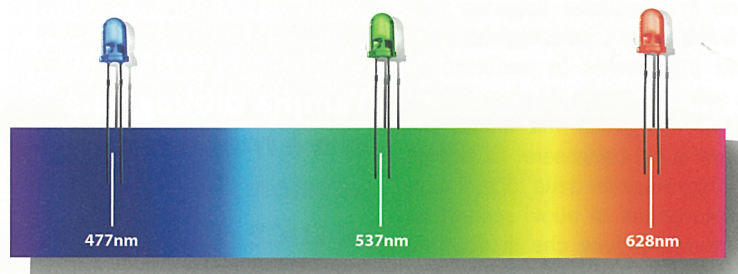


di Oscar Santilli

Il LED, sorgente di luce digitale

Figura 1. I LED sono sorgenti di luce monocromatica caratterizzati da una lunghezza d'onda (λ) dominante misurata in nm (1nm = 10⁻⁹m).

Figura 1. LEDs are monochromatic lighting sources characterized by a dominant wavelength (λ) measured in nm (1nm = 10⁻⁹m).



Anche nel mondo della tecnologia ci sono alcuni oggetti che esercitano una seduzione immediata, suscitando grande interesse. Fra questi i LED, di fatto delle valvole elettroniche (Light Emitting Diode) che, se adeguatamente alimentate, attivano un flusso elettronico che libera una radiazione luminosa. La radiazione visibile emessa è prossima alla monocromaticità e viene quindi denotata con la relativa lunghezza d'onda (λ). Ad es. (blu) $\lambda=477$ nm., (verde) $\lambda=537$ nm., (rosso) $\lambda=628$ nm. (Fig. 1)

La luce colorata ha entusiasmato i progettisti che immediatamente hanno colto l'opportunità, concependo nuove soluzioni per la creazione delle loro scene. L'adozione del colore, sia negli spazi interni che negli spazi esterni, ha contribuito ad arricchire le scene potenziando in modo assolutamente innovativo il cosiddetto immaginario collettivo. Ma l'arricchimento è stato anche di natura culturale nel senso più esteso.

I LED hanno offerto in modo discreto quello che le altre sorgenti, a incandescenza o a scarica, hanno sempre offerto in modo analogico e continuo. In questo senso i LED possono essere definiti come sorgenti di luce digitale. Il successo dei LED è stato determinato da un contesto tecnologico, tecnico e culturale. Primi fra tutti: l'informatica. Le scene sono diventate dinamiche, con modulazioni istantanee dei colori e delle intensità, sfruttando i brevissimi tempi di risposta dei LED (dell'ordine di pochi millisecondi!) sia nelle accensioni che negli spegnimenti.

Tale opportunità ha attivato un grande laboratorio sperimentale con esiti spesso molto suggestivi e positivi. La stessa opportunità è stata però talvolta abusata, con applicazioni ridondanti e superficiali che speriamo siano presto corrette.

La luce bianca dei LED

È chiaro che, per poter adempiere a quelli che in ambito illuminotecnico

vengono definiti compiti visivi, abbiamo bisogno di una luce bianca. La luce bianca è una luce composita, ovvero una luce che addiziona numerose frequenze cromatiche provocando la sensazione del bianco. Di fatto la luce bianca composita è in grado di restituire, soprattutto per riflessione, il colore proprio degli oggetti e quindi della scena. Gli oggetti hanno un proprio colore che viene catalizzato dalla corrispondente frequenza spettrale contenuta nella luce bianca.

Facendo un parallelo con il fenomeno acustico possiamo dire che il colore degli oggetti è equivalente alla frequenza di oscillazione di un diapason; così come il diapason inizia a vibrare appena viene investito dalla propria frequenza sonora (frequenza di risonanza) così un oggetto libera il proprio colore quando viene investito dalla specifica e corrispondente frequenza cromatica contenuta nella luce dell'illuminante. Se il diapason non fosse investito dalla propria frequenza resterebbe silente (suono buio!); se l'oggetto non fosse investito dalla propria frequenza resterebbe buio (colore silente!). Sarebbero due oggetti assenti, come privi di vita. L'Indice di Resa Cromatica (IRC o CRI o Ra) esprime la misura del potere degli illuminanti di rendere visibili i colori (Fig. 2).

Una luce bianca ricca, come ad esempio quella solare o quella delle lampade a incandescenza, è in grado di restituire la totalità dei colori ed è in grado di dare vita a qualsiasi ambiente.

Le lampade a scarica (fluorescenti, ioduri, sodio, mercurio, etc.) emettono invece una luce bianca che possiamo definire povera, poiché non è in grado di produrre tutte le frequenze cromatiche, tagliandole anche più del 75% nei casi peggiori (lampade al sodio a bassa pressione).

Secondo i processi dell'opportunità e dell'evoluzione il nostro occhio si è biologicamente strutturato ed è pronto per vedere tutti i colori.

LEDs, DIGITAL LIGHTING SOURCES

Even in the technology's world there are some immediately fascinating objects, thus raising a great interest. Among those LEDs, which are de facto electronic valves (Light Emitting Diode) that, if adequately supplied, activate an electronic flux which releases luminous radiation. The emitted visible radiation is almost monochromatic and therefore it is indicated with the corresponding wavelength (λ). For example (blue) $\lambda=477$ nm., (green) $\lambda=537$ nm., (red) $\lambda=628$ nm. (Fig. 1)

Coloured light thrilled designers which immediately took the chance, developing new solutions for their scenes' design. The adoption of colour, both in indoor and outdoor environments, contributed to enrich the scenes thus empowering in an absolutely innovative way the so-called collective imagination. However the enrichment was also cultural in its extended meaning.

