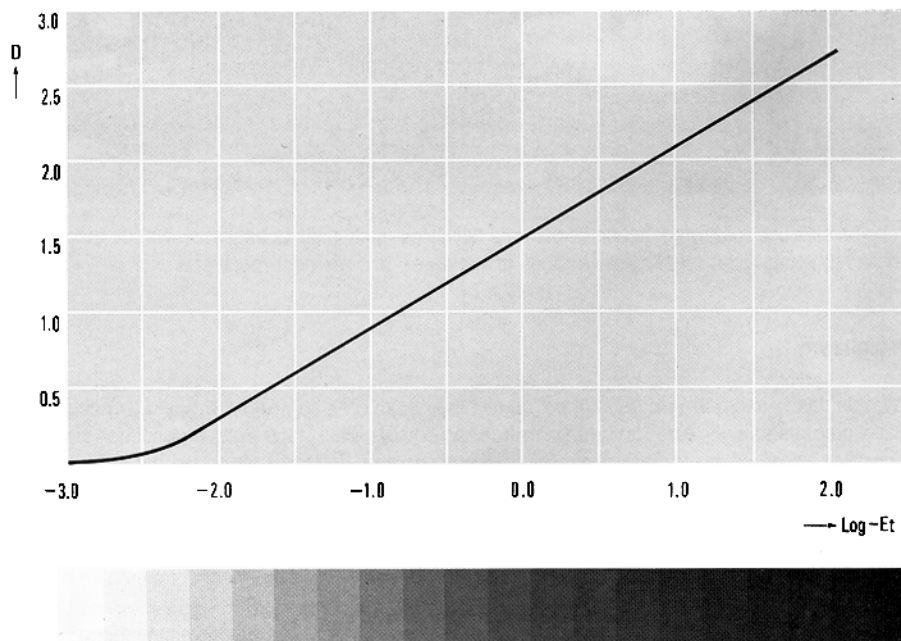


Sensitometrische principes

De karakteristieke curve

Waardevolle informatie over een fotografisch materiaal, of dat nu zwartwit- of kleurnegatieffilm, omkeerfilm of printmateriaal is, levert de zogenaamde karakteristieke curve, ook wel gradatiecurve of densiteitencurve genoemd.

Een negatiefmateriaal geeft de reeks oplopende helderheden (luminanties) in het onderwerp weer, door een reeks oplopende densiteiten (dichtheden of zwartingen). De verhoudingen waarin die helderheden, van schaduwen via middentinten tot hoge lichten, worden weergegeven, komen ondubbelzinnig tot uitdrukking in de karakteristieke curve:



Afb. 1. De oplopende helderheden van het onderwerp (horizontale as) worden weergegeven door oplopende densiteiten (verticale as) in het negatief. De karakteristieke curve geeft het verband tussen belichting (log-Et) en de daardoor ontstane densiteit (D) weer

Om die curve te ontwerpen wordt een strook van het desbetreffende filmmateriaal belicht onder een grijstrap of grijswig, waardoor een reeks regelmatig in waarde oplopende belichtingen ontstaat. De grijstrap dient dus als vervangend onderwerp, met dit voordeel, dat de waarden van de belichtingsdoses exact bepaald zijn. Die waarden worden uitgedrukt in lux-seconden (Ixs), het produkt van de verlichtingssterkte op de gevoelige laag en de belichtingstijd. Om het gebruik in grafieken mogelijk te maken, gebruikt men hier logaritmische waarden, evenals dat het geval is voor de dichtheden of densiteiten die het materiaal na belichting en ontwikkeling vertoont.

Logaritmen:

In feite is de logaritme van een getal de exponent die het getal 10 zou moeten hebben om de desbetreffende waarde te verkrijgen.

Bij voorbeeld $100 = 10 \times 10 = 10^2$, de logaritme van 100 is dus 2.

De logaritme van 1000 is 3, want $1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$, enz.

Tussenvallende waarden vereisen ingewikkelder berekeningen en leveren logaritmische waarden met veel decimalen.

De logaritme van 1 = 0. Waarden kleiner dan 1 worden negatief, dus met een minteken aangeduid.

Bij voorbeeld 1/10 Ixs wordt -1, 1/100 Ixs wordt -2 enz.

Een kleine uitleg om te voorkomen, dat u zich misschien afvraagt hoe een belichtingsdosis in een grafiek een negatieve waarde kan hebben.

De belichtingsdoses worden aangeduid als log-Et waarden, waarin E staat voor energie (van het licht, dus de verlichtingssterkte in lux) en t voor tijd (in seconden). Die log-Et waarden worden uitgezet op de horizontale as van een grafiek, in een oplopende reeks van links naar rechts. De densiteiten, eveneens

logaritmische waarden, worden in waarde oplopend naar boven uitgezet op de verticale as. Voor iedere log-Et waarde wordt de daardoor veroorzaakte densiteit op de met de corresponderende hoogte aangegeven. De gevonden punten worden verbonden door een vloeiende lijn: de karakteristieke curve.

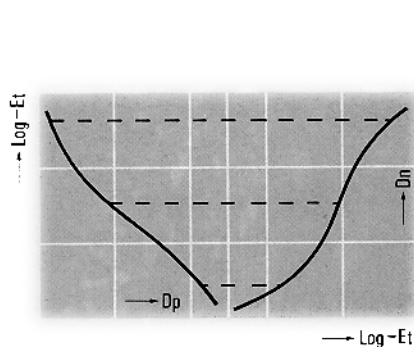
Bekijken we de karakteristieke curve voor een negatiefmateriaal, dan zien we dat aan het begin, die curve op geringe hoogte evenwijdig aan de horizontale as loopt: hoewel de log-Et waarden oplopen, blijft de densiteit gelijk. Het betreft hier een densiteit die ook zonder belichting ontstaat, de zogenaamde ontwikkelsluier. Daarbij komt nog de densiteit van de filmbasis of filmdrager. In kleinbeeldfilms wordt vaak een filmbasis met een duidelijk grijze tint gebruikt, om zogenaamde haloverschijnselen tegen te gaan. Men spreekt dan ook van de basis+sluier-densiteit voor de onbelichte gedeelten van het negatief. Te hoge waarde van de ontwikkelsluier benadeelt de beeldkwaliteit. Bij de bereiding en rijping van de emulsie worden door de fabrikant de nodige maatregelen genomen om de sluier beneden de maximaal toegestane waarde te houden. Het is aan de gebruiker om het filmmateriaal verder te behoeden tegen invloeden die sluier zouden kunnen veroorzaken.

Bij voldoende grote log-Et waarde wordt een geringe densiteit boven de sluier zichtbaar, de log-Et waarde welke die juist waarneembare densiteit veroorzaakt, wordt drempelwaarde genoemd. Van hier af lopen bij toenemende log-Et waarde de densiteiten op, hoewel in het begin niet proportioneel met die log-Et waarden. Daardoor ontstaat de doorgebogen voet van de curve.

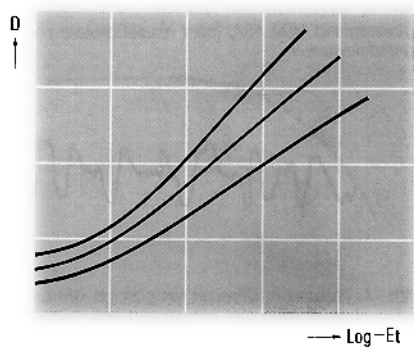
Bij toenemende belichting lopen de densiteiten ten slotte evenredig op met de log-Et waarden en zijn we aan het rechte lijnige gedeelte van de curve gekomen. Hier worden dus de helderheden in het onderwerp op proportioneel juiste wijze door de negativedensiteiten weergegeven. Ten gevolge van een hardnekkig misverstand heerst nog vaak de mening, dat alleen het gebruik van het rechte lijnige gedeelte van de curve een juiste weergave van alle helderheden in het onderwerp, van schaduwen tot hoge lichten, in hun juiste onderlinge verhouding zou garanderen. Het negatief is echter niet meer dan een tussenfase op de weg van onderwerp naar het uiteindelijke positieve beeld.

