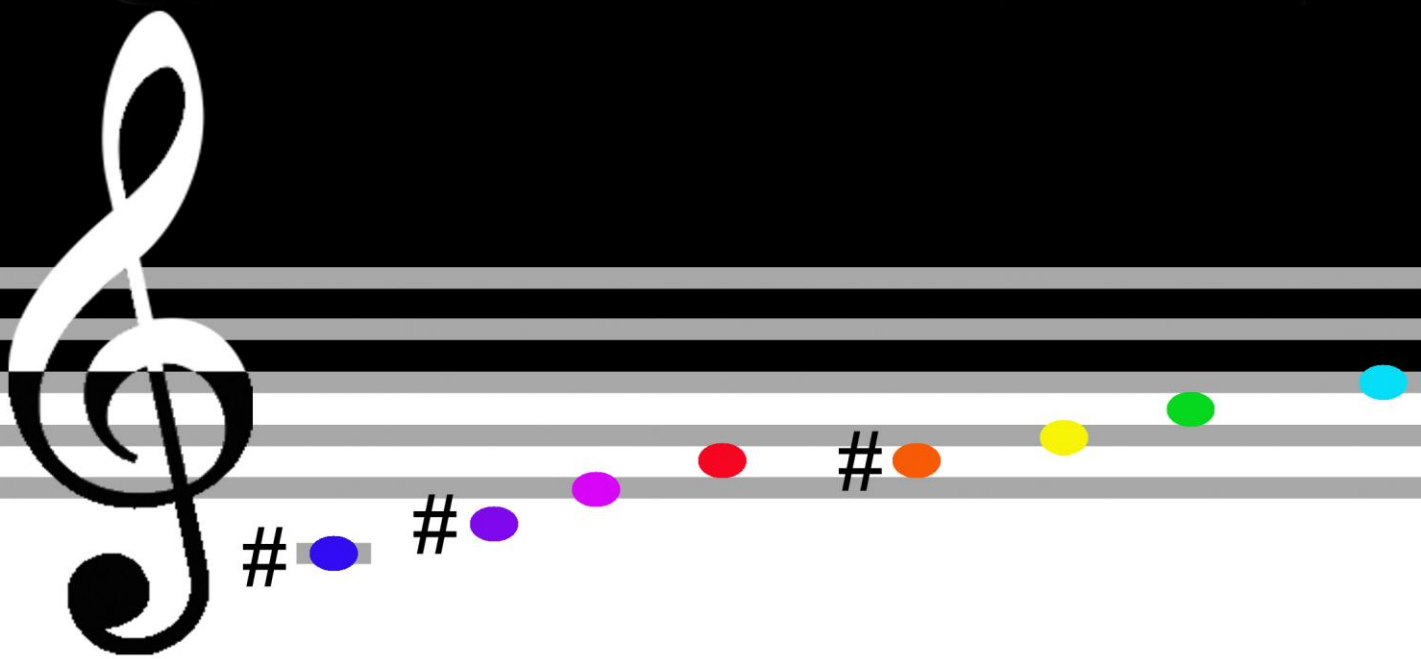


# L'art d'escoltar



# els colors

*A Neil Harbisson, la persona que d'una manera molt especial  
m'ha fet "sentir" la importància dels colors*

*Agraeixo a Vicenç Devesa i Carme Montes, pel seguiment i l'interès demostrat; a l'Andrea i en Marc, per les seves idees i pel suport tècnic audiovisual; a la Laura Martínez, pels seus coneixements artístics i musicals; a la meva mare, que ha viscut amb la mateixa il·lusió que jo aquesta recerca; i, en especial, a Neil Harbisson, que ha estat la inspiració per fer possible aquest treball.*

***A tots ells, gràcies pel temps dedicat***

*“Intento aplicar colors com paraules que formen poemes,  
com notes que formen música.”*

*Joan Miró.*

## Índex

<b>0. Introducció.....</b>	<b>6</b>
<b>1. El color.....</b>	<b>8</b>
1.1. L'espectre electromagnètic.....	10
1.2. La naturalesa de la llum.....	16
1.3. De la llum als colors.....	18
1.4. Els colors de la matèria.....	19
1.5. Classificació del color.....	21
1.5.1. Colors primaris, secundaris i terciaris.....	21
1.5.2. Colors complementaris.....	26
1.5.3. Colors freds i càlids.....	27
1.6. El cercle cromàtic.....	28
1.7. Propietats del color: to, saturació i lluminositat.....	30
1.8. Percepció del color.....	32
<b>2. Els <i>ciborgs</i>.....</b>	<b>41</b>
2.1. Els <i>ciborgs</i> a la literatura.....	43
2.2. Els <i>ciborgs</i> a la ficció.....	45
2.3. Generació <i>ciborg</i> : els <i>ciborgs</i> a la vida real.....	47
2.3.1. Kevin Warwick: l'home biònic.....	47
2.3.2. L' <i>eyeborg</i> : l'ull-càmera.....	50
2.3.3. El dit-USB.....	51
<b>3. En Neil Harbisson.....</b>	<b>53</b>
3.1. Biografia.....	54
3.2. L'acromatòpsia.....	57
3.2.1. Característiques de la patologia.....	59
3.2.2. Tipus d'acromatòpsia.....	60
3.2.3. Causes de la patologia.....	61
3.2.4. Diagnòstic i incidència de la patologia.....	62
3.2.5. Rehabilitació.....	63
3.2.6. L'acromatòpsia a l'escola.....	64
3.2.7. L'acromatòpsia d'en Neil.....	64
3.3. L' <i>eyeborg</i> .....	66
3.4. Millora de la vida quotidiana d'en Neil.....	75
3.5. L'art d'en Neil: pintura i música.....	78
3.5.1. El pintor de sons.....	78
3.5.2. La música de Neil Harbisson.....	82
3.6. A la recerca del color de les capitals europees.....	83
<b>4. L'arc iris d'en Neil.....</b>	<b>92</b>
<b>5. Conclusions.....</b>	<b>97</b>
<b>6. Fonts i bibliografia.....</b>	<b>99</b>
6.1. Bibliografia.....	99
6.2. Webgrafia.....	99
6.3. Altres fonts.....	102
<b>Annex.....</b>	<b>104</b>

## 0. Introducció

*"Al llarg del dia el color és la meva obsessió, la meva alegria i la meva tortura."  
Piet Mondrian*

Ens hem plantejat mai com seria la vida sense color? Podem fer-nos-en una idea retrocedint en el temps i contemplant films de principis de segle XX, on tot s'esdevé en tonalitats blanques, negres i grises. És impossible concebre la vida sense els matisos que comporten la gran varietat de tons, i com la llum els fa canviar en un instant i els fa únics i sovint indescriptibles. La captació del color ha estat l'essència de la humanitat i del seu art. Tot gira al voltant del color, des d'una obra d'art fins a una fotografia, a una imatge, a un record, a una mirada. Tot, és color.

La persona que sap com és la vida sense color és Neil Harbisson, un noi que pateix acromatòpsia, una condició visual, tal com a ell li agrada anomenar-la, que li impedeix veure en color. Tot i així, malgrat aquesta particularitat, és capaç de distingir els colors a través de sons gràcies a un recurs tecnològic que li ho permet.

Els motius que ens van impulsar a escollir precisament aquesta recerca van ser diversos. Primerament, volíem comprovar la importància dels colors en tots els àmbits de la nostra vida, ja que sovint el color és vist només com una simple característica d'un objecte i no som conscients que és alguna cosa més que això. Neil Harbisson, en canvi, sí que valora la seva existència. En segon lloc, vam sentir curiositat per conèixer el cas concret del primer *ciborg* (meitat home, meitat màquina) oficialment reconegut per un govern, el qual ha desenvolupat un sistema informàtic específic per poder arribar a percebre els colors. Finalment, un altre factor per a l'elecció del tema va ser l'atracció cap a aquest cas nou, desconegut i únic.

Tal com ja s'ha dit anteriorment, en aquesta vida tot és qüestió de color. Els colors realitzen més funcions i tenen més importància de la que ens podem arribar a imaginar. Així, un dels objectius a assolir amb la realització d'aquest treball ha estat justificar la influència dels colors en la vida. D'altra banda, també teníem curiositat per conèixer de quina manera el nostre cervell percep els colors: què és el que fa que vegem una cosa d'un color i no d'un altre? Com a tercer objectiu volíem demostrar que malgrat patir un trastorn visual és possible l'adaptació a la societat gràcies a la tecnologia.