LEDs offered in a discrete way what the other sources, incandescent or discharge ones, have always offered in an analogical and continuous way. In this sense LEDs can be defined as digital lighting sources.

LEDs' success was determined by a technological, technical and cultural context. First of all the computer science. Scenes became dynamic, with instantaneous colour and intensity modulation, taking advantage of the really small LEDs' response time (just few milliseconds!) both for switch on and switch off.

This opportunity activated a big experimental laboratory with outcomes frequently very suggestive and positive. However the same opportunity has been sometimes misused, with superficial and excessive applications that we hope that will be soon corrected.

LEDs' white light

It is clear that, to fulfill what are defined as visual tasks in lighting, a white light is needed. The white light is a composite light, e.g. a light that combines several chromatic frequencies thus determining the sensation of white. De facto white composite light is able to reproduce, mainly through reflection, the exact colour of objects and therefore of the scene. Objects have their own colour which is catalysed by the corresponding spectral frequency included in the white light.

Drawing a parallel with the acoustic phenomenon we can say that the colour of objects is equivalent to the oscillation's frequency of a diapason; like the diapason starts to vibrate when it is hit by its own frequency (resonating frequency) so an object frees its colour when it is hit by the specific and corresponding chromatic frequency included in the illuminant's light. If the diapason wasn't hit by its own frequency it would remain silent (dark sound!); if the object wasn't hit by its own frequency it would remain dark (silent colour!). They will be two absent objects, like they were lifeless.

The Colour Rendering Index (CRI) expresses the measure of the illuminants' power of making colours visible (Fig. 2).

A rich white light, such as for example that of the sun or of incandescent lamps, is capable of reproducing colours' shades and is able to give life to every environment.

Discharge lamps (fluorescents, potassium iodide, sodium, mercury, etc.) instead emit a white light that we can define as poor, since it is unable to produce all the chromatic frequencies, cutting them even more than 75% in the worst cases (low pressure sodium lamps).

According to the processes of opportunity and evolution our eyes is biologically structured and ready to see all the colours.

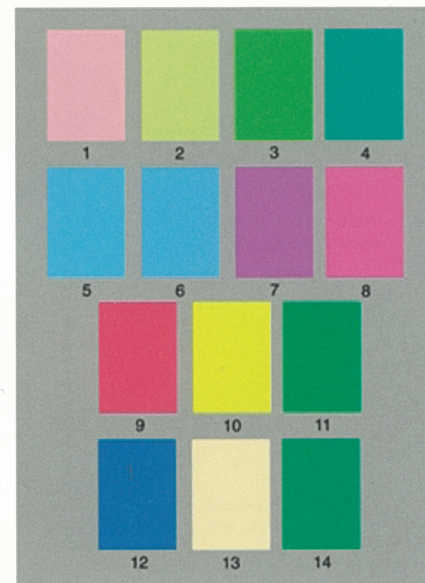
It is like a cognitive expectation that needs to be satisfied. A very demanding expectation. Just remember that we are talking about a sensitivity and a discerning power related to wavelengths in the order of a billionth of meters.

The Sun is the star, that set our perceptive device of visible light, e.g. the eye. The eye has been "intoxicated" by sunlight and it needs its daily dose. It requires a 100% high quality light and it will accept

Figura 2. La tabella mostra i 14 colori campione adottati dalla CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) per valutare l'indice di resa cromatica (IRC o Ra o CRI) degli illuminanti. Accanto le connotazioni con i codici Munsell e le coordinate tricromatiche della CIE e il naming dell'ISCC (Inter Society Color Council).

Figure 2. The table shows the 14 sample colours adopted by the CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) to evaluate the colour rendering index (CRI) of illuminants. Beside there are the notations with the Munsell codex and the CIE trichromatic co-ordinates and the ISCC naming (Inter Society Color Council)

Test color no.	Munsell notation	CIE specification			ISCC-NBS name
		x	y	y	
1	7.5 R 6/4	0.375	0.331	29.9	Light grayish red
2	5 Y 6/4	0.385	0.395	28.9	Dark grayish yellow
3	5 GY 6/8	0.373	0.464	30.4	Strong yellow green
4	2.5 G 6/6	0.287	0.400	29.2	Moderate yellowish green
5	10 BG 6/4	0.258	0.306	30.7	Light bluish green
6	5 PB 6/8	0.241	0.243	29.7	Light blue
7	2.5 P 6/8	0.284	0.241	29.5	Light violet
8	10 P 6/8	0.325	0.262	31.5	Light reddish purple
9	4.5 R 4/13	0.567	0.306	11.4	Strong red
10	5 Y 8/10	0.438	0.462	59.1	Strong yellow
11	4.5 G 5/8	0.254	0.410	20.0	Strong green
12	3 PB 3/11	0.155	0.150	6.4	Strong blue
13	5 YR 8.4	0.372	0.352	57.3	Light yellowish pink (Caucasian complexion)
14	5 GY 4/4	0.353	0.432	11.7	Moderate olive green (leaf green)



Si tratta di una sorta di attesa cognitiva che desidera essere soddisfatta. Un'attesa molto esigente. Basti considerare che stiamo parlando di una sensibilità e un potere di discernimento relativi a lunghezze d'onda dell'ordine del miliardesimo di metro.

