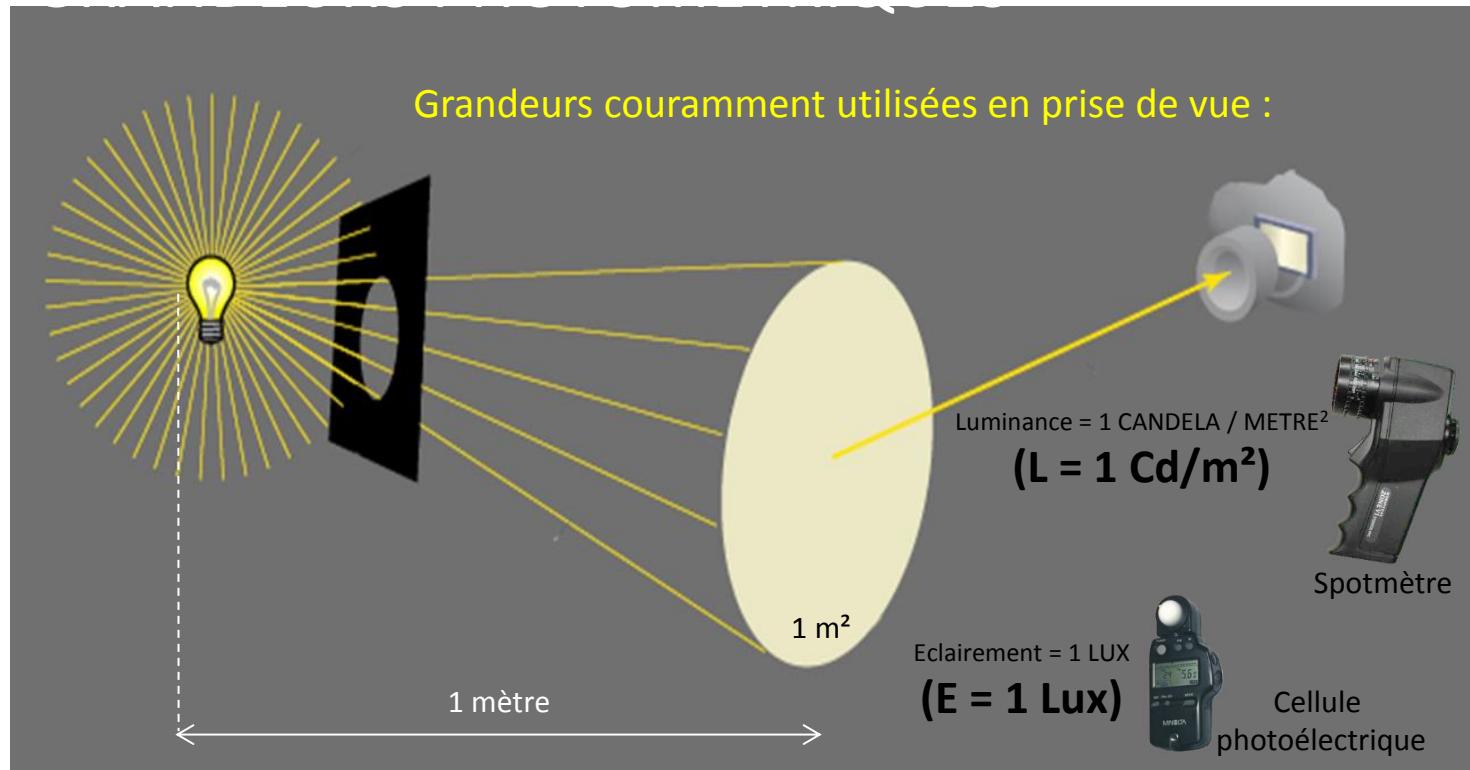


MESURES PHOTOMETRIQUES

Grandeur couramment utilisée en prise de vue :



Attention, de nombreux appareils de mesure d'origine japonaise ou anglo-saxonne utilisent le **FOOTCANDLE (Fc)** comme unité d'éclairement.

$$1 \text{ Footcandle} = 10.764 \text{ Lux}$$

Dans la pratique, on prendra $1 \text{ Footcandle} = 10 \text{ Lux}$, cette approximation étant suffisante dans la plupart des cas rencontrés.

RELATION FONDAMENTALE DE PHOTOMETRIE

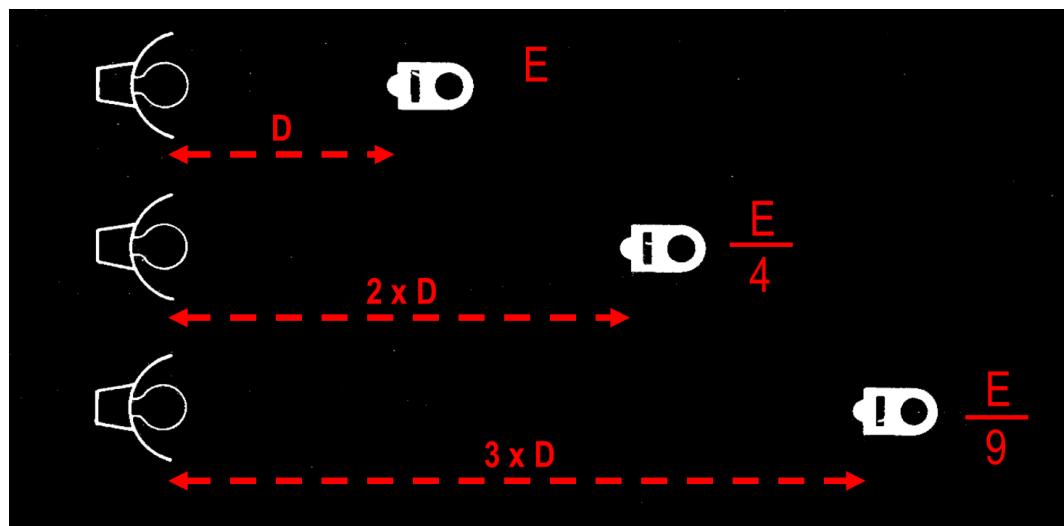
Relation fondamentale entre l'éclairement (E) produit par une source de lumière d'intensité I et située à une distance D :

$$E = \frac{I}{D^2}$$

E = Éclairement (en Lux)

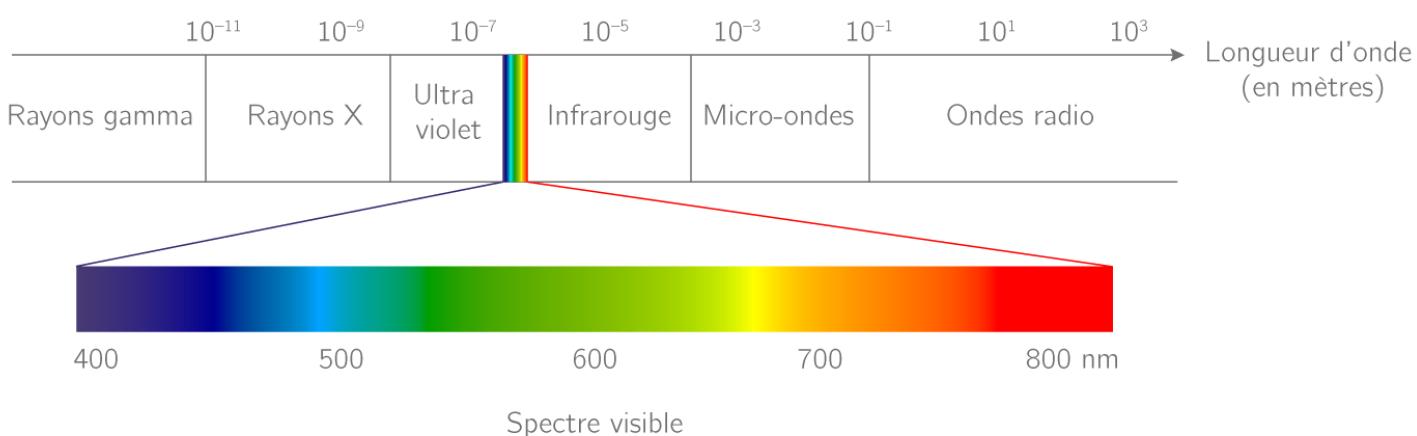
I = Intensité (en Cd)

D = Distance (en m)



Ainsi, l'éclairement étant inversement proportionnel au carré de la distance séparant la source de l'objet, si on mesure l'éclairement E d'une source située à une distance D de l'objet, cet éclairement se réduira de 4 fois si on double l'éloignement de la source ($4 = 2^2$) et de 9 fois si on triple l'éloignement de la source à l'objet ($9 = 3^2$).