La metodologia emprada per a la realització del treball ha implicat la consulta de diferents tipus de fonts depenent de l'apartat del treball tractat. S'han consultat fonts bibliogràfiques per obtenir informació sobre la part més teòrica del color i també per entendre correctament el complex sentit de la vista. D'altra banda, per trobar informació sobre Neil Harbisson i de tot el sistema ideat per a conviure amb la seva particularitat, l'únic recurs possible ha estat Internet, lloc on s'han trobat molts articles de premsa escrits en anglès relacionats amb ell. Internet, alhora, ens ha servit per contactar-hi. A més, han estat de gran utilitat diversos vídeos. Entre ells s'inclouen vídeos sobre els colors, sobre el sentit de la vista, entrevistes realitzades per programes televisius a Neil Harbisson o projectes realitzats per ell mateix. També ens hem servit de gravacions de ràdio que expliquen la curiositat del cas del primer *ciborg* oficialment reconegut com a tal. Ell mateix, ens va concedir una entrevista, que ha estat una de les fonts més importants. En l'entrevista, vam poder aclarir molts dubtes i veure personalment com funcionava l'*eyeborg*, és a dir, la càmera que porta dia rere dia i que li permet diferenciar els colors mitjançant notes musicals.

Com a experiència pràctica associada al treball s'ha construït una caixa musical de cordes que hem anomenat *L'arc iris d'en Neil*. La caixa consta de set cordes, a cada una de les quals correspon un color i una nota musical, la qual sorgeix fent vibrar la corda. Les set cordes representen els set colors de l'arc iris, i l'associació que Neil Harbisson fa color-nota musical.

Podem diferenciar bàsicament dues parts pel que fa a l'estructura del treball. Per una banda, trobem l'explicació sobre la teoria del color. Dins d'aquest apartat es poden diferenciar diversos aspectes. Els primers tracten sobre la llum i l'espectre electromagnètic, fenòmens essencials per entendre correctament el món del color. Un altre subapartat correspon als colors de la matèria, els quals són diferents dels colors de la llum. Aquest fet es demostra en les diverses classificacions del color, que es tracten en un altre punt. Les seves propietats, i, en últim lloc, la seva forma de percepció són altres aspectes descrits en aquesta primera part. D'altra banda, la segona part del treball, i també la més extensa, correspon als *ciborgs* i, en concret, a la història de Neil Harbisson. Dins d'aquest apartat s'explica l'acromatòpsia; la invenció, funcionament i evolució de l'*eyeborg*; la millora de la vida quotidiana d'en Neil Harbisson; i, finalment, el seu art, atenent que el protagonista de la nostra història és músic i pintor. També es comenta el projecte de recerca que està duent a terme Neil Harbisson i que consisteix en buscar els colors definidors de diferents capitals europees.

## 1. El color

*“El color en si mateix no existeix, no és una característica de l'objecte, sinó que és una apreciació subjectiva de l'observador. És una experiència sensorial que es produeix gràcies a tres factors: una emissió d'energia lluminosa, la modulació física que les superfícies dels objectes fan d'aquesta energia i la participació de la retina. El color és la qualitat de la sensació o estímul nerviós produït a la retina d'un observador que rep raigs lluminosos de longituds d'ona compresos entre 380 i 760 nanòmetres.”<sup>1</sup>*

El color és alguna cosa més que una complicada equació física que fa que aquest existeixi. És més que una simple característica d'un objecte, és més d'allò que podem percebre a simple vista, és quelcom més d'allò que escollim simplement per qüestió de gustos... Els colors parlen per si sols. Cada un té un significat concret, el qual, per mala sort, la majoria de nosaltres desconeixem. Els colors realitzen la tasca d'emissor del procés anomenat comunicació.

En la vida quotidiana els colors sempre ens estan indicant alguna cosa, ens aporten informació. Un exemple el podem trobar en els panells dels aeroports o supermercats, els quals estan codificats cromàticament per donar-nos un cop de mà a l'hora de trobar el nostre camí o allò que estem cercant. Un altre cas en què els colors ens ajuden a interpretar la informació és quan es pinten gràfics i diagrames per tal de recalcar les diferències entre els diferents aspectes que s'estan analitzant.

Els colors comuniquen amb una rapidesa que les paraules no poden igualar. O no és veritat que ràpidament associem el color negre amb la mort, o el groc amb la mala sort? Religiosament, es diu que el color és el llenguatge de l'ànima. Alguns colors ens aporten energia, d'altres ens relaxen. Existeixen colors curatius o malignes, primaris o secundaris. El color fa que ens canviï l'estat d'ànim o la sensació de benestar. Fins i tot es creu que els colors que escollim a l'hora de decorar determinats espais o embellir el nostre propi cos ens permeten intuir quin és el nostre estat d'ànim.

El color és l'eina més potent de què disposa l'artista. Utilitzat avui en dia més lliurement que en cap altra època, el color ens transmet una gran varietat de sensacions. Absolutament tots els artistes treballen amb el color, començant pels pintors, continuant pels dissenyadors de productes, i acabant pels grafistes.

---

<sup>1</sup> Fragment extret de l'article *Color i Pigments*, redactat per Pere Molera, Miguel del Valle i Ricard March, aparegut en la Revista de la Societat Catalana de Química.



Escollim colors constantment: a l'hora de vestir-nos o comprar un cotxe, quan ens tenyim els cabells, quan ens pintem la casa, quan escollim quin caramel agafar d'entre la multitud... Tot i així, freqüentment no donem importància al color. Ens pensem que tan sols és qüestió d'estètica, de quedar bé o no. Moltes vegades només som conscients del color si està relativament absent (en un dia ennuvolat, per exemple), o quan un color ens és presentat sol i destacat (en un pany de paret pintat d'un color llampant, per exemple). Però alhora som conscients de què viure en un món sense color seria molt avorrit i trist, o no és veritat?

No només els éssers humans ens sentim atrets pel color, sinó que a la natura els colors parlen. Animals i plantes utilitzen el color per captar l'atenció d'altres animals, per evitar perills, per camuflar-se o per enviar senyals sexuals. Per exemple, les flors disposen de colors vius per assegurar-se que les visitaran insectes, els quals després escamparan el seu pol·len. La seva supervivència o extinció està en mans del color.

Podem afirmar que el color és un llenguatge indiscutiblement universal. Des dels orígens dels colors, totes les cultures han anat assignant significats a cada color, ja sigui a través de tradicions, rituals màgics o cerimònies religioses. El color és un llenguatge perdut que hem de recuperar pel bé de la nostra salut i felicitat i, potser, fins i tot, per la nostra supervivència com a éssers vius que som.

El color ha estat des de sempre una de les grans obsessions de l'home: pintar, vestir en color, fer fotografies en color, veure televisió en color... Quina serà la següent cosa que aconseguirem veure en color? O és que ja no resta res que no veiem en color?

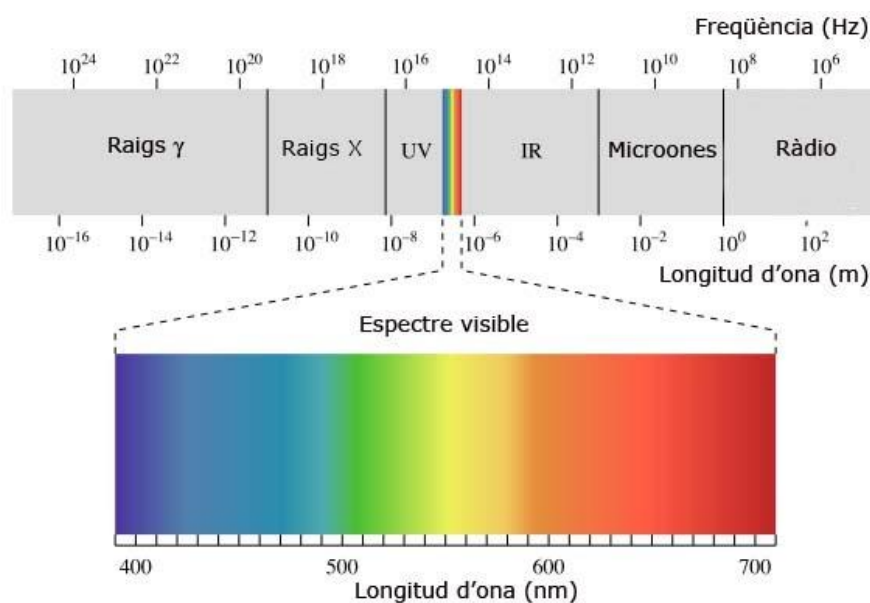
Avui dia vivim en un món en què el color ens està bombardejant constantment. El color ens envolta i és captat a través dels nostres sentits. L'observem, el captem i l'absorbim. L'impacte del color sobre nosaltres és múltiple.