Weergave van de toonschaal

Ten gevolge van de typische S-vorm van de gradatiecurve van het vergrotingspapier of de printfilm, wordt de onevenredigheid in weergave in de voet van de negatiefcurve, voor een belangrijk gedeelte gecompenseerd. De ter zake kundige fotograaf of cineast, zal dan ook de best mogelijke weergave bereiken door zijn opnamen zodanig te belichten, dat de schaduwen van het onderwerp door het onderste doorgebogen gedeelte van de curve, de voet, wordt weergegeven. Daarbij moet hij ervoor zorg dragen dat details in de schaduwen, die nog juist in de print zichtbaar moeten blijven, in het negatief worden weergegeven door de zogenaamde minimaal kopieerbare densiteit. Die ligt iets hoger dan de door de log-Et van de drempelwaarde te voorschijn geroepen densiteit. De minimaal kopieerbare densiteit bedraagt ongeveer $D = 0,1$ boven de basis+sluier-densiteit. Details in de schaduwen, die nog juist zichtbaar moeten blijven in de vergroting, moeten dus op z'n minst deze densiteit vertonen.



Afb. 2. Doordat de vlakkere gradatie in het doorgebogen begin van de negatiefcurve wordt gecompenseerd door een steiler gedeelte van de papiercurve, is de doorgebogen voet van de negatiefcurve zeer geschikt voor een relatief gunstige toonweergave.



Afb. 3. Bij langere ontwikkeling wordt het verschil in densiteit in schaduwen en hoge lichten groter: de karakteristieke curve gaat steiler lopen, het negatief-contrast neemt toe.

Filmgevoeligheid

De log-Et waarde die de minimaal kopieerbare densiteit veroorzaakt, is een belangrijk gegeven: uit die waarde wordt volgens een bepaalde formule de ISO-waarde van de desbetreffende film berekend. Het is de volgens internationaal overeengekomen normen vastgelegde methode tot de gevoeligheidsbepaling van negatiefmateriaal.

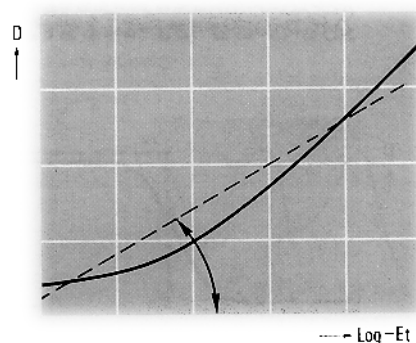
Een methode dus, die bedoeld is om juist voldoende detaillering van de schaduwpartijen in het negatief te bereiken. Ruimer belichten dan voor de detaillering van de schaduwen minimaal noodzakelijk is, is

overbodig en leidt onder bepaalde omstandigheden tot verlies aan beeldkwaliteit wat betreft beeldscherpte en korrelstructuur.

$\bar{G}$ -waarde

De negatiefgradatie is in feite de verhouding tussen de objectomvang (onderwerpcontrast) en de negatiefomvang (negatiefcontrast). Bij voortgezette ontwikkeling worden de verschillen tussen de densiteiten van de schaduwen en die van de hoge lichten groter, de negatiefomvang wordt dus groter. In de gradatiegrafiek komt dit tot uiting in een steiler lopende curve. De hoek die de curve maakt met de horizontale as, is bepalend voor de gradatie van het negatief, de tangens van die hoek levert de zogenaamde gammawaarde. Daar het voor een goede toonweergave zo belangrijke gedeelte van de curve: de voet, verre van rechtlijnig is, wordt door de fabrikant, in plaats van de gammawaarde, voor haar films de gemiddelde gradiënt, aangeduid met $\bar{G}$ opgegeven.

De door de ontwikkeling bereikte $\bar{G}$ is afhankelijk van het type film en de gebruikte ontwikkelaar, alsook van de ontwikkeltijd, de temperatuur van de ontwikkelaar, en de mate waarin uitgeputte ontwikkelaar, door middel van beweging van het bad over het filmmoppervlak, ververscht wordt, de zogenaamde agitatie.



Afb. 4. $\bar{G}$ wordt afgeleid van de gemiddelde gradiënt van het doorgebogen gedeelte van de curve, dat wil zeggen van de hoek die de stippellijn maakt met de horizontale as

RMS korreligheidswaarde

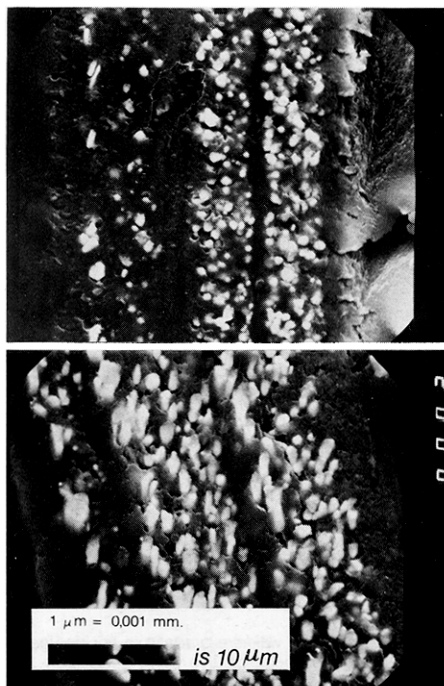
In een zwartwitfilm is het fotografisch beeld opgebouwd uit de zilvertkorrels, ontstaan door reductie van de zilverbromidekristallen. Bij zeer sterke vergroting wordt deze korrelstructuur zichtbaar. Bij kleurenfilms wordt weliswaar dit beeldzilver verwijderd in het (bleek)fixeerbad, maar het resterende kleurstofbeeld bestaat uit kleurstof'wolkjes' in de emulsielaag, ongeveer ter grootte van de oorspronkelijke zilverafzetting. Bij sterke vergroting wordt daardoor een korrelstructuur als die van een zwartwitfilm zichtbaar.

Om de gevoeligheid van een emulsie te verhogen, laat men gedurende de zogenaamde rijping, wanneer de emulsie nog vloeibaar is, de zilverbromide kristallen groeien tot afmetingen welke die van de oorspronkelijke submicroscopisch kleine kristallen verre overtreffen. Vandaar dat over het algemeen snellere films een grovere korrelstructuur zullen vertonen. Dank zij nieuwe technologieën, is het mogelijk geworden de gevoeligheid van de films aanzienlijk te verhogen, zonder dat daarbij de korrelstructuur onaantvaardbaar grof wordt.

Er zijn verschillende methoden om een maatstaf voor de korrelstructuur vast te stellen. Een van de meest objectieve is de zuiver op instrumentale meting berustende, door Fuji gebruikte RMS-methode.

Bij de gebruikelijke densitometers wordt in diffuus licht, een gedeelte ter grootte van enkele vierkante millimeters van de emulsielaag voor de meting van de densiteit gebruikt. Bij de RMS-methode gebruikt men een microdensitometer met een zeer smalle meetopening van 0,048 mm. Bij een dergelijke kleine opening zullen variaties in korrelgrootte in het meetveld belangrijke verschillen in de uitslag van de densitometer veroorzaken. Wanneer een strook film met een gelijkmatige, gemiddelde densiteit onder de meetopening wordt doorgeschoven, ontstaat een variatie in densiteitsmetingen die grafisch vastgelegd, een onregelmatige zigzaglijn vertoont.