SPECTRE DE LUMIERE VISIBLE



On ne peut pas définir de façon absolue les limites en longueur d'onde des rayonnements perceptibles ; la sensibilité de l'œil diminue progressivement, et varie selon les individus. La Commission internationale de l'éclairage définit la vision de l'observateur de référence pour une longueur d'onde dans le vide de 380 à 780 nanomètres (nm).

LUMIERE BLANCHE

Par définition, la lumière blanche est le **mélange de toutes les couleurs** du spectre visible.

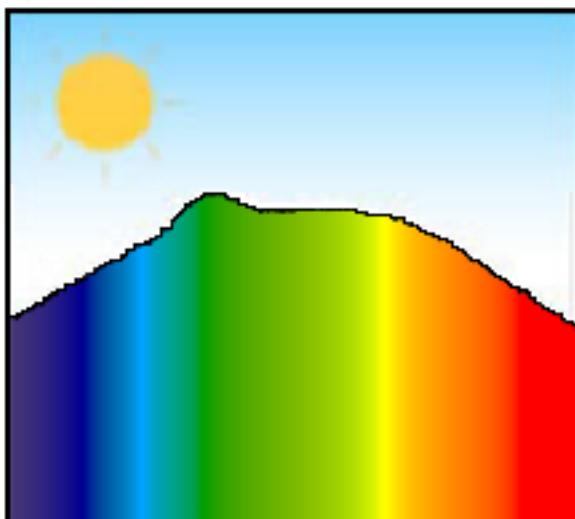
En fait, il existe une infinité de lumières blanches : Elles diffèrent dans les proportions de telles ou telles couleurs dans leur spectre.

Les appareils de prise de vues ainsi que les pellicules sont équilibrés pour deux types distincts de lumière blanche :

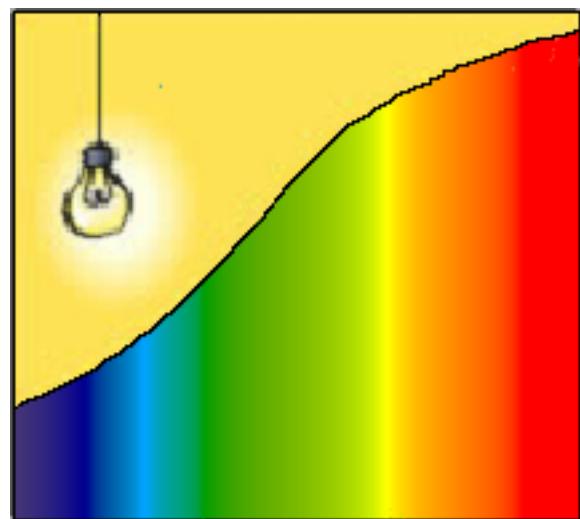
- **La lumière du jour**, dont le spectre est continu et relativement homogène, concernant la répartition des couleurs
- **La lumière artificielle**, dont le spectre est continu, mais où les couleurs chaudes (rouges-orangés) sont beaucoup plus actives que les couleurs froides (bleus-cyans)

La lumière artificielle correspond à la lumière émise par les anciennes lampes tungstène à filament.

LUMIERE DU JOUR

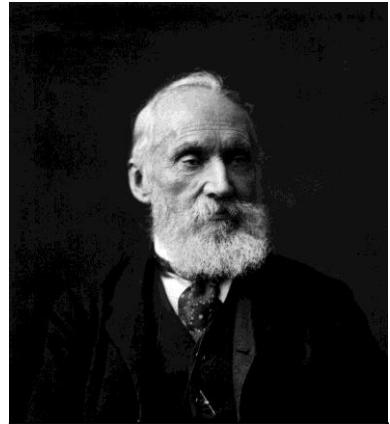
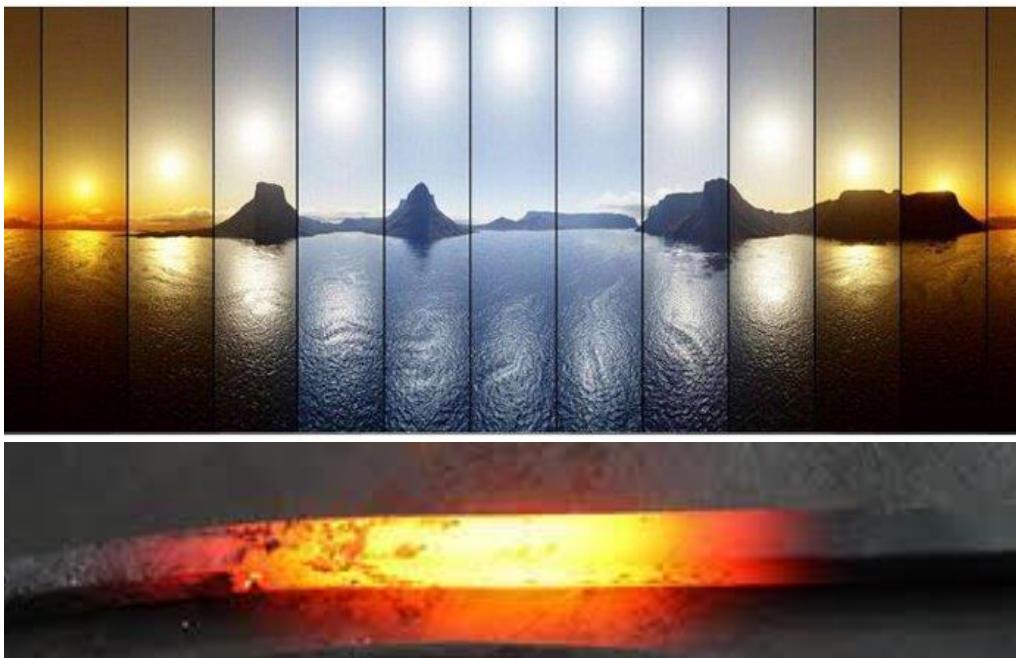