Però... què és ben bé el color? Anem-ho a veure.

## 1.1. L'espectre electromagnètic

Per poder entendre correctament el fenomen del color cal, prèviament, conèixer la llum i el lloc on aquesta se situa dins l'espectre electromagnètic.

S'anomena **espectre electromagnètic** a la distribució energètica del conjunt d'ones electromagnètiques<sup>2</sup>. Aquest va des de les ones de major freqüència, com els raigs gamma o els raig X, fins a les de menor freqüència, com les ones de ràdio.



Fotografia 1. L'espectre electromagnètic.

A continuació s'expliquen els diversos tipus d'ona dels que consta l'espectre electromagnètic:

- Els **raig gamma**, que es representen a través de la lletra grega  $\gamma$ , són les radiacions electromagnètiques més energètiques de l'espectre electromagnètic. Això vol dir que tenen les longituds d'ona més curtes o, el que és el mateix, les freqüències més altes. Els raigs gamma es produeixen durant les desintegracions radioactives de nuclis atòmics o en processos molt energètics. A causa d'aquestes altes energies, aquests raigs poden penetrar en la matèria i causar d'anys importants al nucli de les cèl·lules.

<sup>2</sup> Les ones electromagnètiques són ones que es propaguen per l'espai transportant energia, i que estan formades per un component elèctric i un component magnètic. Aquests dos components oscil·len en angles rectes respecte ells i respecte la direcció de propagació. A diferència d'altres tipus d'ona, com les del so, aquestes no necessiten cap material per propagar-se, sinó que ho poden fer al buit.

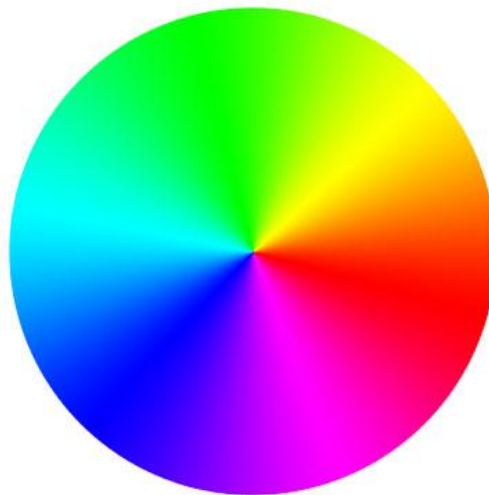
- Els **raigs X** corresponen a una radiació menys energètica que els raigs gamma però més energètica que els raigs ultraviolats. Tenen una capacitat de penetració limitada, però notable. S'utilitzen en el diagnòstic mèdic, per exemple, a través de radiografies.
- La **radiació ultraviolada (UV)** és una radiació electromagnètica amb una longitud d'ona menor a la llum visible i major a la dels raigs X. El nom significa "més enllà del violeta", ja que el violeta és el color visible amb una longitud d'ona més curta però, tot i així, l'ultraviolada encara la té més curta. La radiació UV es troba en les radiacions solars, i pot provocar reaccions químiques i la fluorescència d'algunes substàncies. Es tracta d'una radiació nociva per a la salut perquè pot produir càncers cutanis, l'envelliment prematur de la pell, cremades, etc.
- Les radiacions UV es difuminen donant lloc a la **llum visible** (o llum blanca), que el nostre ull és capaç de percebre i de transformar en sensacions visuals com les imatges o el color. La llum està constituïda per el conjunt d'ones electromagnètiques amb longituds d'ona compreses entre 400 i 700 nm<sup>3</sup>, que poden ser captades per l'ull humà i que provoquen sensacions diferents per cada longitud d'ona, cosa que provoca la sensació fisiològica del color.
- L'**infraroig (IR)** és la part de l'espectre electromagnètic que té una longitud d'ona més llarga que la llum visible però més curta que la radiació de microones. El seu nom significa "per sota el vermell" ja que el vermell és el color visible amb una menor freqüència, però l'infraroig encara la té més baixa. Tot i que no podem percebre aquesta radiació en forma de llum la captem com a calor gràcies a unes terminacions nervioses de la pell anomenades termoreceptors.
- Les fronteres de les **radiacions microones** amb els infraroigs i les ones de ràdio d'alta freqüència són força arbitràries i s'utilitzen valors diferents segons les aplicacions. Generalment, s'indica que la longitud d'ona de les anomenades microones està entre 1m i 1mm. Les microones produeixen rotacions de les molècules.

---

<sup>3</sup> Un nanòmetre (símbol nm) és la unitat de longitud del Sistema Internacional d'Unitats que s'utilitza per mesurar les longituds d'ona de la llum, de la radiació ultraviolada i de l'infraroig, entre d'altres. Equival a 10<sup>-9</sup> metres.

- Finalment, trobem les **ones de ràdio**, que es divideixen en curtes, mitjanes i llargues. Aquestes ones tenen una energia molt baixa, degut a les grans longituds d'ona i a les baixes freqüències.

L'**espectre visible** és la regió de l'espectre electromagnètic que l'ull humà és capaç de percebre. S'anomena llum visible, o simplement llum, a la radiació electromagnètica que es troba dins d'aquest rang de longituds d'ona. Gràcies a la sensació de color, l'ull pot distingir les diferents parts de l'espectre visible.

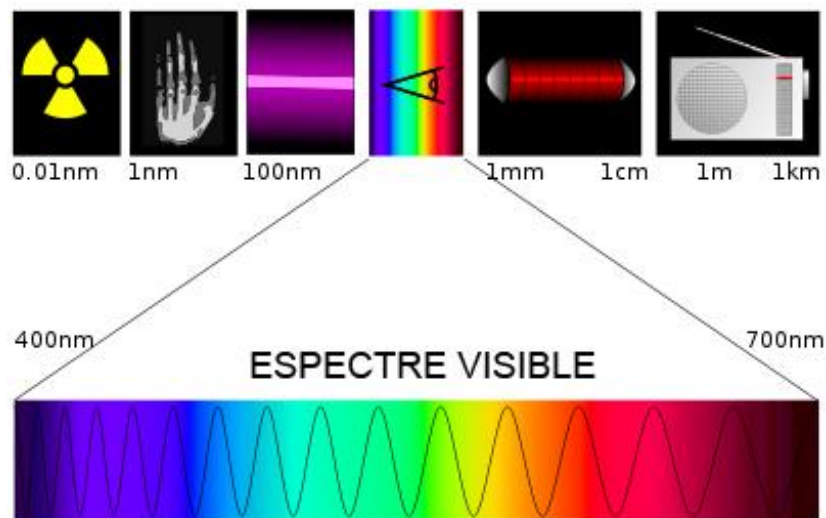


Fotografia 2. Colors visibles per l'ull humà distribuïts en un cercle cromàtic

Tot i que l'espectre visible no té uns límits exactes, està generalment acceptat que la vista humana pot arribar a percebre ones des de 400 fins a 700 nm. Aquests extrems corresponen respectivament als colors violeta i vermell.

Els humans podem veure aproximadament un 40% de tots els colors que es troben a la llum solar. Aquests són el vermell, el taronja, el groc, el verd, el blau, l'anil i el violeta. Per tant, la major part de l'espectre electromagnètic és invisible per a l'ull humà.

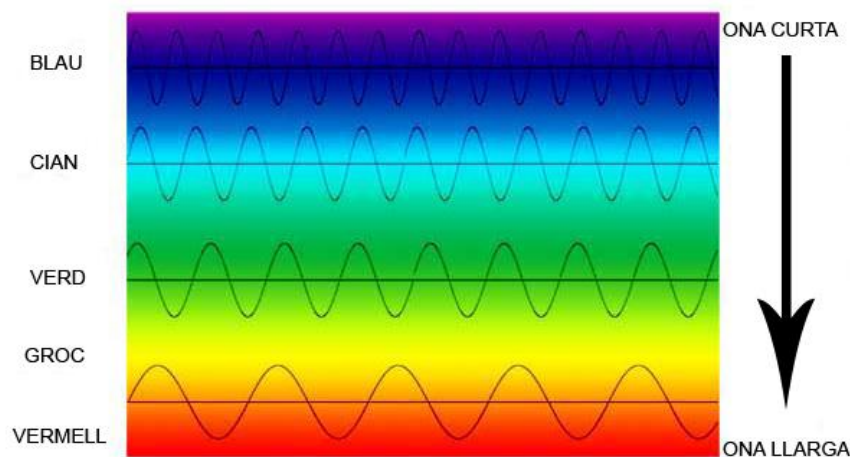
L'ultraviolat (UV) i l'infraroig (IR) sovint són considerats llum tot i no ser visibles per l'ull humà. Aquestes ones, però, sí que poden ser captades per la vista de moltes espècies. Per exemple, alguns insectes, com les abelles, tenen la capacitat de percebre la radiació ultraviolada, cosa que els hi és molt útil per trobar el nèctar de les flors. Per aquesta raó, les plantes tenen més o menys èxit en funció del seu aspecte sota la llum ultraviolada en comptes de l'aparença que presenten als nostres ulls.