Uit deze densiteitsvariaties wordt volgens de $R(\text{oot}) M(\text{ean}) S(\text{quare})$ - gemiddelde vierkantswortel - methode, een getal berekend dat als korreligheidswaarde in de produkfinformatie wordt opgegeven. Hoe lager deze waarde, hoe fijner de korrelstructuur.



Afb. 5. Doorsnede door een 100 ASA Fujicolor film, 3000 x vergroot met behulp van een raster-elektronenmicroscop. Duidelijk zichtbaar zijn de zilverhalogenidekristallen in de verschillende emulsielagen

Afb. 6. Doorsnede van een Fujicolor film van hogere gevoeligheid (400 ASA) toont relatief grotere zilverhalogenidekristallen

Scheidend vermogen

De uiteindelijk in een opname bereikte beeldscherpte is niet alleen te danken aan de kwaliteiten van het gebruikte objectief. Of de daardoor behaalde beeldscherpte behouden blijft, hangt af van de eigenschappen van het opnamemateriaal: de gebruikte film. Dit geldt des te meer wanneer de negatieven sterk vergroot zullen worden, zoals dat vooral bij kleinbeeld en filmopnamen (35mm of 16mm) het geval zal zijn.



Afb. 7. Variaties in densiteit ten gevolge van de korrelstructuur worden met behulp van een microdensitometer in een grafiek weergegeven. Een dergelijke grafiek is de basis voor de RMS-bepaling voor Fuji films

De beeldscherpte wordt nadelig beïnvloed door de verstrooiing van het licht in de emulsielaag, een gevolg van reflectie van de lichtstralen door de zilverhalogenidekristallen. Naarmate het licht dieper in de emulsielaag doordringt, zal het verder van zijn oorspronkelijke weg worden verstrooid. Een relatief dikke emulsielaag met grove zilverhalogenidekristallen is hier duidelijk in het nadeel.

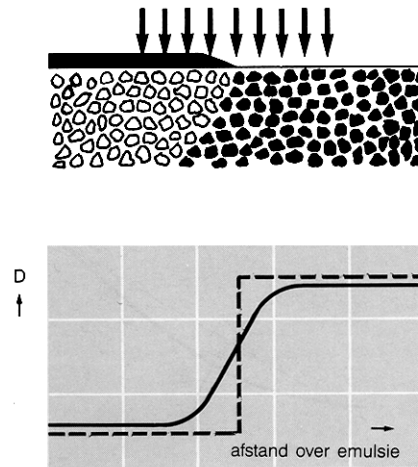
Ten gevolge van deze diffusie, zullen contouren van vlakken in het onderwerp niet door abrupte densiteitsprongen worden weergegeven, maar door een min of meer geleidelijke densiteitenovergang. Contouren worden onscherper, en kleine details dreigen verloren te gaan.

Het vermogen van een emulsie om kleine details duidelijk gescheiden weer te geven, noemt men het scheidend vermogen van die emulsie. Het wordt uitgedrukt in het aantal lijnen per millimeter, dat op de emulsie nog juist waarneembaar gescheiden kan worden weergegeven.

Het scheidend vermogen wordt vastgesteld door een testobject met een aantal lijnenpatronen van oplopende frequentie (lijnen/mm), op de te testen emulsie te kopiëren en na ontwikkeling, met behulp van de microscoop, te bepalen welk patroon nog als gescheiden lijnen waarneembaar is.

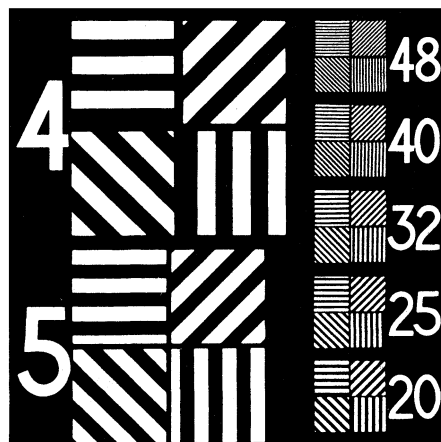
Modulatie-overdracht

Bij definitie van het begrip scherpte, blijkt ook het beeldcontrast een rol te spelen. Om dit in de test te betrekken, wordt niet - zoals bij de bepaling van het scheidend vermogen - een lijnenpatroon met abrupte helderheidssprongen gebruikt, maar een met een sinusvormig helderheidsverloop, en bovendien van een continu toenemende frequentie (lijnen/mm).

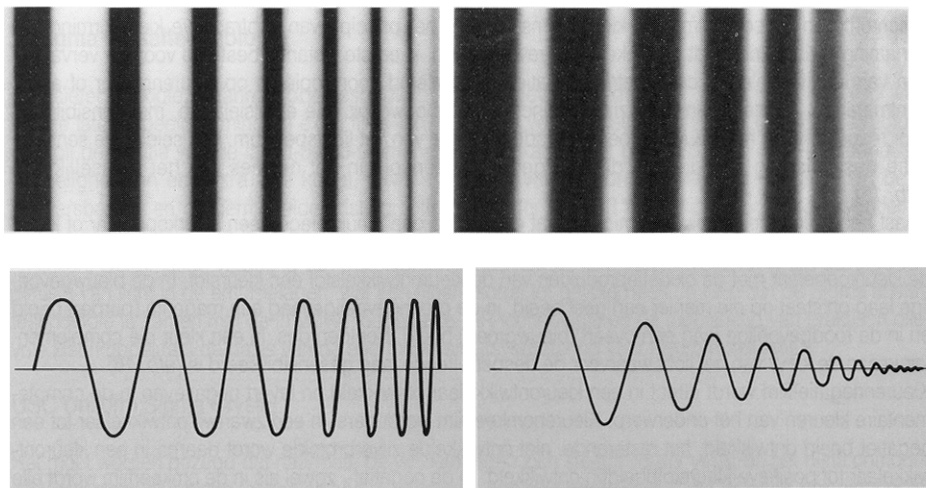


Afb. 8 en 9. Ten gevolge van diffusie van het licht in de emulsielaag wordt de contour tussen twee vlakken van uiteenlopende helderheid niet weergegeven door een abrupte densiteitsprong (stippellijn), maar door een zone van geleidelijk verlopende densiteit. Deze vorm van onscherpte is vooral storend bij relatief dikke emulsielagen en bij overbelichte opnamen

Het helderheidsverschil of de modulatie, in het testobject uiteraard onafhankelijk van de frequentie, zal ten gevolge van de eerder besproken diffusieverschijnselen, door de te testen emulsie als kleiner densiteitsverschil worden weergegeven naarmate de frequentie groter wordt.

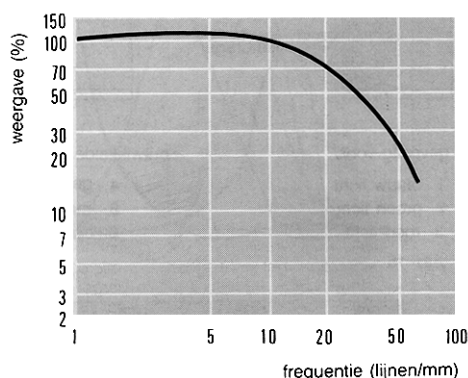


Afb. 11. Lijnenpatroon ter bepaling van het scheidend vermogen.



Afb. 10. Testobject, sterk vergroot afgebeeld, met lijnenpatroon van toenemende frequentie (aantal lijnen/mm). Daaronder de sinusvormige grafiek van de helderheidsvariaties in dit testobject. : de weergave in densiteitsverschillen (modulatie-overdracht) wordt kleiner bij toenemende frequentie

Met andere woorden: hoe kleiner details, hoe lager onderling contrast in de weergave ervan. Die weergave wordt modulatie-overdracht genoemd en wordt uitgedrukt in het weergavepercentage van het contrast van het testobject. Het verband tussen modulatie-overdracht en frequentie wordt weergegeven in een grafiek met op de horizontale as de frequentie, op de verticale as de weergave in procenten.

