fabriquées à base de silicium, elles sont utilisées principalement dans la communication par fibres optiques et ont une meilleure réponse dans l'infrarouge. Par contre, un type de photodiode, PIN Schottky, répond bien dans le visible tout en conservant la plupart des caractéristiques de cette famille de senseurs. L'addition d'un filtre adapté à la vision photopique(6) permettrait de simuler fidèlement la réponse spectrale de l'oeil humain. Le principal désavantage des photodiodes est leur faible niveau de réponse (responsivity), on doit amplifier le signal pour le rendre utilisable.

Le seul autre candidat sérieux est la photodiode de type MOS qui a un niveau de réponse un peu plus élevé mais qui présente une dégradation sur l'ensemble de ses autres caractéristiques. La table 2 présente les différents senseurs généralement utilisés ainsi que l'ordre de préférence selon différents critères de sélection(5).

TABLE 2

	Réponse spectrale			Sensibilité	Niveau de réponse	Courant d'intensité nulle	Dimensions et poids	Stabilité à long terme	Linéarité	Alimentation	Temps de réponse
	UV	VIS	IR								
Photoconducteurs											
CdS	5	1	5	2	3	3	3	4	4	B_v	7
CdSe	6	3	4	3	3	4	3	4	4	B_v	6
PbS	4	3	1	4	4	4	3	6	4	B_v	5
Eléments photovoltaïques											
Sélénium	3	1	6	6	5	0	5	3	2	0	5
Silicium	5	4	3	3	4	0	3	3	2	0	4
Photodiodes											
Ordinaire p-n	4	3	2	2	4	1	1	2	1	B_v	2
PIN Schottky	2	1	2	2	4	1	1	2	1	B_v	1
PIN diffused	4	3	2	2	4	1	1	1	1	B_v	2
Phototransistor											
Silicium	4	3	2	3	2	2	1	2	4	B_v	4
Photofet	4	3	2	2	2	1	1	2	4	B_v	4
LASCR	4	3	2	5	5	2	2	3	4	B_v	4
Photodiode MOS	4	3	2	2	2	2	2	3	3	B_v	3
Photomultiplicateur	1	2	1	1	1	1	6	6	1	H_v	1

Ordre de préférence

1 - Excellent

7 - à rejeter

0 - ne s'applique pas

Alimentation

B_v Basse tension

H_v Haute tension

CHAPITRE 6

CONCLUSION

Le détecteur au sulfide de cadmium comporte deux caractéristiques qui remettent en jeu son rôle dans le système de mesure: l'effet de mémoire altère la réponse statique pour la mesure de l'intensité moyenne et le temps de réponse est fonction de l'intensité lumineuse incidente et vient compromettre la mesure du bruit.

On convient donc que toute mesure de qualité est fonction du conditionnement de la cellule et que cette dernière doit être remplacée par un élément plus fiable. Malheureusement, autant une modification au système optique qu'à l'électronique doivent être réalisées afin d'interfacer le type de détecteur qui semble le mieux se prêter à notre application, la photodiode PIN Schottky.

En contrôlant le mieux possible les conditions de la mesure, on conclut que le niveau de bruit est passablement constant sur tout l'écran, le seul paramètre venant influencer la qualité est donc l'intensité moyenne. Une méthode d'évaluation de l'intensité globale de l'écran fut proposée pour tenter de déduire la qualité de l'image à partir d'un point.

Toute intention de poursuivre nos recherches dans ce domaine doit être accompagnée par le besoin impératif de changer de détecteur afin d'améliorer la performance du système et d'augmenter la confiance dans les résultats.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Pomerleau, A., Sylvain, D., Brousseau, R., Etudes de mesures quantitatives de la qualité d'image de télévision (phase 3). Rapport final, contrat OSU80-00301 du Ministère des Approvisionnements et Services.

(2) Opto-Electronic Devices for Industry, Optel Electronics Lake Engineering Co. Ltd, 1971.