Fotografia 3. L'espectre visible

Les ones lluminoses són les ones electromagnètiques que tenen una freqüència que està dins del rang de la llum visible.

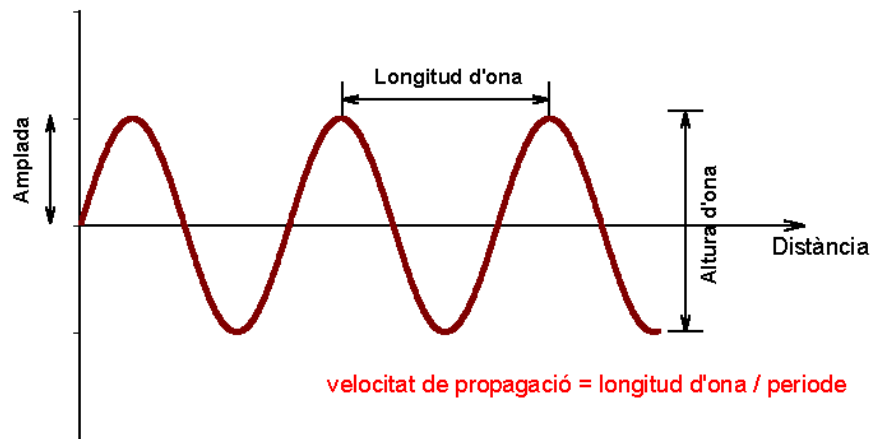
Cada color té la seva **longitud d'ona** i la seva **velocitat de vibració** pròpia. Aquesta característica es pot observar clarament en la següent imatge.



Fotografia 4. Colors amb les seves respectives ones.

El vermell, per exemple, és el color que té la major longitud d'ona però també la vibració més lenta, és a dir, la freqüència més baixa. A mesura que es va apropant al blau, la longitud d'ona s'escurça i la vibració és més ràpida. El color amb la vibració més ràpida és el violeta.

La diversitat de colors suposa petites diferències pel que fa a les longituds d'ona. La longitud d'una ona és la distància entre les crestes d'una ona d'energia, és a dir, la distància entre el principi i el final d'una ona completa (cicle). Com més curta sigui la longitud d'ona, major serà la seva energia.

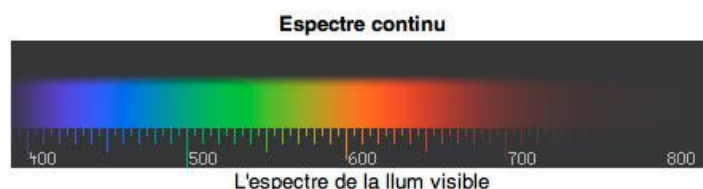


Fotografia 5. Representació gràfica d'una ona

El color vermell, per exemple, és el nom que s'atribueix a totes aquelles ones compreses entre 625 i 740 nm, encara que dins d'aquesta gamma es puguin distingir diferents matisos d'aquest color (carmesí, escarlata, carmí...).

El vermell és el color que té la longitud d'ona més llarga i la vibració més lenta, i el violeta el que té la longitud més curta i la vibració més ràpida.

Color	Interval de longitud d'ona	Interval de freqüència
violat	~ 380 a 430 nm	~ 790 a 700 THz
blau	~ 430 a 500 nm	~ 700 a 600 THz
cian	~ 500 a 520 nm	~ 600 a 580 THz
verd	~ 520 a 565 nm	~ 580 a 530 THz
groc	~ 565 a 590 nm	~ 530 a 510 THz
taronja	~ 590 a 625 nm	~ 510 a 480 THz
vermell	~ 625 a 740 nm	~ 480 a 405 THz



Fotografia 6. Colors de l'espectre visible amb les respectives longituds i freqüències

La freqüència d'ona té una relació inversa amb el concepte de longitud d'ona; a major freqüència, menor longitud, i viceversa. La freqüència és igual a la velocitat d'ona dividida per la longitud.

L'espectre serveix de base per la comprensió de la física del color. A partir d'aquest s'ha desenvolupat un sistema per classificar els colors artístics, conegut com a cercle cromàtic, el qual tractarem més endavant.

## 1.2. La naturalesa de la llum

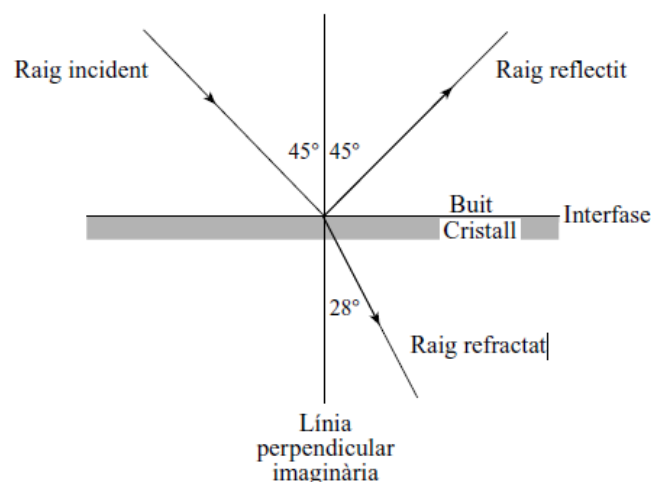
Al llarg del temps, hi ha hagut nombroses teories sobre la forma en què es presenta la llum i sobre què és el color.

La primera teoria fou la d'Aristòtil<sup>4</sup>, que creia que la llum era el principi activador del color. Més tard, el pensament medieval va definir la llum com el vehicle del color.

El físic i matemàtic britànic Isaac Newton (1642-1727) va afirmar que un raig de llum no era res més que “un xorro de petites partícules”. Més tard, l'astrònom, matemàtic i físic holandès Christiaan Huyghens (1629-1695) va dir que la llum estava formada per ones i, a més, va formular una teoria ondulatoria que explicava els fenòmens de la reflexió i refracció.

El fenomen de la reflexió es produeix quan una ona lluminosa topa amb un objecte al llarg del seu recorregut, i la radiació es desvia amb un angle de reflexió igual a l'angle d'incidència de l'ona.

En canvi, la refracció és el procés pel qual, quan una ona incideix sobre la superfície de separació entre dos medis, una part de la seva energia es transmet al segon medi canviant la seva direcció de propagació.



Fotografia 7. Els fenòmens de la reflexió i refracció

---

4 Filòsof grec (384-322 aC) considerat un dels grans pensadors de la humanitat.



Ja al segle XIX, el físic escocès James Clerk Maxwell (1831-1879) va demostrar que les ones de llum estaven formades per oscil·lacions elèctriques i magnètiques, sorgint així, les anomenades ones electromagnètiques. Aquesta teoria ondulatoria és vigent encara en l'actualitat. La teoria diu que la freqüència de les vibracions de les ones determina el color de la llum, i que s'incrementa progressivament des de l'extrem vermell fins a l'extrem blau de l'espectre visible.

Però el gran físic Albert Einstein (1879-1955) va anar encara més enllà i va afirmar que la llum no estava formada només per ones, sinó que també estava composta per petites partícules d'energia. Cada partícula d'aquestes, que ell anomenà *quanta*, contindria una quantitat d'energia proporcional a la freqüència. Avui en dia, aquestes partícules reben el nom de  *fotons* . Einstein va idear aquesta teoria l'any 1905, la qual més tard guanyà el premi Nobel. La seva idea era que la llum era alhora una ona i “un xorro de partícules”. Aquesta doble naturalesa és completament acceptada en l'actualitat i es coneix com “dualitat ona-corpúscle”.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Corpúscle: partícula subatòmica.