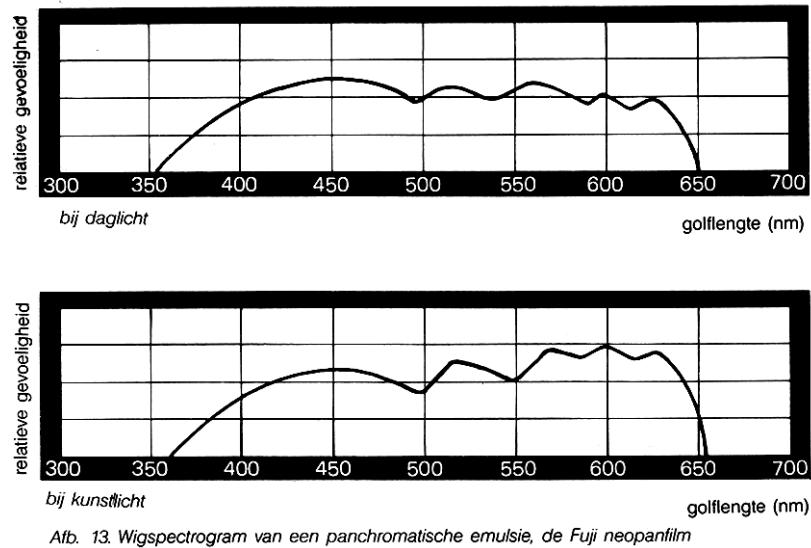


Afb. 12. In de MOF-grafiek wordt het verband weergegeven tussen frequentie in lijnen/mm en de weergave door de desbetreffende emulsie in procenten van het contrast

Spectrale gevoeligheid

De zilverhalogenide emulsie is van oorsprong alleen gevoelig voor violet en blauw licht (en voor ultraviolette straling). Dank zij het gebruik van speciale sensibilisators kan een emulsie ook gevoelig worden gemaakt voor andere kleuren licht. Daardoor heeft men de mogelijkheid orthochromatische (gevoelig voor blauw, geel en groen) en panchromatische (tevens gevoelig voor rood) films te maken. De sensibilisatie (kleurgevoeligheid van een lichtgevoelig materiaal) kan worden uitgedrukt in een zogenoemd wigspectrogram) of in een relatieve spectrale gevoeligheidscurve). In beide grafieken wordt op de horizontale as de golflengte van het licht (in nanometers) aangegeven, op de verticale as de relatieve gevoeligheid van de desbetreffende emulsie voor licht van bepaalde golflengte. In haar produktinformatie gebruikt Fuji voor zwartwit negatieffilm het wigspectrogram voor een duidelijk beeld van de kleurgevoeligheid. De sensibilisatie van materiaal voor kleurenfotografie wordt weergegeven door de relatieve spectrale gevoeligheidscurven.

De Fuji zwartwit negatieffilms Neopan 400 (ISO 400/271) en Neopan 1600 (ISO 1600/33°) zijn orthopanchromatisch, dat wil zeggen, zodanig gesensibiliseerd dat de kleurweergave van het onderwerp bij gemiddeld daglicht, overeenkomt met de helderheidsindruk van die kleuren op het menselijk oog. Met behulp van daartoe geëigende filters, kan die kleurweergave naar wens worden beïnvloed.



Afb. 13. Wigspectrogram van een panchromatische emulsie, de Fuji neopanfilm

Daar Fuji kleurenfilms drie emulsielagen bevatten met selectieve sensibilisatie voor drie golflengtegebieden, vindt men in de Fuji produktinformatie, grafieken met drie curven, respectievelijk de sensibilisatie voorstellend voor de blauw-, groen- en roodgevoelige laag.

Fujichrome en Fujicolor films zijn kleurenfilms volgens het principe van subtractieve kleurvorming. De benaming Fujichrome duidt op omkeerfilm (reversal film), in eerste instantie bestemd voor het vervaardigen van kleurendia's; Fujicolor betreft negatiefilm, bestemd voor kopiëren op kleurenpapier of ander printmateriaal. Beide typen films zijn in principe opgebouwd uit drie emulsielagen, met sensibilisatie voor respectievelijk het blauwe, groene en rode gedeelte van het lichtspectrum. Een selectieve sensibilisatie dus, analoog aan die van de kleurgevoelige sensors in het netvlies van het menselijk oog).

Naast het lichtgevoelige zilverbromide, bevat elk van de drie emulsielagen een kleurkoppelaar of kleurcomponent. Wordt het belichte zilverbromide tijdens de ontwikkeling tot zilver gereduceerd, dan vormt de kleurkoppelaar met de oxidatieproducten van de kleurontwikkelstof een kleurstof. In de blauwgevoelige laag ontstaat op die manier een geel beeld, in de groengevoelige laag een magenta (purper) beeld en in de roodgevoelige laag een cyaan (blauwgroen) beeld. Beelden dus, in een kleur die complementair is aan de kleur van het licht waarvoor de desbetreffende laag gesensibiliseerd is.

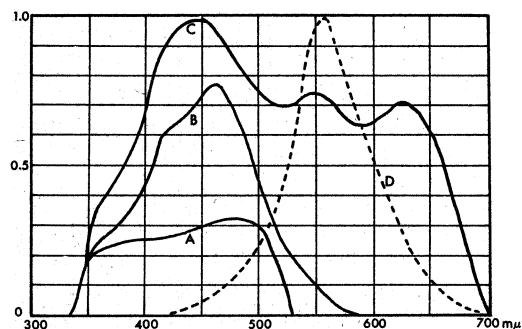
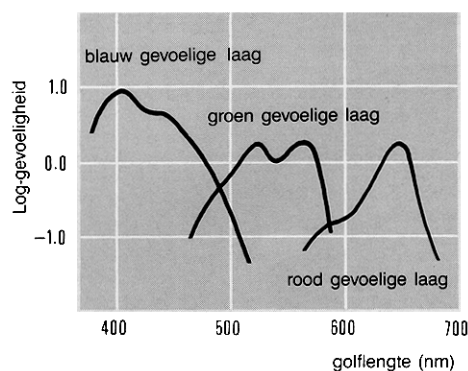


fig. 61. Relatieve spectrale gevoeligheidscurven van: A niet-gegensensibiliseerd, B orthochromatisch en C panchromatisch negatiefmateriaal. D is de ooggevoeligheidscurve.

Kleurennegatiefilm wordt direct in een kleurontwikkelaar ontwikkeld en levert negatieven in de complementaire kleuren van het onderwerp. Kleurenomkeerfilm wordt eerst in een zwartwit ontwikkelaar tot een negatief beeld ontwikkeld, het resterende, niet ontwikkelde zilverbromide wordt daarna in een kleurontwikkelaar tot positieve kleurstofbeelden ontwikkeld. In de negatief-, zowel als in de omkeerfilm wordt alle ontwikkelde beeldzilver en alle onontwikkeld gebleven zilverbromide, ten slotte in een bleek- en fixeerbad verwijderd, zodat alleen de kleurbeelden in de drie emulsielagen overblijven. Daar bij de sensibilisatie voor rood en groen licht, toch ook de gevoeligheid voor blauw licht in elke emulsie blijft bestaan, wordt blauw licht verhinderd de beide onderliggende emulsielagen te bereiken, door middel van een achter de blauwgevoelige laag aangebracht geelfilter. Deze laag wordt in het bleekbad ontkleurd, evenals de tussen filmdrager en emulsielagen aangebrachte antihalolaag. De

antihalolaag voorkomt, dat licht wordt gereflecteerd door het gladde oppervlak van de filmbasis, en lichtkringvershijnselen (halokringen) in het beeld veroorzaakt.