LUMIERE ARTIFICIELLE



TEMPERATURE DE COULEUR

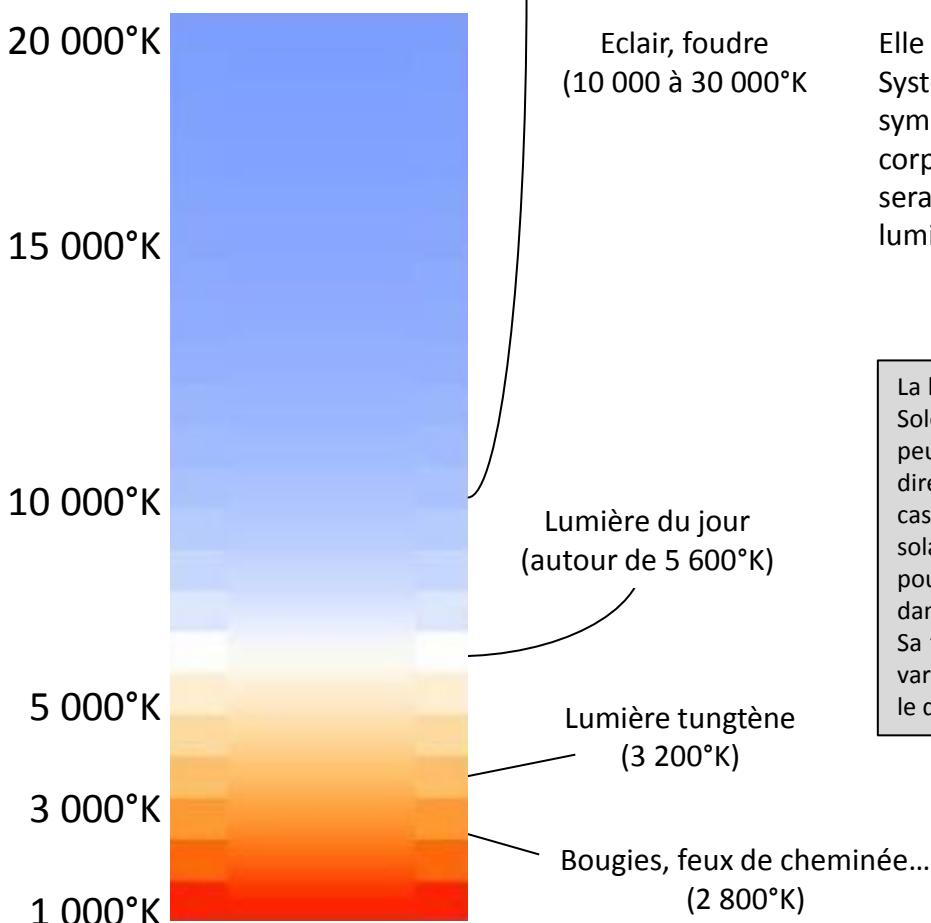
1848 - Lord KELVIN, de son vrai nom William THOMSON, jeune physicien et enseignant à l'Université de Glasgow, a l'idée d'associer les variations de couleurs de la lumière du jour à celle d'un corps noir chauffé à très haute température.



C'est Lord KELVIN (photo ci-dessus) qui démontra l'existence d'une plus petite température possible (zéro absolu), qui d'ailleurs ne peut être atteinte que par le calcul. Elle est théorique et inaccessible. Il propose une échelle absolue, calquée sur l'échelle des degrés Celsius, mais ne comportant aucune valeur négative. **Le zéro absolu** ($= -273,15^{\circ}\text{C}$) devient le « zéro » de l'échelle KELVIN.

Il va comparer les deux lumières et établir une échelle de correspondance (graduée en degrés KELVIN) allant du rouge au bleu.

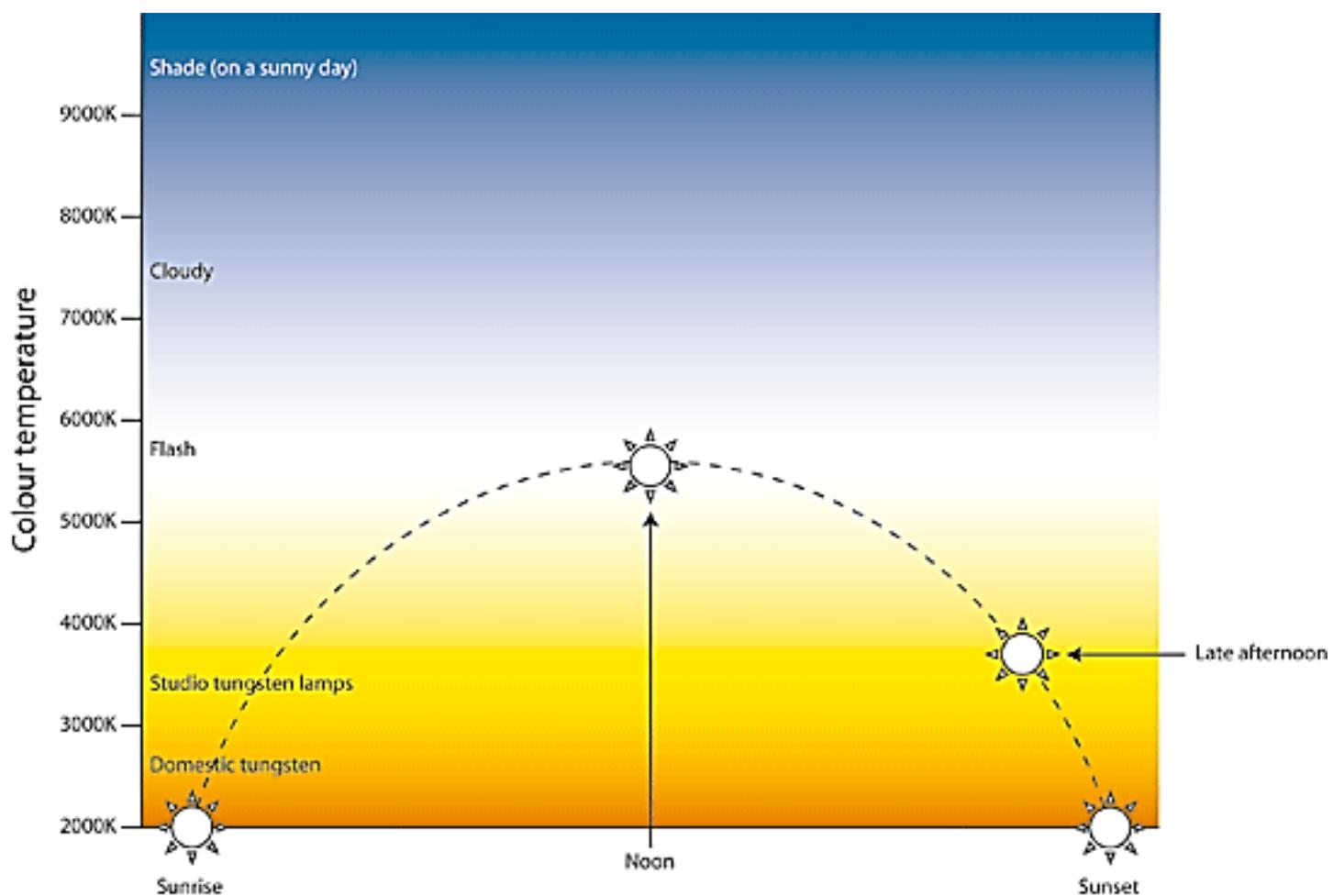
La température de couleur caractérise une source de lumière par comparaison à un matériau idéal émettant de la lumière uniquement par l'effet de la chaleur.



Elle indique en kelvins (unité du Système international dont le symbole est K) la température du corps noir dont l'apparence visuelle serait la plus proche de la source de lumière (CIE, Dic. Phys.).

La lumière du jour est présente dès que le Soleil s'élève au-dessus de l'horizon. Elle peut varier de 120 000 lux à la lumière directe du Soleil, à moins de 1 lux lors de cas exceptionnels tels que les éclipses solaires ou encore la présence de poussières ou de cendres volcaniques dans l'atmosphère. Sa température de couleur est également variable (entre 4 000 et 7 000°K) suivant le degré de pollution de l'atmosphère.

CHANGEMENTS DE TEMPERATURE DE COULEUR EN FONCTION DE L'HEURE



La température de couleur varie énormément au cours d'une journée. Outre la position du soleil (et donc l'heure de la journée) qui influe directement, la météo, la formation de nuages dans le ciel et la pollution conditionnent également la coloration de l'image. Un ciel couvert donnera des images plus froides qu'un paysage ensoleillé. On n'obtiendra pas la même température de couleur sous le soleil de Mexico (une des villes les plus polluée du monde) qu'au sommet du Mont Blanc.