Il Sole è la stella, che ha configurato il nostro dispositivo di percezione della luce visibile, ovvero l'occhio. L'occhio ormai da sempre "intossicato" dalla luce solare ha bisogno della sua dose quotidiana. La vuole di ottima qualità al 100% e accetterà piccole riduzioni solo per brevi periodi di tempo.

La luce, ovvero l'onda elettromagnetica, appartiene al mondo degli stimoli, mentre l'occhio e il cervello, come dispositivi della percezione, appartengono al mondo delle sensazioni. La luce non è colorata, come tutte le onde elettromagnetiche, ma l'occhio e il cervello hanno deciso che una certa banda delle onde sia visibile e hanno assegnato alle diverse lunghezze d'onda un connotato cromatico, ovvero il colore.

L'organismo umano nel suo complesso è molto sofisticato e gli equilibri devono essere contenuti entro limiti molto ristretti.

Per analogia: quando la temperatura del nostro corpo varia di un solo grado

abbiamo la febbre; la percentuale della variazione è del 3% se misurata in gradi Celsius ma sarebbe del 3‰ (0,3%) se, più correttamente, venisse misurata in gradi Kelvin. Veramente una piccolissima percentuale! Il malessere interessa però il 100% del nostro corpo; siamo un organismo e ogni parte sensibile è solidale con le altre.

A parità di emissione radiante l'occhio di un osservatore normodotato mostra però sensibilità diverse, relativamente alle frequenze spettrali visibili (da 380nm a 760nm); per alcune frequenze è più sensibile e per altre meno sensibile. Le diverse sensibilità sono rappresentate nella curva di visibilità. (Fig. 3)

L'unità di misura dei flussi luminosi è il lumen (lm). Il lumen è un'unità quantitativa; misura la sensazione luminosa prodotta da uno stimolo. Abbiamo visto, con la curva delle visibilità, che a stimoli di eguale potenza corrispondono sensazioni diverse, in relazione alle lunghezze d'onda. I lumen quindi non sono altro che la visibilità dei Watt. La luce è potenza visibile. Se volessimo ottenere la massima quantità di lumen con la minima potenza basterebbe produrre una sorgente monocromatica che emetta una radiazione luminosa della

lunghezza d'onda di 555nm. Ad esempio con un LED o un laser sarebbe possibile. In questo caso potremmo disporre di un flusso di circa 683 lumen per ogni Watt. L'efficienza sarebbe di 683lm/W (Watt luce!).

Basti pensare che il sole, ovvero il nostro radiatore perfetto, ha un'efficienza luminosa di 96 lm/W (considerando anche l'abbattimento dello spessore atmosferico), quindi inferiore alla nostra sorgente monocromatica. Ma nel caso della monocromia potremmo vedere un mondo di un unico colore e solo gli oggetti (solidi, liquidi, gassosi) in grado di trasmettere, riflettere o diffrangere quell'unica lunghezza d'onda (giallo verde). Se volessimo arricchire le frequenze illuminanti dovremmo fare i conti con la curva di visibilità. Aggiungiamo ad esempio al $W_{(555)}$ altre due radiazioni spettrali da 1 W cadauna, 1 $W_{(500)}$ e 1 $W_{(600)}$. Disponiamo quindi di una sorgente illuminante composta di 3 W. Calcoliamo il flusso totale emesso. Dalla tabella sottostante (Tab. 1) possiamo vedere che alla lunghezza $\lambda_{(500)}$ corrisponde un coefficiente V pari a 0,323 e alla lunghezza d'onda $\lambda_{(600)}$ un coefficiente V pari a 0,631; già sappiamo che per la lunghezza d'onda $\lambda_{(555)}$ il coefficiente è 1.

small reductions only for brief periods of time.

Light, e.g. the electromagnetic wave, belongs to the world of stimuli, whereas the eye and the brain, as perception devices, belong to the world of perceptions. Light is not coloured, as all the electromagnetic waves, but the eye and the brain decided that a given band of waves is visible and they assigned to the different wavelengths a chromatic connotation, e.g. colour.

The human body is very sophisticated and balances have to be contained into really confined limits.

By analogy: when our body's temperature varies even of a degree it means that we have a fever; the percentage of variation is 3% if measured in Celsius degrees but it would be equal to 3‰ (0,3%) if, more properly, it would be measured in Kelvin degrees. It is indeed a very small percentage! However the discomfort affects 100% of our body; we are an organism and every sensitive part is joint with the others.

With the same emission an average observer's eye shows a not uniform sensitivity, which varies according to the visible spectral frequencies (from 380nm to 760nm); it is more sensitive for some frequencies and less for others. The different sensitivities are reported in the luminous efficiency function. (Fig. 3)

The unit of measure of luminous flux is lumen (lm). Lumen is a quantitative unit; it measures the luminous sensation produced by a stimulus. It has been shown before, with the luminous efficiency function, that different sensations corresponds to equal power stimuli, depending on the wavelength. Therefore lumens are nothing else than Watt's visibility. Light is visible power. If we wanted to achieve the maximum lumen's quantity with the minimum power it would be sufficient to develop a monochromatic lighting source which emit a luminous radiation at 555 nm. For example this could be possible with a LED or a laser. In this case we could dispose of a flux of about 683 lumen for each Watt. The efficiency would be 683lm/W (Watt light!).