Afb. 14. Spectrale gevoeligheidscurven voor de drie emulsielagen van een Fujichromefilm, zoals in de productinformatie voor iedere Fuji kleurenfilm wordt gegeven

Verlichtingsverhouding en contrastomvang

De verlichtingssterkte op een onderwerp, kan variëren van de direct door de hoofdlichtbron verlichte gedeelten tot de gedeelten in de schaduwen. Maar ook wanneer bij vlakke, diffuse verlichting de verlichtingssterkte over het gehele onderwerp gelijk is, ontstaan door tint- en kleurverschillen verschillende helderheden (luminanties). De verhouding tussen de helderheden in de hoge lichten en in de schaduwen, noemt men de objectomvang, ook wel helderheidsverhouding of contrastomvang. Daar de helderheid niets anders is dan de sterkte van het door het onderwerp ter plaatse gereflecteerde licht, kan men de helderheids-verhouding meten met een belichtingsmeter voor gereflecteerd licht, dus zonder de voor opvallend-lichtmeting gebruikte diffusor voor de meetcel. In de fotografie is het gebruikelijk de helderheidsverhouding aan te geven in belichtingsstops, zoals de belichtingsmeter die aanwijst.

Een 5 stops verschil tussen schaduwen en hoge lichten bij voorbeeld, betekent een helderheidsverhouding van 1 : 32. Dat is ongeveer het maximum dat de kleurenfilm kan overbruggen, zonder verlies aan doortekening of kleurweergave in schaduwen of hoge lichten. Hoe hoger de objectomvang, hoe nauwkeuriger moet worden belicht, en hoe meer inzicht wordt vereist in de aard van het onderwerp en de verlangde weergave daarvan in het uiteindelijke positieve beeld.

Voor een belangrijk gedeelte is de verlichtingsverhouding, de verhouding van de verlichtingssterkte in de schaduwen en die in de hoge lichten, bepalend voor de objectomvang. Ook die verlichtingsverhouding kan door meting worden verkregen, hetzij door gebruik van een belichtingsmeter voor opvallend licht, hetzij door gebruik te maken van de neutraal-grijskaart. De meting geschiedt dan ter plaatse, zo dicht mogelijk bij het onderwerp. De meter wordt zodanig bij het onderwerp gehouden, dat voor de hoge-lichtmeting het licht van hoofdlichtbron en invullicht tezamen worden gemeten, voor de schaduwmeting uitsluitend het invullicht. Voor kleurenopnamen geldt de regel dat de verlichtingsverhouding niet groter mag zijn dan 1 : 3. De helderheidsverhouding blijft dan bij normale onderwerpen binnen de eerder genoemde verhouding 1 : 32.

Bepalen van de belichting

De gebruikelijke methoden van lichtmeting voor fotografie worden onderscheiden in de gereflecteerdlichtmeting, waarbij in feite de helderheden van het onderwerp als basis voor de meting dienen, en de opvallend-lichtmeting, waarbij de verlichtingssterkte op het onderwerp wordt gemeten. Bij opvallendlichtmeting wordt geen rekening gehouden met de reflectie van het onderwerp, en zullen voor zeer licht en voor zeer donker getinte onderwerpen correcties op de meteraanwijzing moeten worden toegepast. Vanuit het camerastandpunt meten we met de gereflecteerdlichtmethode een gemiddelde van alle helderheden in het onderwerp. Deze integrale meting is de meest toegepaste, en zowel de gevoeligheidsbepaling van de film als de ijking van de belichtingsmeter, is erop gericht, dat bij integrale meting van een onderwerp met een contrastomvang van 5 stops en een evenredige verdeling van de helderheden, een belichting wordt verkregen die nog juist voldoende details in de schaduwen doet behouden. Correcties op de meting zijn noodzakelijk wanneer grote vlakken van sterk afwijkende helderheid in de meting worden betrokken. Dit is bij voorbeeld het geval met achtergronden die aanmerkelijk lichter of donkerder zijn dan het eigenlijke onderwerp. In die gevallen wordt meting op korte afstand aangeraden, waardoor deze zich beperkt tot het eigenlijke onderwerp, en de achtergrond buiten beschouwing laat. Waar de gebruikelijke integraal metende belichtingsmeters een meethoek van ca. 30 graden hebben, is de meethoek van de zogenoemde spotmeter begrensd tot niet meer dan 2

graden. Daarmee kan vanuit het camerastandpunt elk gedeelte van het onderwerp afzonderlijk worden gemeten. Spotmeting is uitermate geschikt voor het bepalen van de contrastomvang van het onderwerp, maar vereist meer inzicht bij het bepalen van de belichting dan de integrale meting.

Een eenvoudig, maar zeer effectief hulpmiddel bij het bepalen van de juiste belichting is de neutraalgrijskaart. De voor dit doel in de handel gebrachte kaart heeft een reflectie van 18%, overeenkomende met de gemiddelde reflectie van een standaard onderwerp. De kaart wordt vlak voor het onderwerp gehouden, gericht naar een punt tussen camera en hoofdlichtbron. Lichtmeting geschiedt dan met de meter van dichtbij op de kaart gericht, zodat alleen het oppervlak van de kaart in de meting wordt betrokken. De grijskaartmeting is een zeer betrouwbare methode, in resultaat overeenkomende met de opvallend-licht meetmethode. Voor zeer donkere of lichte onderwerpen zijn uiteraard weer correcties van een of twee stops in belichting vereist. Met behulp van de grijskaart kan in de studio, op eenvoudige wijze de verlichtingsverhouding worden vastgesteld en eventueel aangepast tot de voorgeschreven 1 : 3 verhouding. Achtereenvolgens worden dan metingen verricht op de grijskaart, vlak voor het onderwerp geplaatst, in een stand die de grootste meteruitslag veroorzaakt. Hoofdlicht en invullicht worden dan beide in de meting betrokken. Vervolgens wordt het hoofdlicht uitgeschakeld en alleen de door het invullicht veroorzaakte verlichtingssterkte bepaald.

Reciprociteitsafwijking of Schwarzschildeffect

Zoals we eerder zagen, wordt de gevoeligheid van een emulsie, volgens ISO-normen bepaald door de belichtingsdosis die nodig is om een bepaalde densiteit te veroorzaken. Een belichtingsdosis is een hoeveelheid energie, en volgens de Reciprociteitswet van Bunsen en Roscoe, zou het bij fotochemische reacties geen verschil maken in welk tempo die hoeveelheid wordt aangevoerd. Met andere woorden: de verhouding tussen lichtintensiteit en belichtingstijd is omkeerbaar (reciproque). Zolang de uiteindelijke hoeveelheid toegevoerde energie gelijk blijft, zal het daardoor bereikte resultaat gelijk zijn, onverschillig of die hoeveelheid met grote intensiteit gedurende korte tijd, of met lage intensiteit gedurende overeenkomstig langere tijd wordt verkregen.

Voor de gebruikelijke fotografische zilverhalogenide emulsies gaat - als gevolg van de wijze waarop de lichtenergie door het zilverhalogenidekristal geabsorbeerd en het latente beeld daarin gevormd wordt - deze reciprociteitswet niet op. Er is een bepaalde verhouding tussen lichtintensiteit en belichtingstijd waarbij de belichtingsdosis het meest effectief is.

