

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE
G.E.P.A.N.

N.T. N^o - 0035 CT/G.E.P.A.N.

DETERMINATION DE L'ORDRE DE GRANDEUR DE LA PUISSANCE D'UNE
SOURCE LUMINEUSE
A PARTIR DE L'EXAMEN DE CLICHES PHOTOGRAPHIQUES

--0o0--

TOULOUSE, LE 23 JUIN 1977

CLAUDE POHER

R E S U M E

La détermination de l'ordre de grandeur de la puissance d'une source lumineuse peut se faire au moyen de la relation suivante :

$$\frac{P}{D^2} = 0,63 \frac{\varphi^2 \cdot 10^{(D-0,78-0,68 \text{ LOG}_{10} S)}}{F^2 \cdot T}$$

avec :

- P = Puissance électrique en watts qui devrait alimenter une lampe à incandescence à 2850° K donnant le même résultat photographique final que la source si celle-ci est supposée rayonnant d'une manière isotrope.
- D = Distance **source/objectif** photographique en mètres.
- φ = Diamètre de l'image **dela** source sur le film en milli-mètres.
- O = Rapport d'ouverture de l'objectif ($\frac{F}{D}$) pendant la prise de vue (prendre O = 8 pour les appareils à ouverture fixe).
- D = Densité de l'image de la source sur le film photographique (à déterminer soit avec un densitomètre, soit par comparaison avec une échelle étalon de **densités**).

- S = Sensibilité du film (exprimée en ASA)
- F = Distance focale de l'objectif (en millimètres)
- T = Temps de pose (en secondes) (Prendre T = 0,02 pour les appareils à temps de pose unique)

DEVELOPPEMENT DU CALCUL

CARACTERISTIQUES DES FILMS

On connaît les caractéristiques sensitométriques d'un film soit par mesure directe en laboratoire soit en utilisant les données du fabricant.

A titre d'exemple, la page suivante présente les caractéristiques de deux émulsions classiques, telles que les indique le fournisseur.

On remarquera que ce sont des émulsions développées avec soin, de manière à obtenir un gamma de 1.

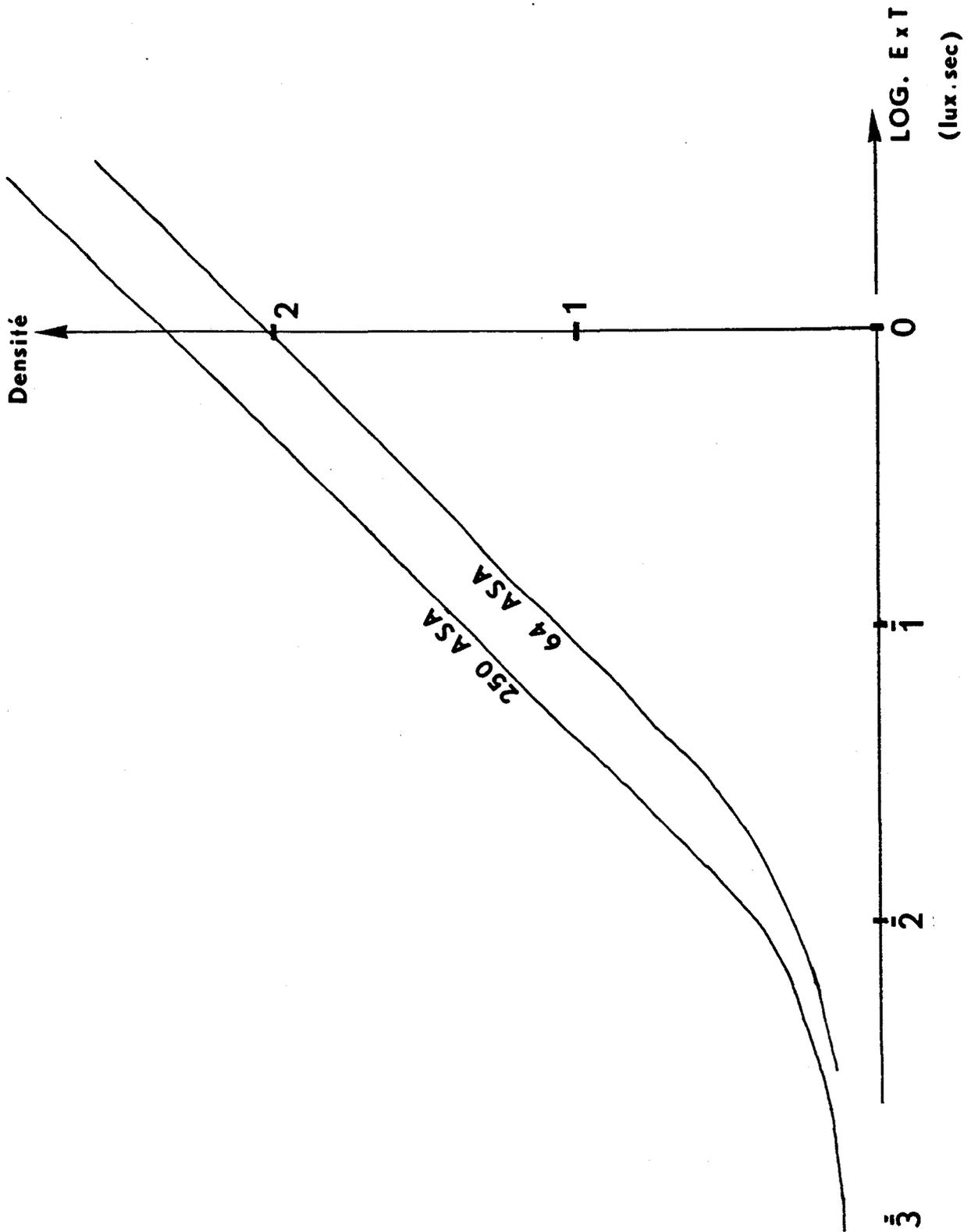
En considérant seulement la partie linéaire des caractéristiques on peut en déduire une "relation pratique" liant la densité photographique D à l'éclairement E , au temps de pose T et à la sensibilité S du film.