« Au début de la photographie en couleurs, les fabricants de pellicules déconseillaient de tourner pendant les 2 heures suivant ou précédant le lever ou le coucher du soleil. Ces heures étaient considérée comme « pas correctes » parce qu'on pensaient que les visages des comédiens allaient ressortir comme des tomates. Aujourd'hui, ce sont ces images pas correctes que l'on recherche... »⁽¹⁾

On peut remarquer qu'à partir de 4800°K, l'œil est beaucoup moins sensible aux variations de températures de couleur et qu'un écart de 500°K est beaucoup plus visible en bas de l'échelle Kelvin qu'en haut.

La lumière du jour « officielle » est donc une moyenne (5500°K). Elle peut varier de 4000 à plus de 7000°K (soit 3000°K d'écart) ce qui se traduit par un léger réchauffement de l'image sensible sur les visages et les parties blanches de la photo.

Si on applique cette même variation de température (3000°K) à partir de 3200°K (écart de 3200 à 6200°K), la caméra étant équilibrée pour la lumière tungstène, on constate l'apparition d'une forte dominante bleuté dans les faibles températures qui va progressivement s'estomper à partir de 4800°K. L'exercice lumière des pages suivante nous montre la transformation de l'image entre 3200°K et 5600°K.

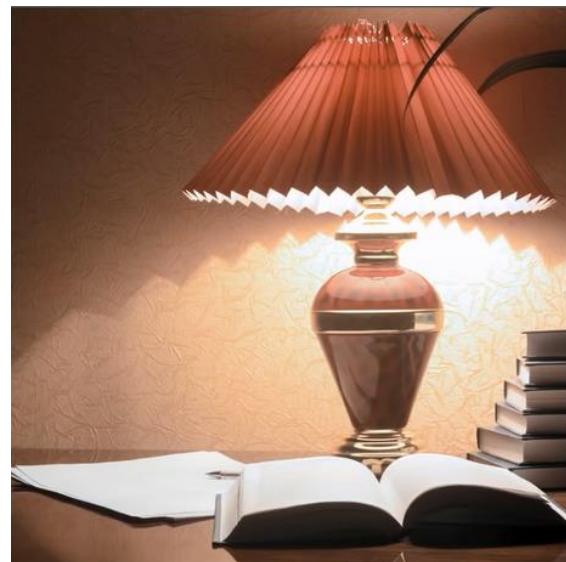
(1) Nestor ALMENDROS dans « LA LECON DE CINEMA » documentaire qui lui est consacré – réalisation : Armand PANIGEL – INA - 1981



Mexico... Le Mont Blanc. La qualité de l'air influe énormément sur la température de couleurs (pages 3 & 4)



REGLAGE DE TEMPERATURE DE COULEUR SUR UNE CAMERA NUMERIQUE



Les deux images ci-dessus ont été réalisées avec des réglages de caméra différents :

- La première représente une mariée photographiée de dos sur une sorte de jetée en bois. Elle est éclairée par la lumière du soleil et le réglage de la caméra est affiché sur « DAYLIGHT » (5600°K)
- La seconde représente une lampe éclairant des livres sur une table. L'ampoule utilisée dans la lampe est de type incandescence classique et il n'existe aucune lumière complémentaire en dehors d'un réflecteur qui renvoi la lumière de la lampe à la face pour éclaircir les ombres. La caméra est réglée sur « TUNGSTEN » (3200°K).

Les deux sujets comportent des plages blanches. Ceci est important, car ce sont sur ces plages blanches que l'on va voir apparaître d'éventuelles dominantes.

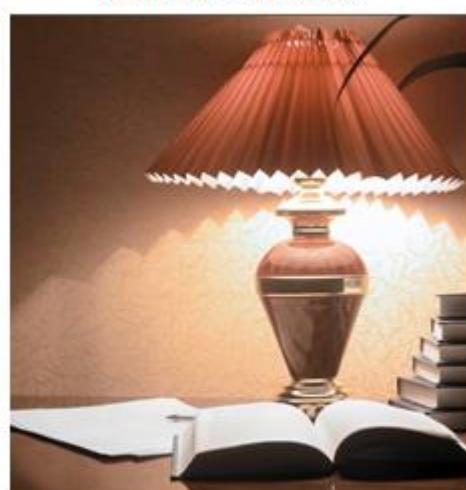
Si on observe les deux photos, aucune dominante n'apparaît sur les plages de l'image directement éclairés par la lumière du décor (*robe blanche éclairée par la lumière du jour/ pages blanches éclairée par la lumière artificielle de la lampe*).

Photographions maintenant les deux sujets **avec le même réglage caméra** : par exemple ici « **TUNGSTEN** ». La photo de la mariée prend alors une très forte dominante bleutée que l'on va pouvoir corriger en repositionnant progressivement la caméra sur « **DAYLIGHT** ». La photo de la lampe vire alors progressivement dans les tons orange...

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »



3200

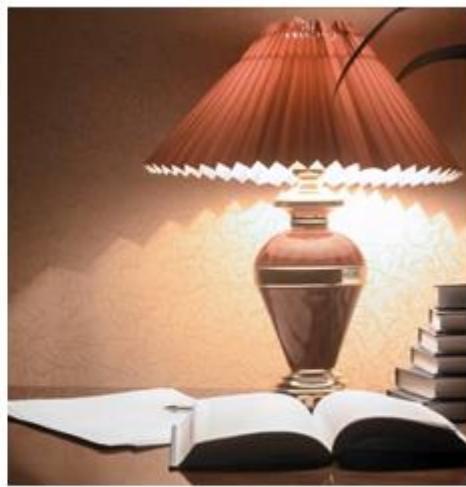
TUNGSTEN

6

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

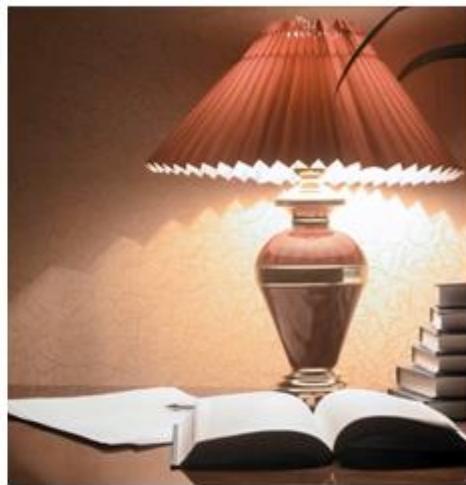


3300

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

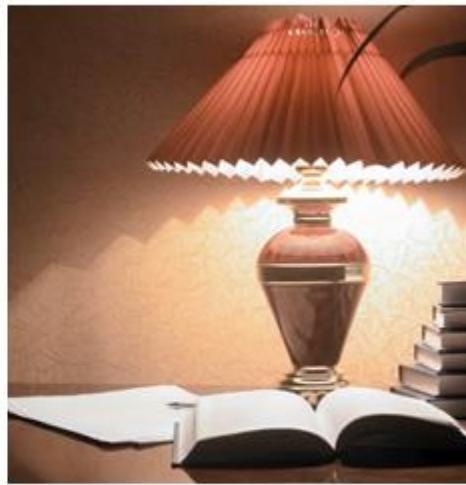


3400

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

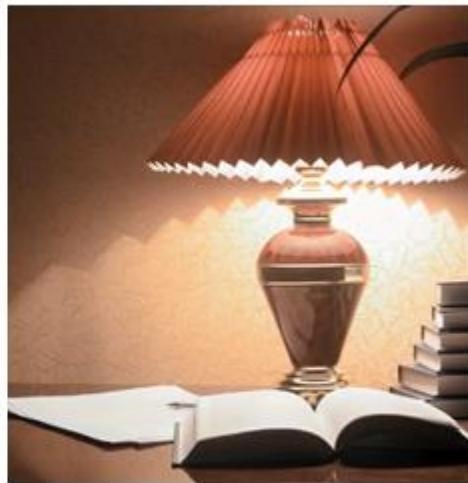


3500

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

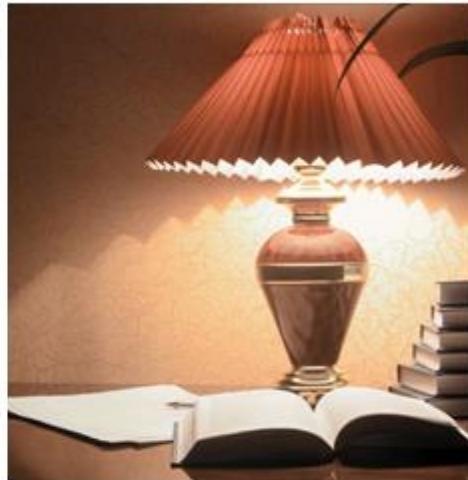


3600

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

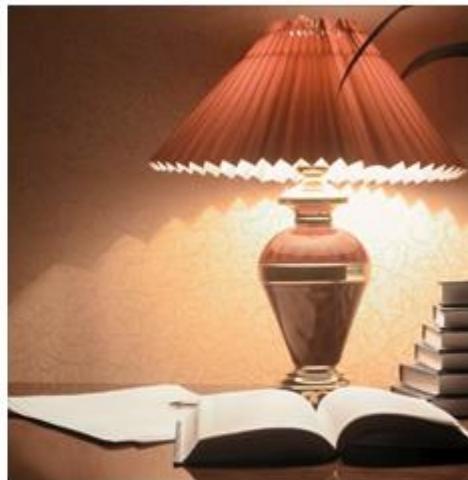


3700

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

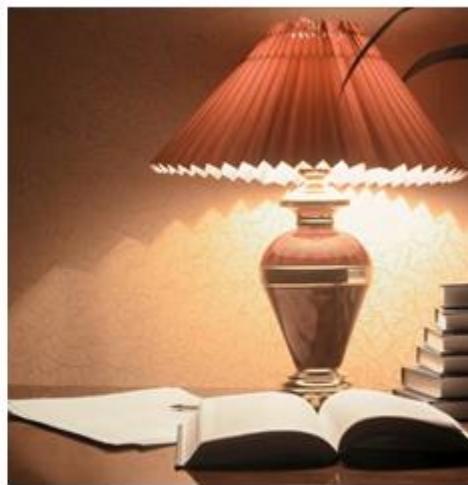


3800

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

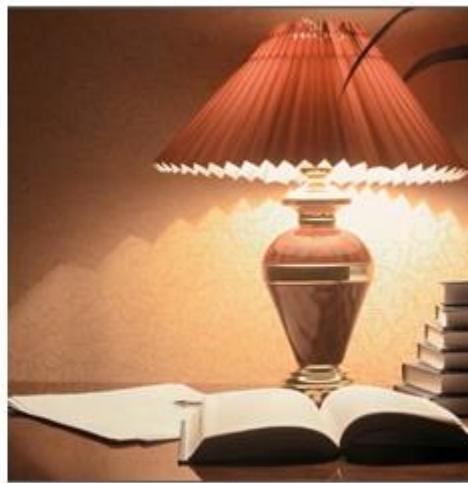


3900

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

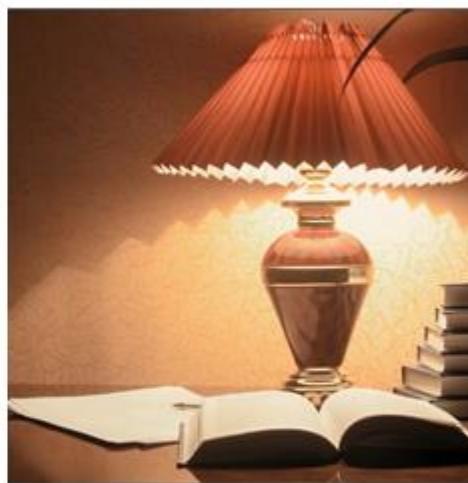


4000

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

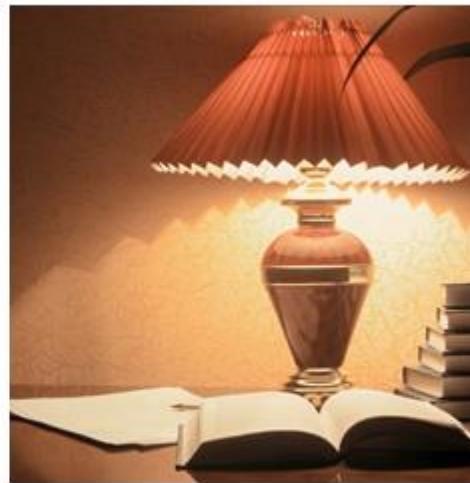


4100

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

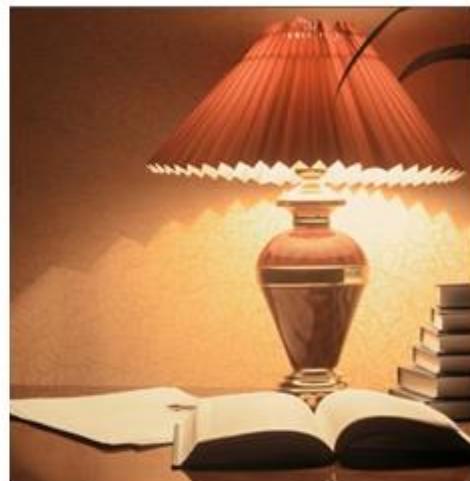


4200

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

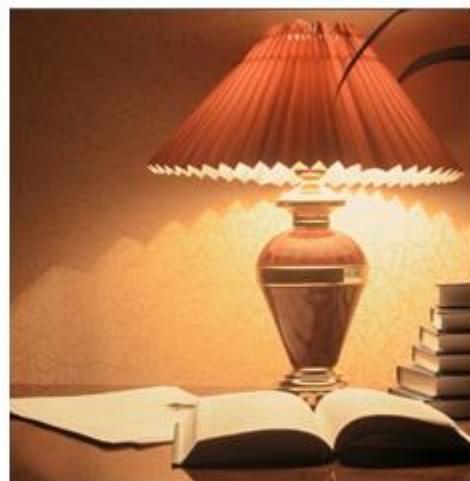


4300

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

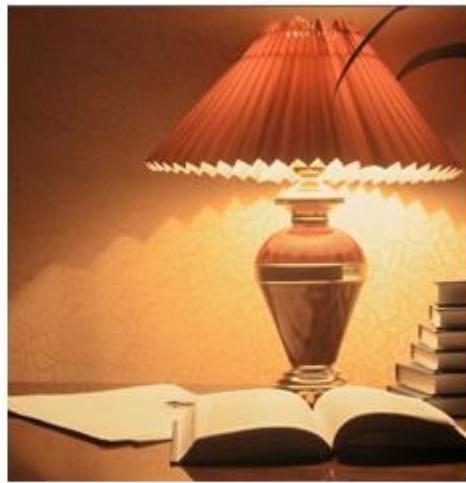


4400

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

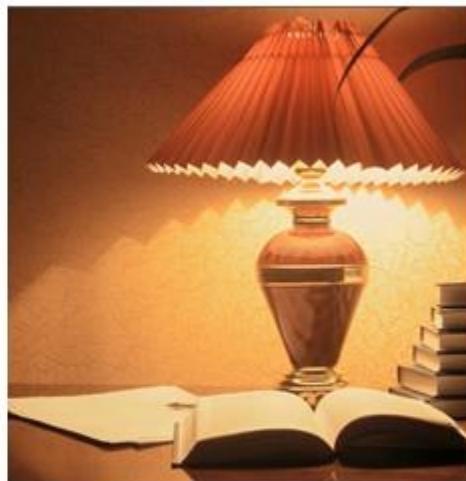


4500

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