Deze afwijking van de reciprociteitswet is in de fotografie bekend als Schwarzschildeffect, genoemd naar een astronoom die het verschijnsel voor het eerst bestudeerde (afb. 25). De fotograaf ervaart dit Schwarzschildeffect doordat bij zeer lange belichtingstijden de filmgevoeligheid aanmerkelijk lager blijkt te zijn. Omgekeerd is dit ook het geval bij extreem korte belichtingen van zeer hoge intensiteit; ook dan moet de belichting één of meer stops ruimer worden genomen om de gewenste densiteit te bereiken. Dit laatste verschijnsel wordt wel het ultrakorte-tijdseffect genoemd. In beide gevallen blijkt tevens de gradatie onder invloed van sterk afwijkende belichtingstijden te veranderen. Ultrakorte tijden veroorzaken een vlakkere, zeer lange tijden een steilere gradatie.

Bij zwartwitfotografie is het verschijnsel eenvoudig te compenseren door één of meer stops ruimer te belichten en eventueel door langer of korter ontwikkelen de gradatie weer op de verlangde waarde te brengen.

De kleurenfilm werkt, eenvoudig gesteld, met drie verschillende emulsielagen die ongelijke reciprociteitsafwijkingen kunnen vertonen. Bij grote afwijkingen van de belichtingstijd waarvoor de film is bestemd, kan daardoor de kleurbalans enigszins worden verstoord, resulterend in een kleurdominante.

Voor de mensen die het echt willen onder de knie hebben volgt hierna een tekst uit de cursus van de Heer Verreesop het INSAS. Deze tekst is op zijn beurt gecopieerd uit het Franse Fototijdschrift ZOOM.

Het betreft de formule tussen de lichthoeveelheid die uiteindelijk de film raakt als we weten wat de reflectie van ons onderwerp in meter/lambert (of dankzij een conversietabel in E.V.-waarden) is... (als je deze waarden nog kent uit de cursus van vorig jaar...

OUF, UN PEU DE RÉPIT...

Détendons nous un peu en lisant cet article assez particulier écrit par Chenz sur la photométrie. Une autre vision des choses... (Zoom N°11)

Bande de petits canailoux, je vous salue bien et vous fais plein de bises partout, partout; enfin je parle surtout des dames présentes et qui se seraient lancées dans ce texte par une erreur bien excusable, allez bonsoir mes jolies, vous pouvez retourner à vos tricot.

Je disais donc canailoux, avec un x au pluriel, comme choux, genoux, hiboux, joujoux, cailloux, bijoux, houx, amours, délices, orgues et, bien sûr, lux. Lux prend un x au pluriel; au singulier, quand il n'y en a qu'un, on n'y voit pas assez clair pour voir comment c'est écrit. Et voyez-vous tas de feignants, justement aujourd'hui je te m'en vas te vous filer la céphalée du siècle, le mal de crâne comme il n'en ont pas en Amérique les années de crise, je te vas vous coller in the gencives la Photométrie d'un bout à l'autre, tout ça sérieux, sérieux, avec juste un peu de sauce verte pour faire passer.

A vos crayons, les gars, je ne veux plus voir remuer un nez.

Or donc, au début, étaient le Chaos et les Ténèbres. Et Dieu, bien sûr, qui était là depuis toujours, et qui commençait à en avoir plein Ses Bottes de toujours dans des bouts de Chaos par-ci par-là en se promenant les bras étendus. Il eut donc l'idée lumineuse que l'on sait, prononça les paroles que la légende rapporte, en latin d'ailleurs, ce qui prouve que c'est Dieu qui a inventé le latin et la télévision. Et la Lumière arriva, en traînant les pieds et en disant voilà, voilà, y a pas le feu, d'un ton maussade, vu qu'on n'avait pas encore inventé les unités de mesure de ladite; et qu'on ne connaissait pas encore sa vitesse à un cheval près (Pour les ignorants, $C = 2,9996 \cdot 10^8$ unités MKSA).

*Dieu dit:
"FIAT LUX"
Ainsi commença
la publicité parallèle...*

C'est parti. On pose la règle du jeu: toutes les insultes qui vont suivre se diront dans le système MKSA, mètre, kilogramme-masse, seconde, ampère. Toute cette science a été vérifiée et contrôlée par Bleble, mon génie familial qui me souffle dans le cou et qui a plus que moi l'habitude de cette sorte de choses, ce qui n'est pas peu dire.

Adoncques, Dieu ayant créé la Lumière, lui montra les Ténèbres Extérieures, et lui dit de se mettre au boulot et plus vite que ça, et lui propulsa un grand coup de Pied qui fit qu'elle se coinça intégralement dans le Trou de la Serrure donnant sur les Ténèbres, et c'est ainsi que la Lumière se trouva réduite à une source ponctuelle, car la serrure était vraiment très petite et les Ténèbres très grandes. Le coup

de Pied aux fesses était aussi très grand, ce qui fit que la Lumière se trouva propulsée à travers ce trou de serrure à la vitesse C et dans toutes les directions possibles avec une répartition égale, car telles étaient les instructions de Dieu. Ah mais!

Vous ai-je précisé que la Lumière était à l'origine une vaste mémé, avec des bigoudis partout et des seins énormes, une masse quoi! Quelque chose de bougrement copieux, ce qui fait que dans son vol à travers les Ténèbres il y a en chaque point de l'espace comme une présence tangible de ladite, transportant l'Energie du Pied et une odeur de vaiselle, ce qu'en quelque sorte nous appellerons un Flux, pouah! Vous pouvez vérifier, c'est dans la Génèse, revue et traduite en français par Cavanna. Et aussi sec, nous faisons entrer en jeu un bataillon d'archanges métresseurs que nous nommerons les frères M, K, S et A. Ils étaient occupés à ce moment à mesurer les Ténèbres pour en faire un espace constructible pour les promoteurs futurs, et venaient tout juste d'inventer la notion d'angle solide. Un angle solide, c'est un cône. Un grand cône, et je vous défends de ricaner et de faire des jeux de mots obscènes. C'est un cône qui commence par le petit bout au Trou de Serrure, et que le grand bout, il n'en finit pas, Bonne Mère, et qu'un Archange métresseur facétieux il trace une sphère d'un mètre de rayon autour du Trou de Serrure, en matière opaque véritable, et qu'il découpe dedans un cercle d'un mètre carré de surface, et que le cône de lumière défini par ce cercle et le Trou de Serrure c'est justement l'angle solide unité, que l'Archange métresseur qui venait d'inventer le grec appelle cet angle solide unité de Stéradian. Notez tout ça, ça peut servir.

Voilà, voilà, le Flux d'énergie compris dans ce cône est égal à un Lumen si la masse énergétique présente dans le Trou de Serrure est égale à un Candéla, ce qui n'est pas grand chose; et on notera que cette notion de masse énergétique en photométrie est une idée à moi, pas forcément idiote, et qui me permet de relier un tas de définitions physiques.

Un Archange métresseur ayant pris un bout de Ténèbres, et l'ayant frotté très fort, finit par le faire chauffer suffisamment pour qu'il brille, et il définit ce centimètre carré de Ténèbres comme le Corps Noir unité, lequel convenablement frotté, rayonne tout de suite, ça ne sert à rien. Un autre archange métresseur alluma dans un coin une bougie unité venue tout droit des Divins Stocks, et constata avec intérêt que l'énergie rayonnée par ladite était fort voisine de la candéla, ce qui fait qu'il fit immédiatement sécession, et ouvrit un commerce concurrent de lumière sous le nom de Lucifer Inc., ce qui signifie en bas-moldovaque du Sud: "Celui qui porte la Lumière et qui la vendra cher par le truchement des petits compteurs bleus". Ainsi naquit l'EDF.

En ces temps reculés, Jésus-Christ se balladait dans les Ténèbres en claquant des dents parcequ'il n'y faisait pas chaud, et en se demandant si il y avait vraiment un avenir dans ce monde obscur.