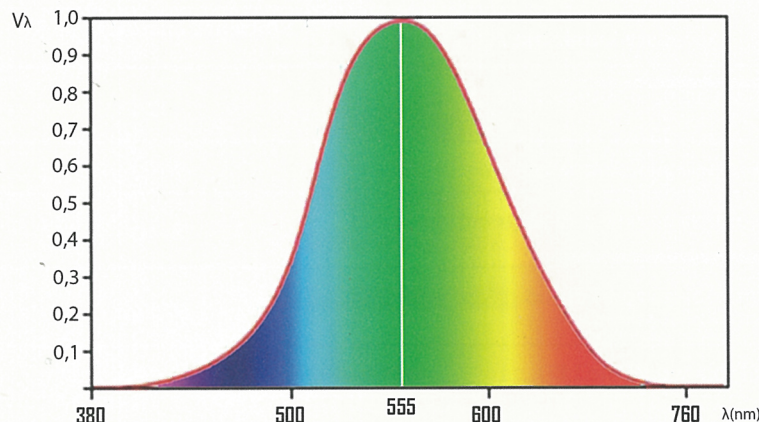
Just think that the Sun, e.g. our perfect radiator, has a luminous efficiency of 96 lm/W (also taking into account the deduction caused by the atmospheric thickness), thus smaller than our monochromatic source. But in the case of monochromy we could only see a single-colour world and only the objects (solid, liquids and gaseous) able to transmit, reflect or diffract that single wavelength (yellowish green). If we wanted to enrich the lighting frequencies we should deal with the luminous efficiency function. For example adding to the $W_{(555)}$ other two spectral radiations of 1 W each, 1 $W_{(500)}$ and 1 $W_{(600)}$. Therefore we can dispose of a 3W composite lighting source. Let's calculate the total emitted luminous flux. From the following table (Tab. 1) we can see that a V coefficient equal to 0,323 corresponds to the wavelength $\lambda_{(500)}$ and a V coefficient equal to 0,631 to the wavelength $\lambda_{(600)}$; we already know that for $\lambda_{(555)}$ the coefficient is equal to 1.

Remembering that the coefficient $V_{555} = 1,00$ corresponds to a flux of 683 lm, the total emitted flux Φ_c will result from the sum of the three fluxes related to the three wavelengths:

$$\Phi_c = \Phi_{555} + \Phi_{500} + \Phi_{600} = (1,00 + 0,323 + 0,631) \times 683 = 1334,58 \text{ lm}$$

Figura 3. La curva in figura misura la visibilità dei colori a parità di emissione della radiazione. Il valore V è relativo al valore Vmax corrispondente ai 555nm in visione fotopica. (La visione fotopica richiede valori di luminanza media ambientale uguali o superiori alle 3cd/m2)

Figure 3. The curve reported in the figure measures colours' visibility with an equal emission of radiation. The value V is related to the Vmax value corresponding to 555 nm in photopic vision. (Photopic vision requires average environmental luminance values equal or superior to 3cd/m2)



The power absorbed by the lighting source is 3 W therefore the luminous efficiency measured in lm/W will be:

$\Phi_c/W = 1334,58/3 = 444,86 \text{ lm/W}$

It can be noted that we developed a "composite" light with three emissions; we enriched the spectral emission but the luminous efficiency has changed from 683 lm/W to 444,86 lm/W. It is easy to understand that by further enriching spectral lines the luminous efficiency will get worse, because Watt will increase but every luminous coefficient added will be lower than 1 (Tab. 2); on the other hand colour rendering will improve and there will be a transition from a dull scene to a stimulating one that will satisfy not only the eye. We are considering the Watt related to visible light; in reality only a part of the Watt absorbed by a source are transformed into light, the others are transformed into heat or other radiations. Data related to the luminous efficiency of lighting sources, where the listed Watt are the total ones are therefore very low.

As it was previously stated LEDs are monochromatic light sources, whereas white light is composed by a multiplicity of colours. The first solution to obtain a white light LED was to combine the light of three LEDs: a red one, a green one and a blue one following the RGB logic (red, green, blue) of displays also used for television. But only three RGB light sources are not capable of reproducing all the colours. From the CIE 1931 chart reported in Fig. 4 it can be noted that chosen three RGB colours (triangle vertices) further colours that can be obtained from a mix of the three colours are those contained inside the triangle-shaped figure, which are indeed many but not all the existing colours. Industry quickly developed a white LED; a blue LED with a yellow phosphor coating was used (Fig. 5). Blue is able to excite the phosphor which emits yellow light through photoluminescence; through additive colour blue light summed to yellow light (yellow = green + red - in additive colour) is capable to produce "white" light. This LED is "hopped up". It is a white LED which, however, is mostly lacking some frequencies, especially the red ones (value Ri 9 Strong Red, see table in Fig. 2). The alternative to RGB is the one experimented by other manufacturers with multichip LEDs (Fig. 6). Multichip LEDs are made of a great number of micro LEDs with different chromatic characteristics which, after being mixed excite a layer of composite phosphors, thus producing an enriched white. Companies supply tables with Ri values of CIE sample colours and they maintain that they finally achieved a CRI close to values such as 95-96 with chromatic performances similar to those of daylight (Fig. 7).