(3) D.H. Kelly, Visual Signal Generator, Review of Scientific Instruments, vol. 32, p. 50, 1961.

(4) Monsanto 1977 Catalog of Optoelectronic Products.

(5) Allen Stimson, Photometry and Radiometry for Engineers, John Wiley & Sons, 1974.

(6) Ealing Optics Catalog, 1981.

ANNEXE 1

EVALUATION DE LA LUMINANCE DE L'ECRAN

La luminance d'une surface est définie comme[4]

$$B = \frac{I}{As\cos\theta}$$

où θ est l'angle séparant la normale du point d'observation, As est la surface émettrice, I le flux lumineux traversant une projection de la surface émettrice couvrant un stéradian vue à partir du centre de A_s (exprimé en lumen/sr).

On est apte à mesurer l'illuminance avec un photomètre, ce qu'on mesure est

$$E = \frac{F}{A_d}$$

où F est le flux lumineux, A_d la surface du détecteur.

Sachant que $I = \frac{F}{\omega}$ (source ponctuelle), il s'ensuit que

$$I = \frac{Fr^2}{Ad}$$

r est la distance séparant le détecteur de la source. Alors $I = Er^2$.

Si on mesure l'illuminance sur la normale de la surface

$$B = \frac{Er^2}{As}$$

Posant $r^2 = As$, la mesure de la luminance est directe.

La surface de l'écran est d'environ 30×40 cm^2, donc r sera 33 cm. A cette distance, on mesure 25 ftcd pour un gris 100 IRE, la luminance en cd/m^2 nécessite de multiplier ce résultat par 10.76.

Finalement, B = 269 cd/m^2.