Et en vérité, je vous le dis, il ne fut pas mécontent de recevoir sa part du rayonnement précité, ce qui lui donna grande aise calorifique et fit qu'il inventa le Club Méditerranée, en

prononçant ces paroles restées immortelles: "C'est pas du luxe!". Eh bien si, c'en était. C'était du lux, ainsi que lui précisèrent les archanges métteurs en lui faisant signer le bon de présence, car telle était le nom de l'unité d'intensité d'illumination.

On dit aussi le Saint Esprit, au coefficient près.

On dit plus communément l'éclairement.

Nous préciserons que Jésus-Christ avait à l'époque une forme circulaire, qu'il avait une surface d'un mètre carré et qu'il était allongé à plat ventre sur la sphère d'un mètre de rayon entourant le Trou de Serrure. Il a bien changé depuis, allez. S'il avait été plus loin, il aurait été éclairé par moins d'un Lux, car telle est la Loi: toute personne, quel que soit son sexe, se trouvant à une distance D d'une source lumineuse, reçoit un éclairement inversement proportionnel au carré de cette distance D.

Ce qui s'écrit en hiéroglyphes précolombiens $E = I/D^2$ Et qui se prononce pareil.

Jésus-Christ resta ainsi un fort long moment en cette position et il finit par acquérir une fort belle teinte "pain brûlé", car il venait d'inventer le bronzage. Il avait reçu une quantité d'énergie proportionnelle à l'éclairement multiplié par le temps d'exposition, quantité que nous appellerons la lamination, et que nous mesurerons en lux/seconde. Cette lamination est représentée par la lettre H, comme Hâle. *Encore une vérité qu'on ne trouve dans aucun livre d'histoire, on vous ment, je vous dis.*

En ce temps là, Dieu, ayant bien réfléchi et ayant un peu mal au Pied, dit: "Je suis Lumière". Et il se mit à briller, car telle était sa Volonté. Et son Visage devint resplendissant, et son Visage représentait juste l'unité de surface, dite Mètre Carré, et les archanges éblouis dirent qu'il était la Luminance, et que son Visage avait une luminance de tant de candélas par mètre carré. On a un peu oublié la valeur, il y a si longtemps...

Et il se regardèrent, et furent remplis de crainte, car ils brillaient tous d'un éclat, moindre d'ailleurs, de telle façon qu'ils se crurent aussi sources de Lumière.

Mais Dieu, qui aimait bien que les choses soient mises au point, et qui avait horreur de la concurrence, leur dit, de sa Voix puissante comme mille tonnerres: "Vous ne brillez point par vous-mêmes, ô archanges métteurs, mais de par ma Volonté, car je vous le dis, la Lumière dont vous rayonnez n'est que partie de la Mienne et ne saurait être confondue avec la Mienne, et ne saurait être mesurée par les mêmes unités, je vous enjoins donc à tous de définir votre éclat en Mètres Lambert, car telle est ma Volonté, et puisque Monsieur Lucifer continue à ricaner dans son coin, je te me l'envoies vite fait dans les Ténèbres Extérieures." Ce qu'il fit.

Ainsi fut établi qu'il convenait de ne point mélanger les Torchons et les Serviettes, et de séparer dans les pensées les plus secrètes les sources qui émettent de celles qui réfléchissent. Or, les archanges étaient tous, de par leur constitution, des Diffuseurs Parfaits, mais comme ils n'utilisaient pas tous les mêmes produits de maquillage, ils étaient plus ou moins sombres de teint, ce qui fait que la Loi les concernant dut faire intervenir un coefficient de réflexion, et fut énoncée en ces termes: la Luminance du

premier archange venu, exprimée en Mètres-Lambert, est égale au produit de l'éclairement le frappant, exprimé en lux, et du coefficient de réflexion de l'intéressé, étant bien entendu que celui-ci est toujours un Diffuseur Parfait.

Sur ce, Lucifer sortit un oeil rigolard des Ténèbres Extérieures, la Lumière se réfléchit sur cet oeil rigolard suivant une Loi, qui n'était pas celle des Diffuseurs Parfaits, mais celle de la Réflexion Spéculaire. Il y a aussi le cas de Jésus-Christ, toujours aussi plat et circulaire. Il fut établi que son Eclat avait tendance à varier suivant qu'il regardait Papa en face ou qu'il se rongait les ongles, ce qui est une très vilaine chose. Pour Lui fut établie une autre Loi qui précise que le flux qui éclaire un Plan qui ne lui est pas forcément perpendiculaire, produit une luminance affectée d'un coefficient égal au cosinus de l'angle entre ce Flux et la perpendiculaire à ce plan. Boum.

Tout cela traduit en hiéroglyphes pharaoniques s'énonce

$$L = E * p * \cos \theta$$

Tiens, une supposition comme ça, que deux ou trois vicieux voudraient avoir des luminances en candélas par mètre carré et non en mètre Lambert, ce qui dénote un cerveau un peu malade, non? Eh bien, ils divisent les Mètres-Lambert par π , et c'est une affaire qui marche. Et j'en profite pour préciser aux sclérosés des circonvolutions que le mètre Lambert est aussi appelé apostilb, blondel ou lux sur blanc. Un candéla par mètre carré sera égal à 1 Nit soit 3,14 apostilbs!

Oubliez vite ça, mes chéris, c'est un truc à prendre froid aux pieds.

Dans toute cette affaire, il y avait un Archange mètreur qui n'avait pas bien suivi, vu qu'il était occupé à se faire un thé à ce moment là, c'était un gars spécial, toujours avec un parapluie et un drôle de chapeau. Quand ses petits camarades lui ont raconté ça, il a compris tout de travers, on lui disait mètre, comme il zozotait terriblement, il répétait foot; c'était un archange britannique. Pour son usage on remplaça Lux par Foot-Candle, Mètre-Lambert par Foot-Lambert, steak pomme frites par sanglier à la menthe et bougie décimale par smog. Il semblerait qu'aux dernières nouvelles cet archange farfelu se décide à se mettre au système métrique, au moment précis où tous les autres, pour se faire comprendre de lui, adoptent ses unités à base de division par 17,61.

La vie n'est pas simple.

Ababoum, ababoum tsoin tsoin. L'Histoire défile. Ababoum, ababoum. Les dinosaures, la luminance ils s'en foutent. Ababoum, ababoum; Clovis, les pharaons, la barbe fleurie, le tombeau de Diogène, tsoin tsoin, Louis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ababoum, ababoum, Charles Quint, tsoin tsoin Louis XIV, l'Etat c'est tsoin tsoin ababoum Napoléon, et voila t'y pas qu'un ahuri des Alpes plein de bonnes intentions découvre la photographie dans l'hilarité générale, en fait cadeau au monde, ababoum ababoum des tas de gens se mettent à gagner des sous avec, sauf en France, tsoin tsoin,

nous on a tout vendu pour acheter de la terre qu'un avait déjà, ababoum ababoum, heureusement Zoom arrive pour expier tous nos péchés.

ALLÉLUIA!

La Luminance et les Mètres-Lambert, il n'y a pas que ça dans la vie. Toute l'astuce consiste à les transformer en chèques correctement provisionnés (plus taxes).

J'ai là, devant moi, comme je vous vois, à pas un mètre, et je n'en crois pas mes yeux, une paire de fesses. Féminines, parce que le marché de la paire de fesses féminines est plus vaste et meilleur que celui de la paire de fesses de mouche adulte et normalement constituée.