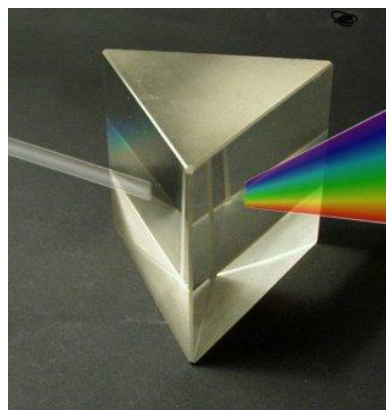
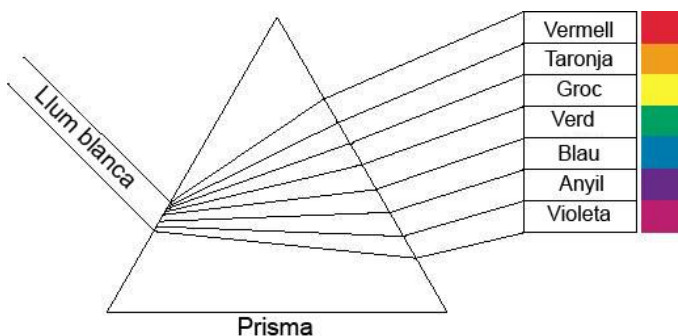
### 1.3. De la llum als colors

El Sol és la nostra principal font de llum. Aquest, entre d'altres, emet la llum blanca o llum visible, dins la qual estan incloses vàries radiacions monocromàtiques, cada una de les quals correspon a una freqüència específica que l'ull humà percep com a color.

Al segle XVII, Isaac Newton va realitzar una sèrie d'experiments i va demostrar, entre altres coses, que la llum solar conté tots els colors de l'arc iris. L'experiment va consistir en deixar entrar un raig de llum entre les cortines d'una finestra d'una habitació fosca, i fer-lo passar per un prisma de vidre que hi havia situat dins l'habitació.

El físic i matemàtic va observar que, un cop el raig de llum havia travessat el prisma, aquest es desviava o *refractava* tot desintegrant-se en els seus colors constituents, és a dir, en les diferents radiacions monocromàtiques que constitueixen l'espectre de llum visible.

Newton va identificar en la desintegració set colors bàsics: vermell, taronja, groc, verd, blau, anyil i violeta. Aquest feix de colors està ordenat en el mateix ordre que els colors de l'arc iris.



Fotografia 8. Experiment de Newton que demostra que la llum blanca està formada pels set colors de l'arc iris

La seva explicació d'aquest fet va ser que la causa de la descomposició es trobava en la diferent desviació que durant la refracció produïa cada longitud d'ona de cada color.

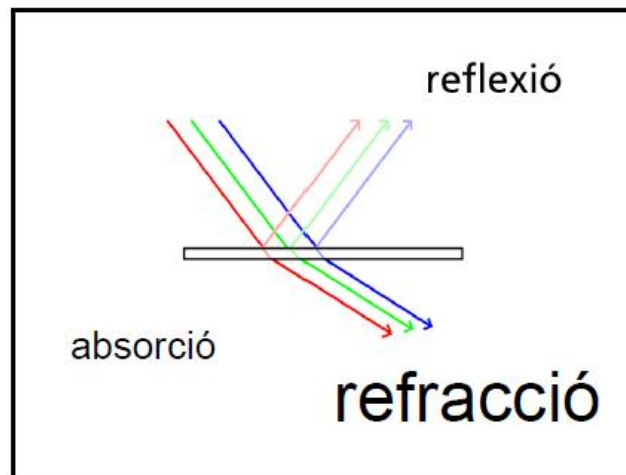
Els feixos de colors aïllats no es poden descompondre de nou, però sí que tots els colors de l'espectre es transformen de nou en llum blanca al convergir tots sobre un altre prisma de vidre. El color és, doncs, la percepció d'unes determinades ones electromagnètiques que arriben a la retina de l'ull.

#### 1.4. Els colors de la matèria

Un raig de llum es propaga en línia recta per l'aire o en el buit a una velocitat de 300.000 km/s. Aquest raig de llum, o ona electromagnètica, es va topant amb els objectes que troba al llarg del seu recorregut.

Segons la composició molecular de la matèria, aquesta reacciona a la llum de formes diferents: si un cos deixa travessar completament la llum i la transmet sense atenuar-la, s'anomena **transparent**. Per contra, si absorbeix algunes radiacions i en rebutja unes altres, rep el nom d'**opac**.

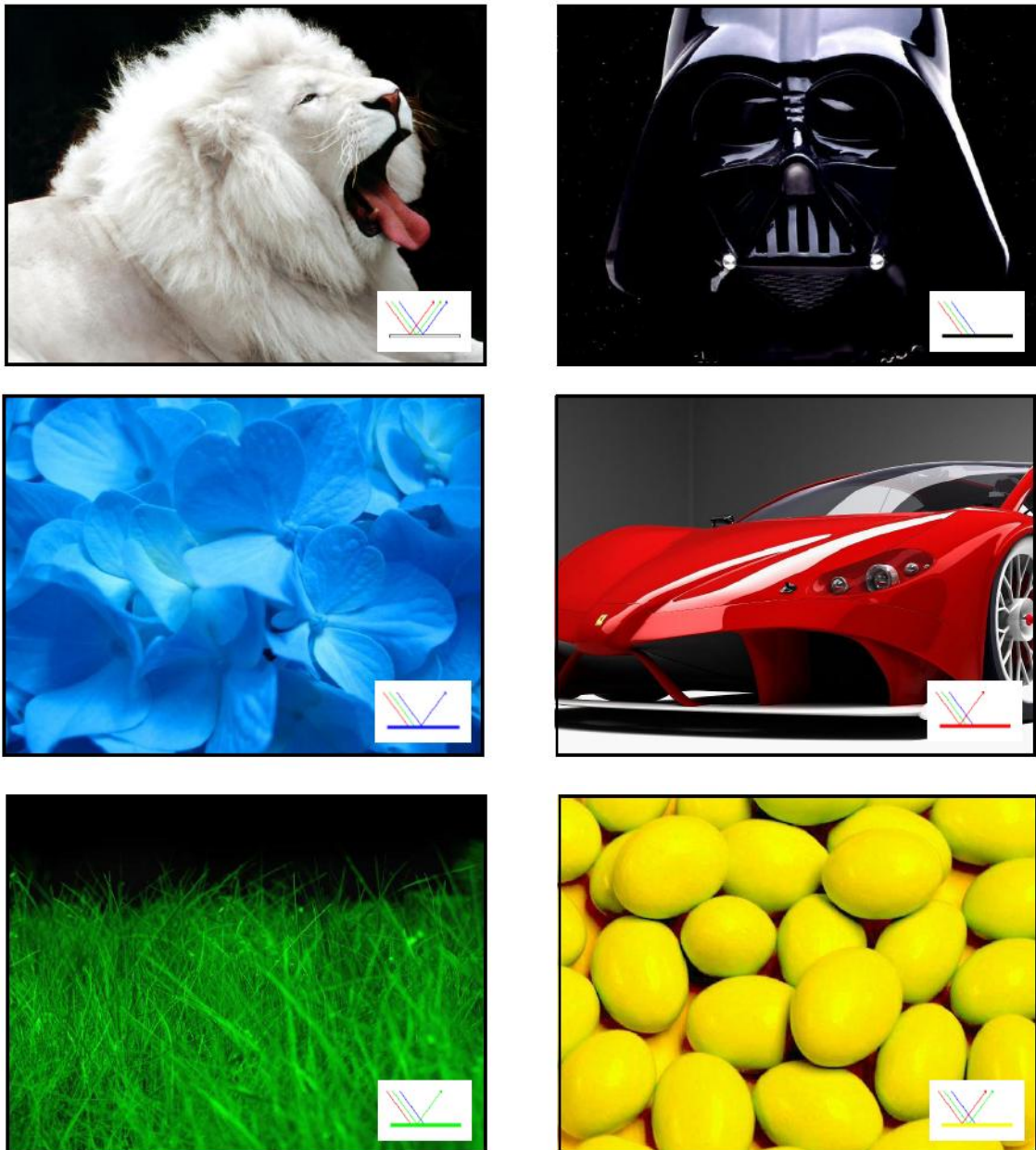
Tota superfície de color resta, per **absorció**, algunes radiacions a la llum i transmet per **reflexió** totes les altres, en funció de la seva estructura molecular.



Fotografia 9. Ones de llum visible reflectides, absorbides i refractades

La visió de l'ull no capta la radiació absorbida, però sí que percep les radiacions reflectides. Són aquestes les que creen la sensació de color, és a dir, són allò que percebem com el color d'un objecte.