A N N E X E 2

Programme LECTT modifié

```
10 A=0:B=0:C=0:D=4095
20 AD=37376
30 DA=37120
35 POKE DA,0
40 POKE 36867,15
50 GAIN=4
60 POKE36865,GAIN
70 IF PEEK(3968)<>173 THEN PRINT"CODE MACHINE NON DISPONIBLE":END
80 POKE 4,128
90 POKE 5,15
100 PRINT"INITIALISATION COMPLETEE"
110 DEF FNA(X)=4.34294482*LOG(X)
120 DEF FNB(X)=1.442695*LOG(X)
130 DEF FNC(X)=10^FNB(X)
140 DEF FND(X)=-0.02012*(FNA(X)^2)+1.7*FNA(X)-18.37
150 GOSUB 4500
250 PRINT" ":PRINT"PRET POUR MESURES DE BRUIT"
300 INPUT"TAPEZ 1 LORSQUE PRET";AS
305 NC=0
310 IF AS=1 THEN GOTO 380
320 IF AS=0 THEN GOTO 150
330 GOTO 300
380 GOSUB 1000
400 GOSUB 3000
500 IF PI=1 THEN GOSUB 4000:GOTO 250
510 GOTO 380
1000 OH=PEEK(AD)
1010 N=4000
1015 A=0:B=0
1020 FORI=1TON:A=A+USR(C):B=B+PEEK(D):NEXT
1030 RETURN
2000 OF=255:OH=256
2020 POKE DA,OF
2030 FOR I=1 TO 10*OH:NEXT I
2040 GOSUB 2400
2050 OH=OH/2
2060 IF ABS(MES-128)<1 GOTO 2200
2070 IF MES<128THEN OF=OF-OH:GOTO 2090
2080 OF=OF+OH
2090 IF OF>255 GOTO 2300
2100 POKE DA,OF
2110 IF OH>=2GOTO 2030
2120 GOSUB2400
2210 RETURN
2300 PRINT"INTENSITE TROP FORTE POUR LE GAIN...SORTIE NON COMPENSEE"
2302 IF GAIN=1 THEN PRINT"VERIFIEZ L'OPTIQUE":END
2305 GOSUB3225
2310 POKE DA,255:RETURN
2400 MES=PEEK(AD)
2410 MES=0
2420 N=250
2430 FOR I=1 TO N:MES=MES+PEEK(AD):NEXT
2440 MES=MES/N
2450 RETURN
3000 H=PEEK(4094):POKE4094,0
3010 BL=PEEK(4093):POKE4093,0
3015 OX=((A-B*B/N)/(N-1))^.5
3017 PI=0
3020 IF ((H=0)AND(BL=0)) THEN GOTO 3050
3030 IF (NC>1)OR((H=1)AND(BL=1))THEN GOSUB 3200:RETURN
```

```
3040 GOTO 3300
3050 IF (OX>2 OR(GAIN=4) THEN PI=1:RETURN
3060 GOSUB 4100:RETURN
3200 PRINT"AMPLITUDE DU BRUIT TROP FORTE POUR LE GAIN"
3210 NC=0
3220 GAIN=GAIN/2
3230 IF GAIN<1 THEN PRINT"GAIN MINIMUM ATTEINT":GAIN=1
3240 POKE 36865,GAIN
3245 GOSUB 2000
3250 RETURN
3300 PRINT"NIVEAU CONTINU MAL AJUSTE"
3330 GOSUB 2000
3340 NC=NC+1
3350 RETURN
4000 MZ=B/N-128
4010 GOSUB 4300
4020 PRINT "NIVEAU DE BRUIT";INT(BC*100)/100
4030 PRINT "INTENSITE MOYENNE";INT(DC*100)/100
4050 PRINT"QUALITE";INT(QL*100)/100
4070 RETURN
4100 PRINT"GAIN TROP FAIBLE POUR LE NIVEAU DE BRUIT MESURE"
4130 GAIN=GAIN*2
4140 IF GAIN>4 THEN PRINT "GAIN MAXIMUM ATTEINT":GAIN=4
4150 POKE 36865,GAIN
4155 GOSUB 2000
4160 RETURN
4300 NB=FNA(OX)+30-10*FNB(GAIN)
4301 DC=3.176*OF+39*MZ/FNC(GAIN)
4302 IF DM=0 THEN DS=DC:GOTO 4305
4303 DS=DM
4305 IF DC>20 THEN BC=NB-FND(DC):GOTO 4309
4308 BC=NB-.83*FNA(DC)+10
4309 IF DS>20.8 THEN GOTO 4315
4310 BP=.07*FNA(DS)-1.533:GOTO 4330
4315 BP=.0875*FNA(DS)-1.764
4330 OM=10^(BC/10)-10^BP*.7071
4335 IF OM>0 THEN OM=.1*FNA(OM)
4340 IF OM<.46 THEN QL=6:RETURN
4350 IF OM<.941 THEN QL=-1.46*(OM^2)+.918*OM+5.887:RETURN
4360 IF OM<1.67 THEN QL=-3.91*OM+9.14:RETURN
4370 QL=1.82*(OM^2)-9.06*OM+12.7
4380 RETURN
4500 PRINT:PRINT"MESURE DU NIVEAU MOYEN D'INTENSITE"
4505 PRINT"IMAGE SUR ECRAN,ENLEVEZ LE MICROSCOPE"
4510 INPUT"INSTALLEZ LE FILTRE ET TAPEZ 1";AS
4520 IF AS=1 THEN GOSUB 2010:GOTO 4550
4530 IF AS=0 THEN GOTO 4800
4540 GOTO 4510
4550 IM=3.176*OF+39*(MES-128)/FNC(GAIN)
4560 INPUT"INTENSITE MINIMUM SUR ECRAN ET TAPEZ 1";AS
4570 IF AS<>1 THEN GOTO 4560
4580 GOSUB 2010
4590 AM=3.176*OF+39*(MES-128)/FNC(GAIN)
4600 DM=(IM-AM)*.817
4650 PRINT"INTENSITE SPATIALE MOYENNE";INT(DM*100)/100
4700 GOTO 5000
4800 DM=0
5000 PRINT:PRINT"ENLEVEZ LE FILTRE,MICROSCOPE EN PLACE"
5020 RETURN
```