Environments and light

Standards referred to lighting for the fulfillment of visual tasks in workplaces prescribe several parameters, but the most important ones are: illuminance level (Em), the acceptability of luminaires and background surfaces in the scene luminance ratios (UGRL) and the colour rendering index (CRI) (Tab.3). The illuminance value Em is frequently respected, the value referred to UGRL is instead frequently ignored, but when it is not ignored it is also respected. In the case of offices, as it is reported in the table, the CRI value is 80, which means that lighting sources have to "guarantee" the chromatic rendering of 80% of visible colours. Fluorescent lamps, even the ordinary ones, have a CRI equal to 82, which is slightly greater than the minimum val-

Tab. 1 - Coefficiente di visibilità in visione fotopica

Tab. 1 - Luminous coefficient values in photopic vision

λ (nm)	V(λ)	λ (nm)	V(λ)
380	0,0004	580	0,870
390	0,00012	590	0,757
400	0,0004	600	0,631
410	0,0012	610	0,503
420	0,004	620	0,381
430	0,0116	630	0,265
440	0,023	640	0,175
450	0,038	650	0,107
460	0,060	660	0,061
470	0,091	670	0,032
480	0,139	680	0,017
490	0,208	690	0,0082
500	0,323	700	0,0041
510	0,503	710	0,0021
520	0,710	720	0,00105
530	0,862	730	0,00053
540	0,954	740	0,00025
550	0,995	750	0,00013
555	1,000	760	0,00007
560	0,995	770	0,00003
570	0,952		

Ricordando che al coefficiente $V_{555}=1,00$ corrisponde un flusso di 683 lm, il flusso complessivo Φ_c emesso sarà dato dalla somma dei tre flussi relativi alle tre lunghezze d'onda:

$\Phi_c = \Phi_{555} + \Phi_{500} + \Phi_{600} =$
 $= (1,00 + 0,323 + 0,631) \times 683 = 1334,58 \text{ lm}$

La potenza assorbita dalla sorgente è di 3 W per cui l'efficienza luminosa misurata in lm/W sarà:

$\Phi_c/W = 1334,58/3 = 444,86 \text{ lm/W}$

Come si vede abbiamo creato una luce "composita" con tre emissioni; abbiamo arricchito lo spettro di emissione ma l'efficienza luminosa è passata da 683 lm/W a 444,86 lm/W. Si comprende che arricchendo ulteriormente le linee spettrali l'efficienza luminosa peggiorerà, perché aumenteremo i Watt ma ogni indice di visibilità sommato sarà inferiore a 1 (Tab. 2); migliorerà però il rendimento cromatico e si passerà da una scena depressa ad una scena vitalizzata che soddisferà l'occhio e non

solo l'occhio. I Watt che stiamo considerando sono quelli relativi alla luce visibile; nella realtà solo una parte dei Watt assorbiti da una sorgente sono trasformati in luce, gli altri sono trasformati in calore o altre radiazioni. I dati relativi all'efficienza luminosa delle sorgenti, dove i Watt sono quelli complessivi sono quindi molto bassi.

Come abbiamo detto i LED sono sorgenti di luce monocromatica, mentre la luce bianca è costituita da una molteplicità di colori. La prima soluzione per ottenere un LED a luce bianca è stata quella di comporre la luce di tre LED: uno rosso, uno verde e uno blu seguendo la logica RGB (red, green, blue) dei display anche televisivi. Ma tre sole sorgenti RGB non sono in grado di riprodurre tutti i colori. Dal diagramma CIE 1931 indicato in Fig. 4 si può vedere che scelti tre colori RGB (i vertici del triangolo) i colori che possono essere ottenuti dalle miscele dei tre colori sono solo quelli contenuti all'interno della figura triangolare, quindi molti colori ma non tutti.

L'industria ha rapidamente concepito un LED bianco; è stato utilizzato un LED blu con un rivestimento di fosfori gialli (Fig. 5). Il blu è in grado di eccitare i fosfori che emettono per fotoluminescenza luce gialla; per sintesi additiva la luce blu sommata alla luce gialla (giallo = verde + rosso - nella sintesi additiva) è in grado di produrre luce "bianca". Questo LED è "dopato". Si tratta di un LED bianco che, però, è quasi del tutto privo di alcune frequenze, in modo particolare quelle nelle bande dei rossi (valore Ri 9 Strong Red, v. tabella della Fig. 2). L'alternativa all'RGB è quella sperimentata da altri produttori con i LED multichip (Fig. 6). I LED multichip sono costituiti da una molteplicità di micro LED con dominanti cromatiche diverse che, dopo essere state miscelate eccitano ancora uno strato di fosfori composti, producendo un bianco più ricco. Le aziende forniscono le tabelle con i valori Ri dei colori campioni CIE e sostengono di aver raggiunto finalmente un Ra prossimo ai valori 95-96 con restituzioni cromatiche vicine a quelle della luce naturale (Fig. 7).