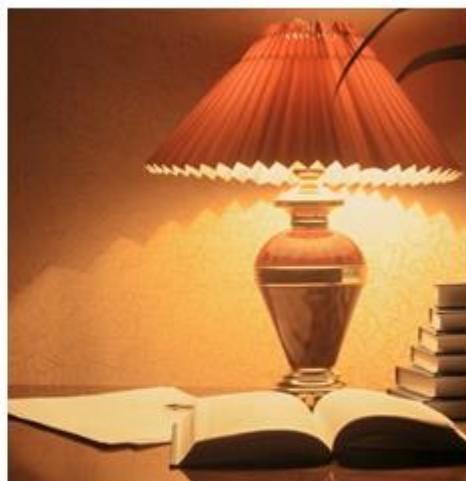


4600

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

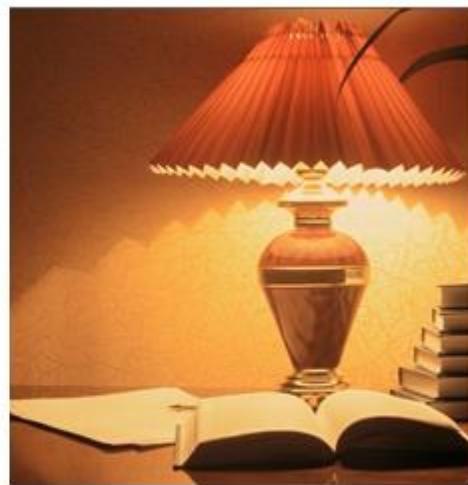


4700

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

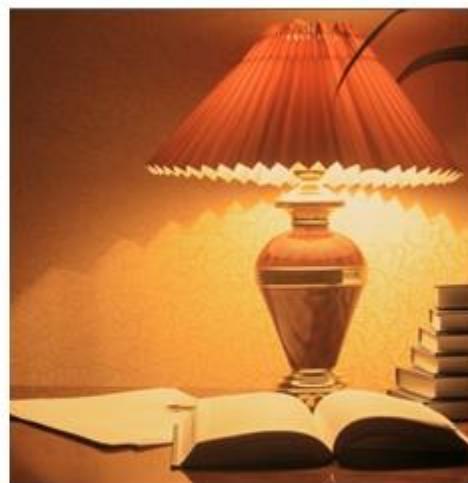


4800

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

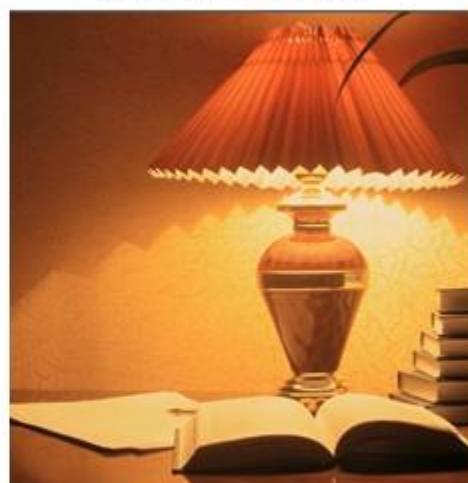


4900

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

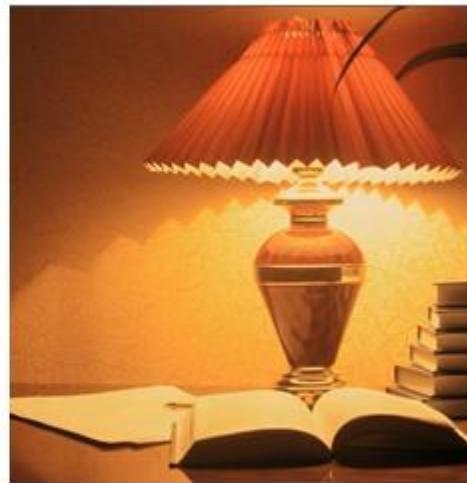


5000

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

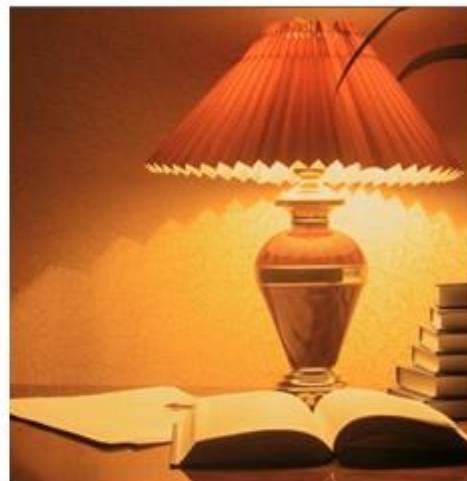


5100

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

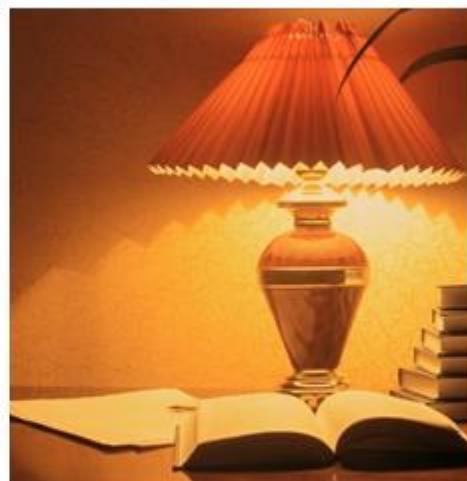


5200

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

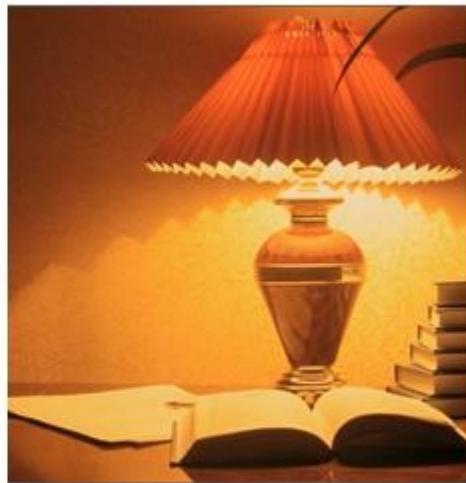


5300

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

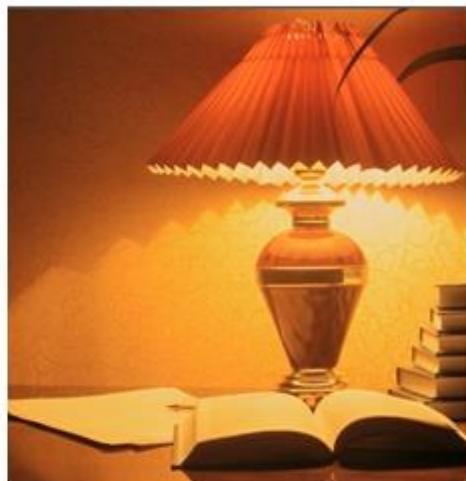


5400

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »

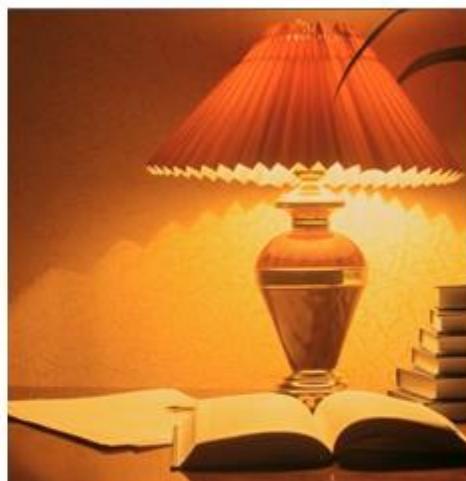


5500

ECLAIRAGE « JOUR »



ECLAIRAGE « ARTIF »



5600

DAYLIGHT

DEGRES KELVIN / DEGRES MIRED

Le **mired** (contraction de l'expression anglaise Micro Reciprocal Degree) **est une unité de mesure de la température de couleur**. Il est aussi souvent noté mégakelvin inverse (MK-1, reciprocal megakelvin en anglais). Sa relation avec le kelvin est la suivante :

$$M = \frac{1\ 000\ 000}{T} = \frac{10^6}{T}$$

avec M en mired ou MK-1, et T en kelvins.