Un cos negre absorbeix totes les ones de la llum i no en reflexa cap. En canvi, un cos blanc no n'absorbeix cap i les reflexa totes. El mateix passa amb tots els altres colors. Per exemple, un objecte blau absorbeix totes les radiacions visibles excepte les blaves.



Fotografia 10. Demostració del fet que les ones reflectides són les que captem com a color

Sembla una contradicció, però un objecte que tenim clar que és d'un color determinat és de tots els colors menys d'aquell, i en reflectir-lo, és el que nosaltres percebem.

La naturalesa no té uns colors propis de per sí, sinó que els colors depenen de la llum que els il·lumina i dels processos físics i químics que la llum genera a la superfície i a l'interior dels objectes il·luminats. El color del cossos depèn de les radiacions de llum absorbides per la seva estructura molecular i les longituds d'ona que el cos reflexa.

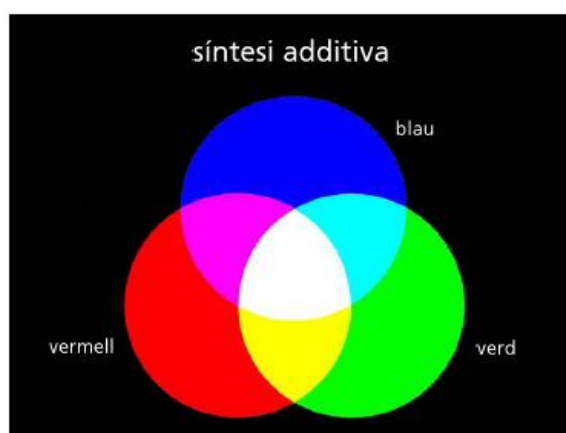
La propietat cromàtica associada a la longitud d'ona es coneix com a color, i es percep a través del sentit de la vista.

## 1.5. Classificació del color

### 1.5.1. Colors primaris, secundaris i terciaris

Els colors primaris són aquells que no es poden obtenir a partir de combinacions d'altres.

Els **colors primaris de la llum** són el vermell, el verd i el violeta blavós. Barrejant aquests en proporcions iguals s'obté llum blanca. És el procés anomenat síntesi additiva.



Fotografia 11. Síntesi additiva dels colors

Un dels usos de la síntesi additiva del color és la cromoteràpia, és a dir, la utilització de l'energia de la llum a diferents freqüències (colors) com a element curatiu, antidepressiu, estimulant, regenerador i que manté en nivells estables l'equilibri i l'harmonia.

El **model de color RGB** està basat en la síntesi additiva de la llum. L'abreviació RGB correspon a les inicials de *Red, Green and Blue*, que en anglès signifiquen respectivament Vermell, Verd i Blau. Aquest model de color es refereix als tres components de llum que emeten dispositius com ara televisions o monitors d'ordinador per crear un color determinat.

A l'hora de definir un color en el model RGB s'especifiquen els seus components vermell, verd i blau. Si tots els seus components estan absents el resultat és un negre pur. Per contra, si tots els components estan presents al 100% (a cada component li correspon un percentatge) s'obté un blanc pur. Si un component és present totalment i els altres dos estan absents, s'obté el color pur respectiu.

Per exemple, si es vol obtenir un groc pur cal emetre tant el verd com el vermell al 100% i el blau al 0%; i si es vol obtenir un to de gris cal barrejar els tres components a la mateixa intensitat.

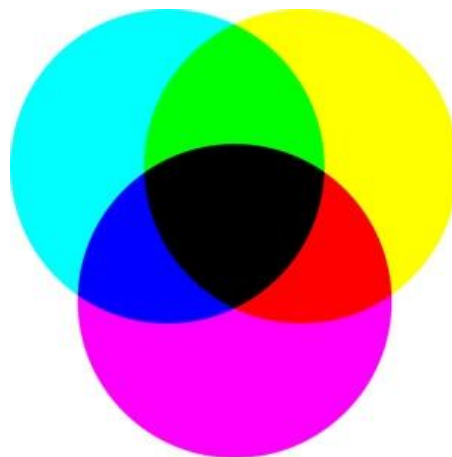
En vídeo, la imatge es divideix en punts de color (verd, blau o vermell) dins les 625 línies de resolució que té la pantalla. Si ens acostem molt a la televisió o a la pantalla de l'ordinador, podrem arribar a veure aquests petits punts.

Amb la superposició dels colors primaris obtenim els **colors secundaris**. Les possibles combinacions són les següents:

- VERMELL + VERD = GROC
- VERD + VIOLETA BLAVÓS = CIAN
- VIOLETA BLAVÓS + VERMELL = MAGENTA

Per obtenir objectes colorejats s'utilitzen els pigments. Aquestes substàncies colorejades poden ser naturals (terres i pigments d'origen animal o vegetal) o artificials (tintes i pintures obtingudes per la química de síntesi). Aquestes substàncies estan formades per molècules capaces de reaccionar a la llum absorbint de manera selectiva determinades radiacions.

Els **colors primaris dels pigments**, que són diferents als colors primaris de la llum, són el magenta, el groc i el cian. Aquests corresponen amb els colors secundaris de la llum i si es barregen en la mateixa proporció donen lloc al negre, ja que junts absorbeixen tota la llum que reben. És el que s'anomena síntesi substractiva.

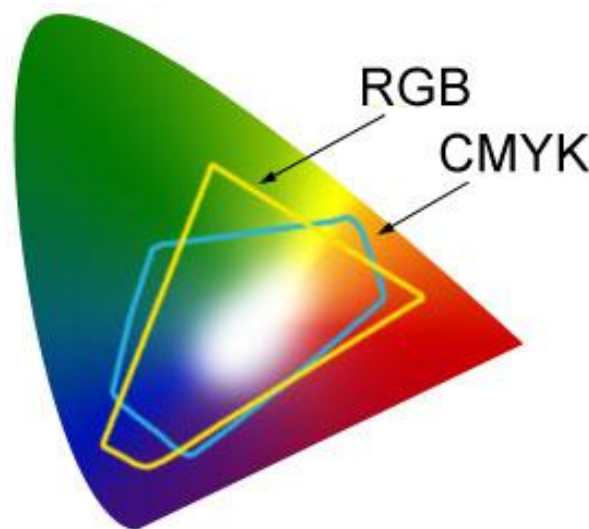


Fotografia 12. Síntesi substractiva dels colors

El **model de color CMYK (smike)** es basa en la síntesi substractiva del color. *CMYK* és l'acrònim anglès de *Cyan, Magenta, Yellow and Key (Black)*, que en català correspon als colors Cian, Magenta, Groc i Negre respectivament. Aquest model de color es basa en tintes; un color s'aconsegueix a través de la quantitat de tinta necessària a un punt per a ser percebut com a aquell color.

Els colors CMYK es fan servir en impressores mentre que els RGB s'utilitzen en pantalles. Moltes vegades volem convertir colors RGB en CMYK, cosa que no és del tot possible ja que els colors de les imatges impreses s'allunyen força dels colors que percebem en pantalla. D'altra banda, hi ha colors com els metàl·lics o fluorescents que no són imprimibles en CMYK, sinó que s'han d'imprimir apart, a través d'un altre model de color.

Les imatges que cal imprimir es separen en quatre colors (CMYK) i en trames de grisos (semitons) que, sobreposats, esdevenen la imatge en color. La part reproduïble tant en paper (CMYK) com en pantalla (RGB) és molt petita comparada amb la que els nostres ulls poden captar. Aproximadament, la nostra vista és capaç de diferenciar 10.000 colors (les dones més).



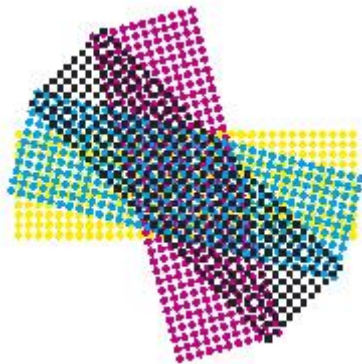
Fotografia 13. Colors que poden ser reproduïts a través dels models RGB i CMYK.



Fotografia 14. Fotografia en semitons.

A les revistes i televisors podem veure els colors gràcies al fet que estan simulats.

En impremta, la imatge se simula a través de la roseta, que són uns punts de diferent mida però a la mateixa distància dels quatre colors CMYK. Si mirem qualsevol impressió en color amb una lupa podrem veure aquesta roseta. D'aquesta manera, totes les imatges que veiem reproduïdes no són fotografies, sinó que són simulacions matemàtiques que enganyen als nostres ulls.