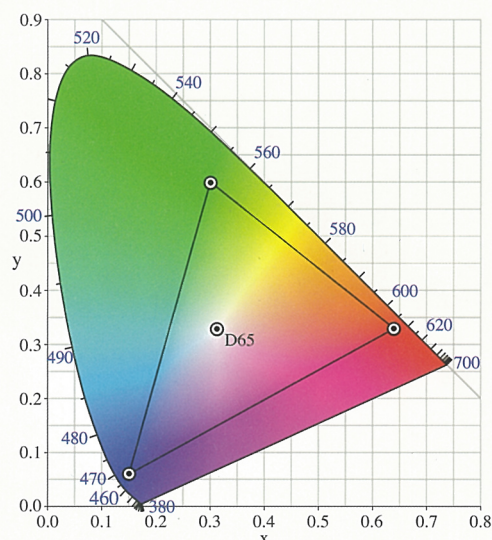
Tab. 2 - Principali sorgenti con le relative efficienze luminose e valori della restituzione cromatica Ra

Tab. 2 - Table with the main lighting sources and their relative luminous efficiency and colour rendering index values - CRI

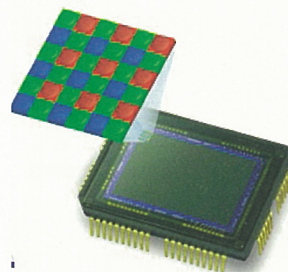
Sorgente Luminosa / Light source	Efficienza Luminosa lm/W Efficacy lm/W	Indice di Resa Cromatica Ra CRI (Color Rendering Index)
Tungsteno, incandescente Incandescent filament	17	100
Fluorescente compatta / Compact fluorescent	70-87	82
Lampada ai vapori di alogenuri metallici Metal Halide	81-90	70-65
Lampada a vapori di sodio (alta pressione) High Pressure Sodium	90-104	21
LED bianco White LED	45-189	96-65

Figura 4. Il Gamut ovvero la quantità di colori riproducibili con tre sorgenti RGB (vertici del triangolo) è quello dei colori contenuti nell'area dello stesso triangolo.

Figure 4. The Gamut e.g. the quantity of colours reproducible with three RGB sources (triangle vertices) consists of the colours included in the area of the same triangle.



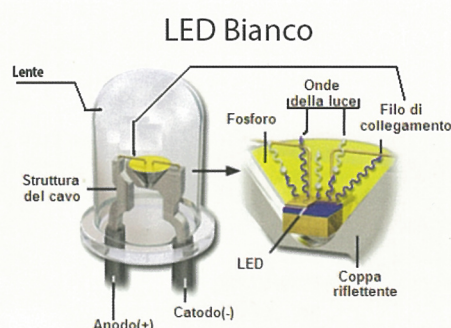
Proiettore con 3 LED RGB
Spotlight with RGB LED



Matrice di LED RGB
RGB LED Matrix

Figura 5. LED bianco nasce da un LED ad emissione monocromatica blu additivato con fosfori fotoluminescenti gialli

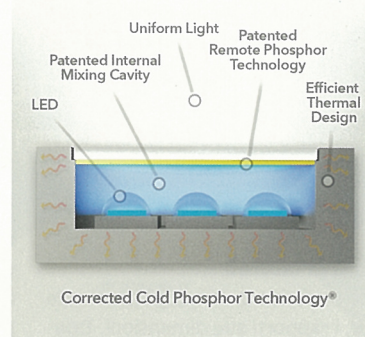
Figure 5. The white LED was born from a blue monochromatic LED with the addition of yellow photoluminescent phosphors



LED Bianco

Figura 6 - LED bianco multi-chip. Microled con emissioni cromatiche diverse e miscelate, additivati con fosfori

Figure 6. White multi-chip. Micro LEDs with different chromatic emissions mixed, with the addition of phosphors



Gli ambienti e la luce

Le normative relative all'illuminazione per l'adempimento dei compiti visivi nei luoghi di lavoro prescrivono numerosi parametri, ma quelli più importanti sono: il livello d'illuminamento (E_m), l'accettabilità dei rapporti delle luminanze degli apparecchi e delle superfici del background presenti nella scena (UGRL) e l'indice della restituzione cromatica (Ra) (Tab.3).

Il valore dell'illuminamento E_m si rispetta frequentemente, il valore relativo all'UGRL è spesso ignorato, ma quando non lo è anch'esso viene rispettato. Nel caso degli uffici, come si vede dalla tabella, il valore di Ra è 80, ovvero le sorgenti devono "garantire" la restituzione

cromatica dell'80% dei colori visibili. Le lampade fluorescenti, anche quelle ordinarie, hanno un Ra pari a 82, ovvero leggermente superiore al valore minimo, quindi sono legali. Anche i nostri LED bianchi di ultima generazione superano il valore 80 quindi anch'essi possono essere utilizzati negli ambienti interni. Nel 2012 sono state istituite due commissioni presso la CIE per la ridefinizione delle modalità del calcolo dell'Ra perché quello attuale è troppo indulgente (possono essere considerati solo 8 dei 14 colori e se invece fossero considerati tutti il valore Ra sarebbe ancora più basso).

Ma anche con i valori attuali di fatto stiamo chiedendo all'occhio di rinun-

ciare al 20% quando abbiamo visto che una variazione della temperatura dello 0,3% provoca grande malessere. Senza utilizzare le analogie, possiamo direttamente fare riferimento al malessere avvertito e denunciato da coloro che lavorano o vivono per diverse ore al giorno in ambienti illuminati artificialmente, generalmente con lampade ad alta efficienza energetica, ma con scarsa capacità di restituzione del colore. Come detto l'occhio ha un'aspettativa biologica che è quella di vedere tutti i colori. L'occhio nutre sempre e comunque tutti gli elementi fotosensibili, se poi rileva un'inutilità anche parziale di questa operazione si deprime e fa soffrire l'organismo; è inevitabile. Di fatto

ue, therefore they are legal. Also our latest generation white LEDs exceed this CRI value so they can be used in indoor environments.