L'inverse de la température de couleur est approprié pour caractériser les variations de couleur telles que perçues par l'œil humain. Un même écart de l'inverse de température de couleur correspond à une différence de couleur similaire.

La multiplication par un million, pour obtenir le mired, permet d'obtenir des nombres d'usage commode.

Le degré mired permet les calculs rapides de filtres de conversion. Une petite correction de couleur est souvent nécessaire.

Bien que la température en kelvins vienne au dénominateur de nombreuses formules en physique, seule la photographie fait usage du degré mired (mégakelvin inverse), qui ne fait pas partie du Système international d'unités.

Température de couleur	Conversion en mired	Température de couleur	Conversion en mired	Température de couleur	Conversion en mired
2400	417	4000	250	5600	179
2500	400	4100	244	5700	175
2600	385	4200	238	5800	172
2700	370	4300	233	5900	169
2800	357	4400	227	6000	167
2900	345	4500	222	6100	164
3000	333	4600	217	6200	161
3100	323	4700	213	6300	159
3200	313	4800	208	6400	156
3300	303	4900	204	6500	154
3400	294	5000	200	6600	152
3500	286	5100	196	6700	149
3600	278	5200	192	6800	147
3700	270	5300	189	6900	145
3800	263	5400	185	7000	143
3900	256	5500	182	7100	141

FILTRES DE CONVERSION ET FILTRES CORRECTEURS

Attention, le vocabulaire est précis et les diverses catégories de filtres décrites ci-dessous ne doivent pas être confondues !

- **Les filtres de conversion** modifient fortement la température de couleur, ce qui permet d'utiliser un film ou un capteur type « lumière du jour » avec un éclairage à incandescence ou inversement.
- **Les filtres correcteurs de lumière** décalent légèrement le spectre de manière à obtenir des couleurs plus « froides » ou plus « chaudes ».

FILTRES DE CONVERSION :

Deux séries existent : les filtres bleutés augmentent la température de couleur et les filtres ambrés la diminuent. La référence est celle des filtres en gélatine WRATTEN fabriqués par Kodak spécialement pour la prise de vue. Ce sont des filtres qui se montent directement devant l'objectif de la caméra et qui ne modifient pas le chemin optique de la lumière dans l'objectif. Ils existent en format 4 x 4, 4 x 5.65 ou 6.6 x 6.6 inches. Ils sont néanmoins fragiles et craignent l'humidité et les traces de doigt. On leur préfère leur version en verre (série TIFFEN), plus résistante mais beaucoup plus chère.

Filtres bleutés		
N° du filtre	Écart en mireds	Corr. diaph.
80D	-56	1/3
80C	-81	1
80B	-112	1 2/3
80A	-131	2

ATTENTION
On n'associe jamais un filtre bleuté avec un filtre ambré.

Filtres ambrés		
N° du filtre	Écart en mireds	Corr. diaph.
85C	81	1/3
85	112	2/3
85N3	112	1 2/3
85N6	112	2 2/3
85N9	112	3 2/3
85B	131	2/3
85BN3	131	1 2/3
85BN6	131	2 2/3

Chez KODAK, la référence commence toujours par un chiffre pair pour les filtres bleus et impairs pour les filtres ambrés (ou oranges). On a ainsi la série des filtres 80 (80A – 80B – 80C – 80 D) pour les filtres bleus et la série des filtres 85 (85 – 85B – 85C) pour les filtres orange. Certains de ces filtres 85 et 85B sont associés à une densité neutre N3, N6 ou N9 pour éviter l'accumulation de plusieurs filtres devant l'objectif et éviter ainsi la formation d'images parasites (anneaux de Newton).

Une correction de diaphragme est nécessaire pour compenser l'absorption du filtre.

FILTRES DE CORRECTEURS DE LUMIERE

Là encore, deux séries existent : les filtres bleutés de type 82 (82 – 82A – 82B – 82C) qui refroidissent l'image en augmentant puis légèrement la température de couleur et les filtres ambrés (oranges) de type 81 (81 – 81A – 81B – 81C – 81 D – 81 EF) qui la réchauffent.

Filtres bleutés		
N° du filtre	Écart en mireds	Corr. diaph.
82	-10	1/3
82A	-21	1/3
82B	-32	2/3
82C	-45	2/3
82 + 82C	-55	1
82A + 82C	-65	1
82B + 82C	-77	1 1/3
82C + 82C	-89	1 1/3

Filtres ambrés		
N° du filtre	Écart en mireds	Corr. diaph.
81	9	1/3
81A	18	1/3
81B	27	1/3
81C	35	1/3
81D	42	2/3
81EF	52	2/3

ATTENTION
On n'associe jamais un filtre bleuté avec un filtre ambré.

LES GELATINES DE CONVERSION CTB / CTO

Ce sont les filtres de conversion destinés à être placés directement sur les projecteurs, les fenêtres ou les sources de lumière, pour modifier ou corriger leur température de couleur. Leur usage n'est pas conseillé directement sur l'objectif de la caméra car ils sont plus épais que les filtres WRATTEN et modifient le chemin optique de l'objectif, mais par contre ils résistent à la chaleur et à l'humidité.

Ils sont conditionnés en rouleaux de 1.22 x 7.62 m (4 x 25 Ft)

LEE FILTERS	ROSCO	DEFINITION	CORRECTION	ECART MIRED
CORRECTION TUNGSTENE VERS LUMIERE DU JOUR				
200	#3220	Double Correcteur Température Bleu	3 200°K vers 26 000°K	-273
201	#3202	Full Correcteur Tempéraure Bleu	3 200°K vers 5 700°K	-142
281	#281	3/4 Correcteur Température Bleu	3 200°K vers 5 000°K	-121
202	#3204	1/2 Correcteur Température Bleu	3 200°K vers 4 300°K	-80
203	#3208	1/4 Correcteur Température Bleu	3 200°K vers 3 600°K	-35
218	#3216	1/8 Correcteur Température Bleu	3 200°K vers 3 400°K	-19
CORRECTION LUMIERE DU JOUR VERS TUNGSTENE				
204	#3407	Full Correcteur Tempéraure Orange	6 500°K vers 3 200°K	159
285	#3411	3/4 Correcteur Température Orange	6 500°K vers 3 600°K	124
205	#3408	1/2 Correcteur Température Orange	6 500°K vers 3 800°K	109
206	#3409	1/4 Correcteur Température Orange	6 500°K vers 4 600°K	63
223	#3410	1/8 Correcteur Température Orange	6 500°K vers 5 500°K	28

Un tableau plus complet est disponible en page 20

CALCULS DE FILTRES

Trouver le filtre de conversion pour transformer la lumière du jour en lumière artificielle :

- Si la caméra est équilibrée pour la lumière du jour :

TC _{DESIREE}	Lumière du jour	= 5 500°K	soit 182 mired
TC _{DISPONIBLE}	Lumière artificielle	= 3 200°K	soit 313 mired
	Ecart mired	= TC_{DESIREE} – TC_{DISPONIBLE} =	131 mired

Le chiffre est positif, donc il s'agira d'un **filtre orange** et le *tableau de la page 16* montre que pour un écart de 131 mired il faudra placer un filtre **85B** sur l'objectif. La perte en diaphragme sera de **2/3 de division**.