Fotografia 15. Roseta resultant de la suma de punts de diferent mida dels quatre colors CMYK.



Fotografia 16. Impressió resultant de la suma dels quatre colors CMYK.



Aquest model de color sovint rep el nom d'*smike*. Aquest acrònim inicialment només s'utilitzava en el món de la impremta, però amb l'aparició d'ordinadors, escàners, càmeres digitals, etc., s'ha generalitzat un ús més ampli.

Obtenir tots els colors a través de la mescla dels tres colors primaris pigments només resulta possible utilitzant tintes d'impressió o fotografia en color, i aquests mètodes encara poden no ser del tot exactes. En la pintura, per exemple, no és possible aconseguir tots els colors a partir dels tres primaris bàsics.

Per això, algunes teories afegeixen el verd a la llista de colors primaris de pintura. D'aquesta manera, es poden realitzar més mescles i, així, obtenir més colors. L'any 1905, el codificador de colors Albert Munsell va proposar cinc colors pigments primaris: verd, blau, violeta, vermell i groc, els quals van rebre el nom de *matisos principals*.

En conclusió, el concepte de que existeixen tres colors primaris és més correcte aplicar-lo a les barreges de llum, és a dir, a la síntesi additiva, que no pas a les barreges de pigments, és a dir, a la síntesi subtractiva.

De la unió de dos colors primaris pigments s'obtenen els **colors secundaris dels pigments**. Aquests es formen a partir de les següents combinacions:

- MAGENTA + GROC = TARONJA
- GROC + CIAN = VERD
- CIAN + MAGENTA = VIOLETA

Els **colors terciaris** sorgeixen de la barreja d'un color primari amb un secundari. Per posar un exemple, si es mescla el color primari vermell amb el secundari taronja sorgeix el color terciari escarlata. Hi ha sis colors terciaris: rosa salmó, ambre, llima, turquesa, blau mitjà i violat.

A l'afegir blanc a qualsevol d'aquests colors s'obté un to o matis més clar, i amb el negre un matis més fosc.

### 1.5.2. Colors complementaris

Cada color, a més, té el seu **complementari**, el qual es troba situat a la roda cromàtica oposat diagonalment del seu primari.

El **VERMELL** atrau al **VERD**

El **BLAU** atrau al **TARONJA**

El **GROC** atrau al **VIOLETA**



Fotografia 17. Colors complementaris a la roda de colors

El color complementari destaca al seu oposat i entre ambdós colors es crea el màxim contrast possible. Si es barreja un color amb el seu complementari s'obté un color gris neutre.

L'artista pot fer servir dos colors complementaris per aconseguir un efecte agradable, ja que quan aquests es juxtaposen, un realça visualment a l'altre. Per exemple, un vermell amb un verd farà que aquest sembli més intens. Per contra, si l'artista vol apagar la brillantor d'un color, cal que hi afegeixi una mica del seu color complementari. D'aquesta manera, sorgirà un color amb un lleuger matís grisós.

Així com dos imants positius i negatius s'atrauen, igual passa amb els colors complementaris. Per comprovar aquest fenomen només cal observar cada color per separat i, a continuació, desplaçar la vista a un full blanc, en el qual veurem durant uns segons la imatge del seu color complementari.

### 1.5.3. Colors freds i càlids

Els colors també es caracteritzen per tenir **temperatura**. Diem que són càlids o freds referint-nos al valor emocional que el color transmet, que es tradueix en una reacció subjectiva que produeix una sensació de temperatura.

Els **colors càlids** són aquells que presenten les longituds d'ona més llargues en l'espectre electromagnètic. Es troben dins la franja de vermells, taronges i grocs, i es relacionen amb un ambient càlid i viu. Aquests colors són molt lluminosos i es relacionen amb el sol, la calor, el foc i l'alegria.

Els **colors** anomenats **freds** són els que tenen les longituds d'ona més curtes. Són colors de la gamma de verds, blaus i violetes. Produeixen a l'espectador una sensació de fred i es relacionen amb la tranquil·litat, la nit, l'aigua i la frescor.

Els colors càlids tenen la qualitat d'expandir la llum i semblen avançar cap a l'espectador. Per aquesta raó, s'anomenen també *colors sortints*. En canvi, els colors freds absorbeixen la llum i donen una sensació de llunyania. Per això, s'anomenen també *colors entrants*. La valoració de la temperatura d'un color ajuda a l'artista a crear les sensacions d'espai i profunditat en les seves obres.

També es poden observar variacions més fredes i càlides en un sol to. Quan la lluminositat d'un color es torna més lleugera sembla més fred.

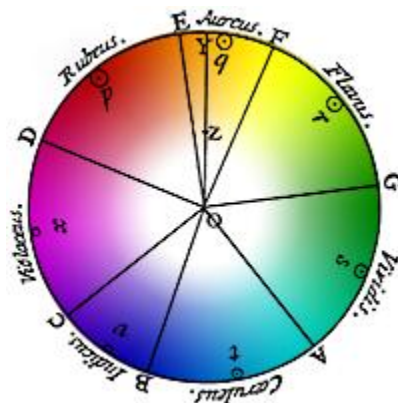


Fotografia 18. Divisió de la roda cromàtica segons la temperatura dels colors

## 1.6. El cercle cromàtic

Tot i que els colors vermell i violeta són completament diferents pel què fa a la seva longitud d'ona, visualment són molt similars en els seus extrems més remots i és possible barrejar-los per aconseguir tons porpres que no són possibles de veure en l'espectre electromagnètic.

Per aquesta raó, Newton va proposar que la banda recta dels matisos de l'espectre fos doblada fins aconseguir un model circular que uniria els dos extrems anomenat cercle cromàtic. El centre seria blanc, resultat de la combinació de tots els colors tal com Newton havia demostrat fent convergir a través d'un segon prisma tots els colors de l'espectre en un sol raig de llum blanca.



Fotografia 19. Cercle cromàtic ideat per Isaac Newton

En el cercle cromàtic de Newton els colors es tornen més intensos o saturats com més allunyats es trobin del centre. Cada punt del cercle representa un color. A la circumferència del cercle es disposen els colors espectrals, del vermell al violeta. Els colors de l'interior són colors que no es troben en l'espectre, sinó que s'obtenen barrejant els colors espectrals. En el seu cercle, el físic també va indicar els límits aproximats dels set colors bàsics en relació amb les proporcions d'aquests colors en l'espectre.

El cercle cromàtic es pot definir com l'espectre visible plasmat a un cercle que reflexa l'ordre natural dels colors.

Aquest diagrama circular ajuda a entendre la síntesi subtractiva del color i constitueix una base teòrica per a la utilització del color. En les arts, serveix de referència per la terminologia i el llenguatge del color ja que mostra com interactuen i es relacionen els colors entre ells. D'aquesta manera, s'utilitza com a eina bàsica per explicar la teoria del color.

El cercle cromàtic parteix d'un triangle equilàter que té als seus vèrtex els tres colors bàsics (groc, magenta i cian). Entre cada dos d'ells se situa el corresponent color secundari (taronja, verd i violeta), obtenint, així, un ordre de sis colors disposats en forma de corona circular. Col·locant entre cada dos colors l'intermedi corresponent podrem obtenir cercles de 12,24,78... colors.



Fotografia 20. Cercle cromàtic bàsic



Fotografia 22. Cercle cromàtic de 12 colors



Fotografia 21. Cercle cromàtic de 24 colors

### 1.7. Propietats del color: to, saturació i lluminositat

Cada color té unes propietats inherents que el fan variar d'aspecte i que defineixen la seva aparença final.

El **to o matis** és la qualitat que identifiquem com el nom d'un color (groc, vermell, blau..) i correspon a la longitud d'ona concreta d'aquell color. És l'estat pur d'un color, sense blanc ni negre barrejats; és l'estímul que permet diferenciar un color d'un altre.