In 2012 two commissions were established by the to redefine the CRI calculation method since the actual one is too indulgent (only 8 of the 14 colours can be considered and if all of them should be taken into account the CRI value would be even lower). But even with the present values we are de facto asking our eyes to give up a 20% when we have seen that a temperature variation of 0,3% induces a great discomfort.

Without resorting to analogies, we can directly refer to the discomfort perceived and reported by those who work or live for several hours of the day in artificially lit environments, generally with high efficiency lamps, but with a low colour rendering ability.

As previously stated the eye has a biological expectation which is to see all the colours. The eye always feeds all the photosensitive elements, if it detects an even small uselessness of this operation it gets sad and causes discomfort to the organism; this is unavoidable. Indeed seeing means compensating the iodopsin wasted by absorbed light, therefore seeing requires an energy consumption: we are active subjects. Objects instead absorb light and do not give back anything because they are passive. Indeed to avoid damages we had to develop standards to limit light absorption by objects, first of all artworks. Probably artworks do not wait to be lit, but our eyes and especially our spirit want to enjoy light, light for art and colour art.

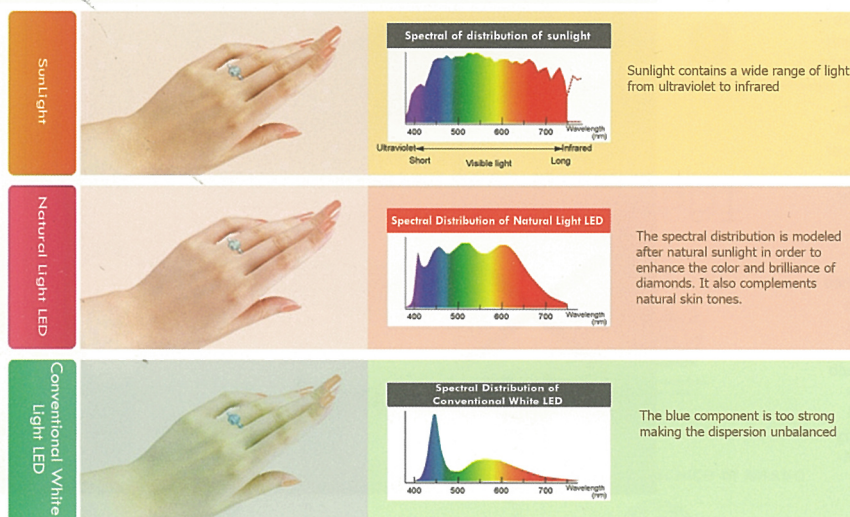
Side Reflections

Greeks preferred proportions to measures, ratios to dimensions. They made qualitative choices. We keep on measuring quality with quantitative units. The low energy architecture, is not necessarily a green architecture e.g. an architecture for humans and their nature.

The standard EN 15193 referred to "Energy requirements for lighting" which indicated the procedures to calculate an energetic indicator for lighting systems (LENI - Lighting Energetic Numeric Indicator), finally establish a relationship between energy consumptions and lighting quality in indoor environments. Systems are evaluated not only for their energy consumption, but also for their characteristic related to the fulfillment of the specific visual tasks. The rule is: when quality has to be guaranteed

Figura 7 - Comparazione degli spettri di emissione e della resa cromatica del sole, di un LED multichip di ultima generazione) e di un LED convenzionale (Fonte CCS Inc.)

Figure 7. Comparison of spectral power distributions and chromatic rendering indices of the Sun, a latest generation multichip LED and a conventional LED (Source CCS Inc.)



Tab. 3 - Norma UNI 12464-1 Luce e illuminazione sui posti di lavoro (es. Uffici)

Tab. 3 - UNI 12464-1 Standard Lighting of work places (ex. Offices)

N° Rif.	Tipo di interno, compito o attività	Em (lx)	UGR _L	U _o	R _a
Tabella 5.26 - Uffici					
5.26.1	Archiviazione, copiatura, ecc.	300	19	0,40	80
5.26.2	Scrittura, dattilografia, lettera, elaborazione dati	500	19	0,60	80
5.26.3	Disegno tecnico	750	16	0,70	80
5.26.4	Postazioni CAD	500	19	0,60	80
5.26.5	Sale conferenze e riunioni	500	19	0,60	80
5.26.6	Ricezione (reception)	300	22	0,60	80
5.26.7	Archivi	200	25	0,40	80

vedere significa risarcire la iodopsina consumata dalla luce assorbita, quindi vedere richiede consumo energetico: siamo soggetti attivi. Gli oggetti invece assorbono la luce e non risarciscono nulla poiché sono passivi. Tant'è vero che per evitare danni abbiamo dovuto predisporre delle normative per contenere gli assorbimenti della luce da parte degli oggetti, primi fra tutti le opere d'arte. Probabilmente le opere d'arte non attendono di essere illuminate, ma i nostri occhi e soprattutto il nostro spirito vogliono godere della luce, della luce per l'arte e dell'arte dei colori.

Riflessioni laterali

I greci preferivano le proporzioni alle misure, i rapporti alle dimensioni. Operavano scelte qualitative. Noi continuiamo a misurare la qualità con unità quantitative.

L'architettura a basso contenuto energetico, non è necessariamente una bioarchitettura ovvero un'architettura per l'uomo e la sua natura.