Le problème est de transformer la lumière fabriquée à grands coups de fusion hydrogène-hélium par mon camarade Apollon en flux lumineux (lumens) puis en lux (bien chauds, la paire de fesses idéale se situe sur une plage de Méditerranée avec juste une petite brise fraîche) lesquels lux éclairent un diffuseur imparfait suivant la Loi de Lambert et la Loi du cosinus théta, - même la plus belle paire de fesses est un diffuseur imparfait, affecté d'un coefficient de réflexion qui dépend du modèle et de la maison Lechner -, et après avoir subi des transformations pas racontables parcequ'il y a quand même une morale, non mais des fois, j'ai un rédacteur en chef qui a déjà assez d'ennuis comme ça, on ira au Salon avec un journal rempli de photos de locomotives bien propres et sans poil autour, ce qui fait qu'on se fera foutre à la porte pour notre total manque d'intérêt, notre lumière infiniment tripatoillée se présente devant un objectif de grand prix, *made in quelque part*, constituant l'huis d'un appareil photographique.

Suspense...

Que vont devenir toutes nos belles unités? Je vois d'ici Dieu lui-même qui regarde en biais avec inquiétude et qui tend son Sonotone pour avoir des nouvelles de sa Création.

Toc, toc, fait la Lumière. Oups, c'est le bruit de l'obturateur qui ouvre sa grande bouche et qui happe le confus rayonnement issu de la ...heu, comment disais-je, paire de fesses. Stop, nous passons à l'intérieur.

C'est tout noir, ne vous cognez pas dans les meubles. Devant nous, une plaque photographique, sortie de la lessiveuse de Messieurs KODAGFAGEVAERTANSOFER-RANIATROISMFUJI. Derrière nous, l'objectif. Elle trotte la petite lumière fugitive, elle traverse la chambre noire, en se fatigant un peu en route, et vient se cogner boum sur la plaque photographique dans un jaillissement d'électrons. C'était au départ une luminance L, choisie parmi une collection de luminance L, toutes celles ci remises dans l'ordre représentent une paire de fesses.

La brave petite luminance traverse un objectif, plus ou moins opaque, tiens je lui donne un coefficient de transparence, pour mes objectifs à moi c'est T, pour les vôtres, c'est un centième T, tant pis, z'aviez qu'à les nettoyer avant, elle traverse un diaphragme, il a une valeur c'est A, pour Aper-

ture, parceque toutes ces choses un peu sales ça se dit en anglais, faut pas que les petits enfants puissent comprendre, elle traverse pendant un temps B, pour Time, parce que j'ai déjà utilisé T pour autre chose, oh et puis ça ira comme ça, voyons ce qu'on retrouve sur la pellicule de cette image prise avec un objectif de focale F.

Serrez les dents, c'est La Formule, Le Machin.

$$H = TL * \frac{1}{4A^2} * F^2/V^2 * N * \cos^4\Phi * K * B$$

Il manque des trucs: H, c'est la lustration, ce qui agit vraiment sur la pellicule et lui donne cette belle couleur bronzée, V c'est le tirage optique, plus on prend un gros plan de fesses, plus F^2/V^2 est petit, N est le facteur de vignettage, Φ est l'angle d'incidence par rapport à l'axe optique, K est un coefficient qui regroupe tout ce qu'on a oublié.

L'American Standard Association, ASA et aujourd'hui ISO, fixe à un bon nombre de ces variables une valeur comme ça, établies par moyennes statistiques, en fonction d'un objectif à peu près correct, ce qui nous ramène à une équation plus simple:

$$H = K' * B * L/A^2$$

On rappelle que A est la valeur du diaphragme (2, 2.8, 4,...) et que le nouveau coefficient K' regroupe un tas de machins et qu'il est valable donc pour une prise de vues standard, et que, pour les gens qui utilisent le système MKSA, il fait autour de 24. *C'est finalement une formule commode, qui permet d'obtenir des lux par seconde sur le film à partir des Mètres-Lambert sur le sujet.* Les Lux- secondes, c'est l'unité qu'on retrouve en abscisses dans les courbes sensitométriques que je vous casse les oreilles avec depuis des lustres, et les Mètres-Lambert ça se mesure avec des instruments idoines, comme le brillancemètre (spotmètre) Minolta ou Pentax, qui donnent des mesures en unités fantoches dites E.V (Exposure Value), qui peuvent être converties en Mètres Lambert (voir tableau).

Moi, je vous le dis comme ça, pour ceux qui ont envie de pousser un peu plus loin, mais c'est difficile de faire les pieds au mur avec de l'Ektacolor Internégatif si on n'assimile pas un peu tout ça.

Ahhh, c'est triste, les larmes me viennent dans mes beaux yeux, il y a encore une chose horrible qui nous arrive. Il y a des parasites sur l'image, un monstre hideux et plein de poils dénommé **Flare** vient nous fausser toutes nos belles mesures.

Il s'agit de toutes les réflexions parasites dans l'objectif, sur la pellicule, sur l'obturateur et sur la fumée de cigarette qui trône en permanence dans le boîtier: le tabac ça donne le cancer et les réflexions parasites, c'est bien fait.

C't'affaire là, ça nous met une cochonnerie lumineuse pas tellement déterminée et plutôt flousaille sur l'image, qu'on ne peut pas chiffrer une fois pour toutes, ça dépend d'une tripotée de facteurs, et ça joue surtout, comme effet, sur les

faibles éclairagements du sujet, ça réduit le contraste, c'est commode pour les rides, à la rigueur on peut l'augmenter en mettant des machins diffusants devant l'objectif, pour faire une vraie pin-up avec votre arrière grand-mère préférée. Je signale que les objectifs multi-couches présentent nettement moins ce défaut que les carreaux habituels. C'est même pour ça que le traitement multi-couches a été inventé.

Alors, pour être puriste, tiens, la formule complète:

$$H = B * ((K' * (L/A^2)) + E_F)$$

E_F étant l'éclairement parasite du à cette cochonnerie.

Ben voilà, vous avez une petite idée de ce que c'est que la photométrie, et à quoi ça sert, je vous laisse pour cette fois-ci aux travaux pratiques. Je vous signale que la luminance de chaque élément d'une paire de fesses peut à la rigueur se mesurer à l'oeil nu en regardant de très près.

La prochaine fois, on va dépiauter la norme ASA enfin celles des 2.369.678 qui nous intéressent, et ce n'est pas une mince affaire, mon ange gardien Bleble va encore être mis à rude épreuve, je vais faire monter de la bière, je vous laisse éperdus d'admiration devant la rude symétrie du tableau d'équivalence EV / Mètres Lambert, qui est établi en fonction de la norme ASA moyenne pour 100 ASA, faites bien joujou avec, elle a été calculée pour nous par Joseph Staline.

Correspondance EV en Mètres Lambert (100 ASA)

EV	Valeur Réelle (M.L)	Valeur approchée
- 2	0,08409100	0,085
- 1	0,16818201	0,168
0	0,33636402	0,336
+ 1	0,67272804	0,673
+ 2	1,34545608	1,345
+ 3	2,69091216	2,690
+ 4	5,38182432	5,380
+ 5	10,76364864	10,764
+ 6	21,52729728	21,527
+ 7	43,05459456	43,05
+ 8	86,10918912	86,11
+ 9	172,21837824	172,2
+ 10	344,43675648	344,4
+ 11	688,87351296	688,9
+ 12	1377,74702592	1377,7
+ 13	2755,49405184	2755,5
+ 14	5510,9880832	5511
+ 14	11021,9761664	11022
+ 15	22043,9523328	22044
+ 16	22043,9523328	22044
+ 17	44087,9046656	44088
+ 18	88175,8093312	88176

Je vous aime.

CHENZ

**

*

REMARQUE:

Cet article est la retranscription intégrale d'un article intitulé "Photologie" paru dans la revue photographique Zoom (N°11). Les propos, autres que purement scientifiques, qui y sont tenus n'engagent évidemment que leur auteur.

NOTES PERSONNELLES