- Si la caméra est équilibrée pour la lumière artificielle :

TC _{DESIREE}	Lumière artificielle	= 3 200°K	soit 313 mired
TC _{DISPONIBLE}	Lumière du jour	= 5 500°K	soit 182 mired
	Ecart mired	= TC_{DESIREE} – TC_{DISPONIBLE} =	- 131 mired

Le chiffre est négatif, donc il s'agira d'un **filtre bleuté** et le *tableau de la page 16* montre que pour un écart de 131 mired il faudra placer un filtre **80A** sur l'objectif. La perte en diaphragme sera de **2 divisions**.

Supposons maintenant que l'on filme, en lumière artif, une pièce éclairée par des fenêtres.

Il va falloir gélatiner toutes les fenêtres avec de la gélatine orange qui va transformer la lumière du jour en lumière artificielle.

Pour passer de la lumière du jour à la lumière artif. on doit avoir un écart de 131 mired (*voir ci-dessus*).

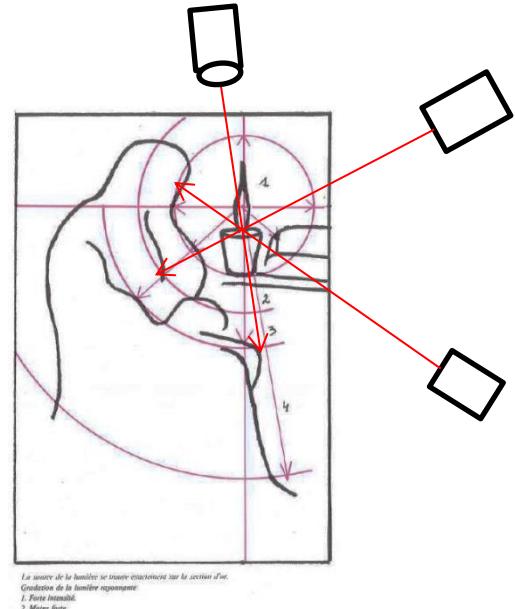
Or, les fabricants ne nous proposent que des gélatines avec une correction de 159 ou 124 mired. (*voir tableau page précédente*).

Il va donc falloir choisir entre un rendu sur les fenêtres légèrement plus chaud (Filtre Full orange : 159 mired) ou légèrement plus froid (3/4 orange : 124 mired), soit donner une ambiance délibérément plus froide venant de l'extérieur avec un filtre 1/2 orange (correction : 109 mired).





Imaginons maintenant que l'on veuille reproduire ce tableau avec un personnage réel.



A moins de ne recourir à une caméra ultra sensible, qui ne donnera d'ailleurs pas la bonne répartition des ombres et des contrastes, nous serons obligé de composer une lumière à partir de projecteurs directionnels tous orientés comme si leur lumière provenait de la flamme de la bougie.

La température de couleurs de ces projecteurs va être différente celle de la flamme de la bougie. Quelle gélatine devra-t-on mettre sur les projecteurs pour harmoniser l'ensemble ?

La température de couleur d'un bougie est d'environ 2 800°K. Pour ramener les projecteurs (3 200°K) à cette température il faudra les recouvrir d'une gélatine telle que :

$$TC_{DESIREE} - TC_{DISPONIBLE} = \frac{10^6}{2\,800} - \frac{10^6}{3\,200} = 357 - 313 = 44$$

Le nombre est positif, il s'agira donc d'un filtre orange

Le filtre se rapprochant le plus de cette valeur est le filtre QUARTER STRAW avec une correction de 42 mired.

En résumé, pour calculer le bon filtrage, on utilise la formule :

$$TC_{DESIREE} - TC_{DISPONIBLE} = \text{VALEUR MIRED} \\ (\text{en mired}) \qquad (\text{en mired}) \qquad \text{DU FILTRE DE CONVERSION}$$

On se reportera au tableau de la page suivante pour déterminer le filtre dont l'écart mired se rapproche le plus de la valeur trouvée.

Si l'écart, calculé ci-dessus, est **négatif**, la couleur du filtre de correction sera **bleue**.

Si l'écart est **positif**, la couleur du filtre de correction sera **orange**.

TABLEAU GENERAL DES FILTRES DE CONVERSION CTB / CTO

MARQUE	REFERENCE	DESIGNATION	ECART MIRED	CORRECTION DIAPHRAGME
LEE FILTERS	200	DOUBLE CORRECTEUR T° BLEU	-274	2 2/3
ROSCO	3220	DOUBLE CORRECTEUR T° BLEU	-260	3 1/3
LEE FILTERS	201	FULL CORRECTEUR T° BLEU	-137	1 2/3
ROSCO	3202	FULL CORRECTEUR T° BLEU	-131	1 1/2
LEE FILTERS	281	3/4 CORRECTEUR T° BLEU	-121	1 1/3
ROSCO	3203	3/4 CORRECTEUR T° BLEU	-100	1 1/3
LEE FILTERS	202	1/2 CORRECTEUR T° BLEU	-78	1
ROSCO	3204	1/2 CORRECTEUR T° BLEU	-68	1
ROSCO	3206	1/3 CORRECTEUR T° BLEU	-49	2/3
LEE FILTERS	203	1/4 CORRECTEUR T° BLEU	-35	2/3
ROSCO	3208	1/4 CORRECTEUR T° BLEU	-30	1/3
LEE FILTERS	218	1/8 CORRECTEUR T° BLEU	-18	1/3
ROSCO	3216	1/8 CORRECTEUR T° BLEU	-12	1/3
ROSCO	3407	FULL CORRECTEUR T° ORANGE	167	1
ROSCO	3441	FULL STRAW (5 500°K - 2 900°K)	160	1
LEE FILTERS	204	FULL CORRECTEUR T° ORANGE	159	1
ROSCO	3411	3/4 CORRECTEUR T° ORANGE	131	2/3
LEE FILTERS	285	3/4 CORRECTEUR T° ORANGE	124	2/3
LEE FILTERS	205	1/2 CORRECTEUR T° ORANGE	109	2/3
ROSCO	3408	1/2 CORRECTEUR T° ORANGE	81	1/2
ROSCO	3442	HALF STRAW (5 500°K - 3 800°K)	81	1/2
LEE FILTERS	206	1/4 CORRECTEUR T° ORANGE	64	1/3
ROSCO	3409	1/4 CORRECTEUR T° ORANGE	42	1/3
ROSCO	3443	QUATER STRAW (5 500°K - 4 500°K)	42	1/3
LEE FILTERS	223	1/8 CORRECTEUR T° ORANGE	26	0
ROSCO	3410	1/8 CORRECTEUR T° ORANGE	20	0
ROSCO	3444	EIGHTH STRAW (5 500°K - 4 900°K)	20	0



MESURE DE LA TEMPERATURE DE COULEURS

On utilise un **THERMOCOLORIMETRE**.

Divers modèles existent sur le marché, des plus sophistiqués aux plus modestes. Leur prix étant relativement élevé, je ne conseillerais pas l'achat d'un tel matériel pour débuter.

En prise de vue, la mesure de la température de couleur peut servir à équilibrer différentes sources de lumière. La correction générale se faisant directement dans le choix des paramètres du capteur ou en post-production.