La Norma EN 15193 relativa ai "Requisiti energetici per l'illuminazione" che indica le procedure per individuare un indicatore energetico per gli impianti d'illuminazione (LENI - Lighting Energetic Numeric Indicator), stabilisce finalmente una correlazione tra consu-

mi energetici e qualità dell'illuminazione degli spazi interni. Gli impianti non sono valutati solo per i consumi energetici, ma anche per le dotazioni migliori relative all'adempimento degli specifici compiti visivi.

La ratio è: quando si deve garantire la qualità si deve essere indulgenti sulle quantità. Senza paure. (Fig.8)

Un impianto d'illuminazione superficiale e inadeguato può avere effetti nocivi sull'umore e sulla salute; i costi sanitari conseguenti sono drenati verso i capitoli della spesa sociale e, come spesso accade, non sono valutati. Viene promosso l'uso indiscriminato delle luci cosiddette a basso consumo energetico, con scarse valutazioni sul loro impatto ambientale. Un impatto che deve essere valutato a 360° o meglio, visto che stiamo parlando della luce che è in grado di propagarsi nello spazio in tutte le direzioni, secondo l'angolo sferico di 4π steradiani.

Oscar Wilde diceva "Se la Natura non fosse stata così scomoda non avremmo avuto bisogno d'inventare l'architettura". L'architettura è la mediazione dell'uomo con la natura, l'affermazione di un reciproco rispetto. L'architettura deve essere l'involucro virtuoso dei comportamenti di soggetti consapevoli e anch'essi virtuosi.

Quando le persone sentono parlare di risparmio energetico si commuovono, attivano i sensori e si rendono disponibili all'ascolto. Bene, dobbiamo ricordare, proprio per rassicurarle, che il sole in un'ora ci dà l'energia di cui abbiamo bisogno per un intero anno, anche di più; lo fa da cinque miliardi di anni e lo farà per altri cinque miliardi. Dobbiamo anche ricordare che la vita sulla terra è garantita però dal processo della fotosintesi, esercitata dai vegetali che trasformano l'energia solare (visibile e non visibile) in altri processi vitali biologici, fra i quali quello dell'uomo... e che la foresta Amazzonica, e non solo, la stiamo perdendo a causa del comportamento "superficiale" di una parte importante dell'umanità.

Senza i dispositivi in grado di attivare la fotosintesi, la Terra è destinata solo ad "abbronzarsi", stile deserto del Sahara. Bisogna promuovere le consapevolezza e guidare l'attenzione verso gli aspetti qualitativi e culturali.

La nuova e migliorata consapevolezza rimodulerà i comportamenti individuali e quindi collettivi; ridurremo la nostra presunzione e la nostra impronta ecologica. Insieme, poi, risolveremo anche i problemi che per altre persone da qualche altra parte del pianeta sono soprattutto materiali.

there is a need of indulgence on quantities. Without fears. (Fig.8)

A shallow and inadequate lighting system may have detrimental effects on mood and health; the resulting health costs flow into social expenses and, as it happens frequently, they are not evaluated. The indiscriminate use of the so-called low energy consumption lamps is encouraged, with few evaluations on their environmental impact. An impact that has to be evaluated with a 360° view or better, since we are talking about light which is capable of propagating itself in the space in all the directions, with a spherical angle of 4π steradians.

Oscar Wilde said "If Nature wasn't so uncomfortable we wouldn't need to invent architecture". Architecture is the mediation between man and nature, the statement of a mutual respect. Architecture has to be the virtuous envelope of informed subjects' behaviour.

When people hear about energy savings they are moved, activate the sensors and are willing to listen. Well, we have to remember, to reassure them, that the Sun in an hour gives us the energy that we need in an entire year, and even more; it has done this in the past five billions years and it will do the same in the next five billions. We have also to remember that life on Earth is guaranteed by the photosynthesis process, performed by plants which transform the Sun's energy (visible and not visible) in other biological processes, among which that of the man... and that we are losing not only the Amazon rainforest, because of the "shallow" behaviour of an important part of the humanity.

Without the devices to activate photosynthesis, the Earth is destined to "tan", like the Sahara desert.

We to promote awareness and to guide the attention toward qualitative and cultural aspects.

The new and improved awareness will change individual behaviour and therefore also the collective behaviour; we will lower our arrogance and our environmental impact.

Then together we can solve even the problems that for other people on the planet are mainly material.

Figura 8 - Dal settembre 2009 è iniziato un processo che finirà nel 2016 di messa al bando progressivo delle lampade a incandescenza, ritenute poco efficienti energeticamente; fra queste le lampade a bulbo bianco ritenute le meno efficienti. Le lampade a incandescenza anche con alogeni, però, sono quelle che garantiscono per ora il miglior indice di restituzione cromatica (Ra) soddisfacendo il nostro occhio. Ingo Maurer, noto lighting designer, ha concepito un prodotto che intende trasformare una lampada a bulbo trasparente in bulbo bianco; il bulbo bianco abbassa la luminanza riducendo l'abbagliamento e migliora la fotometria per una più gradevole illuminazione ambientale.

Figura 8 - In September 2009 a process of progressive banishment of incandescent lamps was started which will end in 2016, these lighting sources are considered as not energetically efficient; among these lamps with a white bulb are the less efficient ones. Incandescent lamps even with halogens are however those which for now guarantee the greatest colour rendering index (CRI) thus satisfying our eye. Ingo Maurer, renowned lighting designer, designed a product which aims to transform a transparent bulb lamp in one with a white bulb; the white bulb lowers luminance levels thus reducing glare and improves the photometry for a more pleasant environmental lighting.