cette relation est : $D = \text{LOG}_{(10)} (E.T.) + 0,78 + 0,68 \text{ LOG}_{10} S$

E est exprimé en lux (lumen par mètre carré)

T est exprimé en secondes

S est exprimé en ASA



Cette relation s'avère être suffisamment exacte pour la plupart des films mis à la disposition du public.

De cette relation on peut donc déduire l'éclairement (en Lux) reçu par le film au moment de l'exposition :

$$E = \frac{10^{(D - 0,78 - 0,68 \text{ LOG}_{10} S)}}{T}$$

Or l'image de la source, sur le film, supposée circulaire, de diamètre φ (en millimètres) a une surface de :

$$s = \frac{\pi \cdot \varphi^2}{4} \cdot 10^{-6} \quad (\text{mètres carrés})$$

c'est-à-dire que le flux lumineux qui a été reçu par l'objectif photographique pendant la prise de vues était :

soit :

$$\Phi = E \times s$$
$$\Phi = \frac{10^{(D - 0,78 - 0,68 \text{ LOG}_{10} S)}}{T} \times \frac{\pi \cdot \varphi^2}{4} \cdot 10^{-6}$$

avec Φ exprimé en Lumen

Le flux lumineux n'est qu'une faible fraction du flux total rayonné par la source photographiée.

Si on suppose que la source est située à la distance "d" (exprimée en mètres) de l'objectif photographique, et qu'elle est isotrope, il faudra multiplier le flux précédent par le facteur suivant pour connaître l'énergie totale rayonnée par la source (repartition des angles solides)

$$k = \frac{16 \cdot 10^6 \cdot d^2}{F^2}$$

- Avec O = rapport d'ouverture de l'objectif (focale/dia-
mètre)
- F = focale de l'objectif (exprimée en millimètres)
- d = distance entre la source et l'objectif (expri-
mée en mètres)

Ainsi, le flux lumineux total rayonné par la source au moment de la prise de vues était de :

$$\Phi_t = \frac{10^{(D-0,78 - 0,68 \text{ LOG}_{10} S)}}{T} \times \frac{\pi \varphi^2}{4} 10^{-6} \times \frac{16 \cdot 10^6 d^2}{F^2} O^2$$

avec Φ_t en Lumens

soit :

$$\Phi_t = 12,6 \frac{\varphi^2 O^2 d^2}{F^2 T} 10^{(D-0,78-0,68 \text{ LOG}_{10} S)}$$

Les films photographiques sont généralement étalonnés au moyen d'une lampe à incandescence à 2850° K ; par conséquent on peut traduire ce flux total en puissance électrique équivalente puisque ces lampes délivrent environ un lumen pour $5 \cdot 10^{-2}$ watts électriques.

On aura donc une puissance électrique équivalente "P", pour une lampe à incandescence, de :

$$P = 5 \cdot 10^{-2} \Phi_t$$

soit :

$$P = 0,63 \frac{\varphi^2 O^2 d^2}{F^2 T} 10^{(D - 0,78 - 0,68 \text{ LOG}_{10} S)}$$

qui peut encore s'écrire plus simplement de la façon suivante :

$$\frac{P}{d^2} = 0,1 \frac{\varphi^2}{F^2} \frac{0^2}{T} \frac{10^D}{10^{0,68 \text{ LOG}_{10} S}}$$

METHODE RAPIDE DE CALCUL

(1°) Choisir k_1 dans le tableau suivant

SENSIBILITE DU FILM EN ASA	64	125	250	400	3000
VALEUR DE k_1	3,76	3,57	3,36	3,23	2,6

(2°) Calculer k_2

$$k_2 = 2 \log_{10} \frac{\varphi 0}{F} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi \text{ en mm} \\ F \text{ en mm} \end{array} \right.$$

(3°) Calculer k_3

$$k_3 = \log_{10} T \quad \text{avec} \quad T \text{ en secondes}$$

(4°) On obtient :

$$\log. \left(\frac{P}{d^2} \right) = k_1 + k_2 - k_3 + D$$

si d est exprimée en kilomètres et P en watts.

EXEMPLE NUMERIQUE :

DONNEES : FILM 400 ASA
 IMAGE DE 3 mm DE DIAMETRE
 FOCALE DE 50 mm
 OUVERTURE DE L'OBJECTIF = $F/2,8$
 TEMPS DE POSE = 10 secondes
 DENSITE DE L'IMAGE = 0,8

CALCUL :

On lit : $k_1 = 3,23$ d'après le tableau, avec 400 ASA

ensuite : $k_2 = 2 \log_{(10)} \frac{3 \times 2,8}{50} = 2 \log_{(10)} (0,168)$

soit : $k_2 = - 1,55$

puis : $k_3 = \log_{(10)} 10 = 1$

donc : $\log_{10} \frac{P}{d^2} = 3,23 - 1,55 - 1 + 0,8 = 1,48$

donc : $\frac{P}{d^2} = 30,2$ watts par km^2

--00oo00--