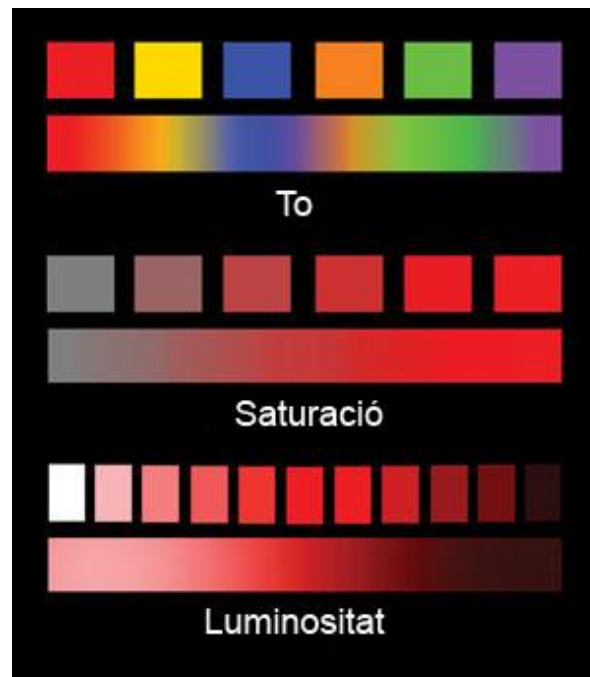
S'anomena **saturació o intensitat** al grau de vivesa i puresa d'un color. Un color clar o grisós és considerat de saturació baixa, mentre que un color pur tindrà una elevada saturació. Els colors arriben a la seva saturació màxima quan es troben en l'estat més pur i brillant. A mesura que es fan més neutres, disminueix el grau de saturació. Com més es satura un color, més dona la sensació que l'objecte s'està movent.

La saturació també es pot definir com la quantitat de gris que conté un color. Com més gris o més neutre, menys brillant o saturat és un color. De la mateixa manera, qualsevol canvi realitzat a un color pur baixa la seva saturació. La saturació d'un color es diu que és més baixa quan s'hi afegeix el seu complementari, ja que, tal com hem explicat abans, quan dos colors complementaris es barregen donen lloc al gris.

El **valor o lluminositat** és el grau de claredat o d'obscuritat d'un color, que en les barreges de pigments es modifica afegint blanc o negre. Quan es mesclen pigments del mateix valor, el color resultant és més fosc que clar ja que absorbeix més longituds d'ona. En la percepció d'un color, la lluminositat ve determinada per dues variables:

Lluminositat acromàtica. Quantitat de llum blanca que reflexa, determinada pel tipus de gris, clar o fosc, que conté i la quantitat en què s'hi troba.

Lluminositat cromàtica. Sensació de claror que donen alguns colors bàsics, com ara el blau que sembla molt fosc, o el groc, que sembla extremadament clar.



Fotografia 23. Les propietats del color: to, saturació i lluminositat.

L'anomenat *arbre cromàtic* d'Albert Munsell, artista americà, és un dels models de color més influents i clars. Munsell va voler crear "una manera racional de descriure el color". El sistema Munsell, creat al 1898, representa les gradacions de valor o lluminositat al llarg d'un eix vertical, indica les variacions de to al llarg del perímetre i les diferències de saturació es mesuren cap a fora com a intervals horitzontals a partir de l'eix vertical.



Fotografia 24. Arbre cromàtic d'Albert Munsell

Qualsevol color que es trobi al llarg de l'eix vertical rep el nom de *color neutre*. Els colors pròxims a aquest eix i, per tant, de saturació baixa, habitualment també són anomenats *neutres*. Els colors que s'estenen horitzontalment cap a fora a partir de l'eix reben el nom de *matisos cromàtics*.

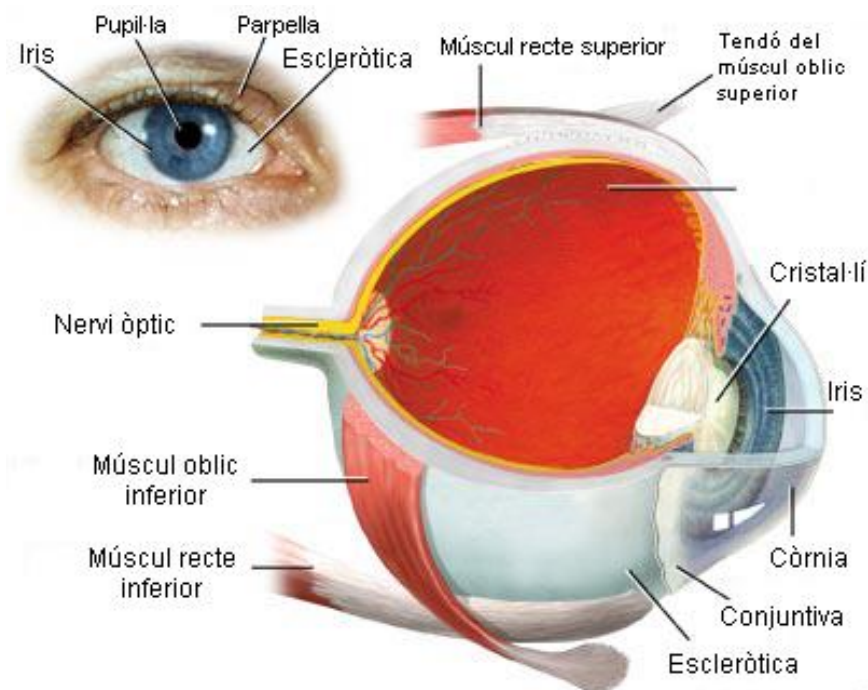
## 1.8. Percepció del color

Els éssers humans disposem de cinc sentits per poder captar els estímuls del món exterior: la vista, l'oïda, el tacte, l'olfacte i el gust. La **vista** és un dels sentits més importants, ja que sense ella la vida és molt més dura i difícil. La vista és l'encarregada de detectar la llum i interpretar-la. És pròpia dels animals, els quals disposen d'un sistema específic dedicat a ella, el **sistema visual**. Tot i que la llum penetra al cos principalment a través dels ulls, també absorbim llum a través de la pell i l'aire que respirem. Difícil de creure, oi?

La llum s'endinsa dins del nostre cos a través dels òrgans de la visió: els **ulls**.



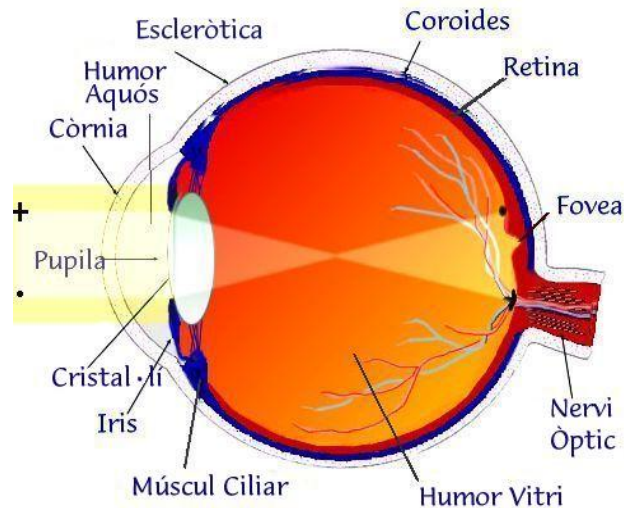
Fotografia 25. Ull humà



Fotografia 26. Parts de l'ull externes i internes



El procés de visió comença quan la llum entra en contacte amb el **líquid lacrimal**, que protegeix l'ull d'infeccions i l'hidrata. Després la llum arriba a la **còrnia**, la membrana anterior externa de l'ull, i l'**humor aquós**, una dissolució aquosa de sal que separa la còrnia del cristal·lí. L' **escleròtica** és la membrana blanca i dura que protegeix l'ull excepte a la còrnia, que és per on entra la llum.



Fotografia 27. Anatomia interna del globus ocular.

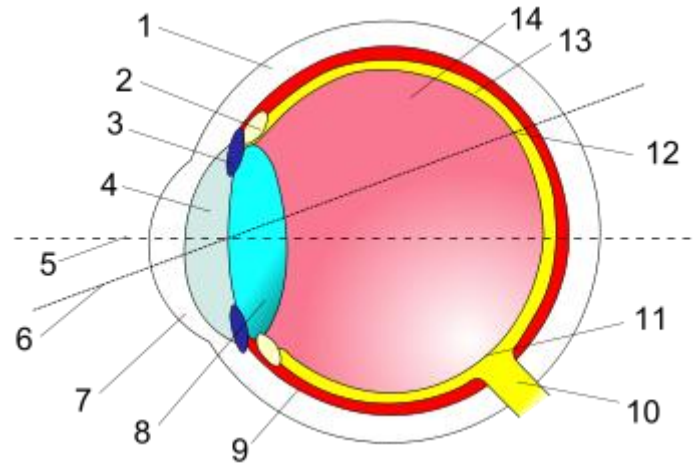
Els raigs de llum penetren a l'ull a través d'un petit forat format per l'iris anomenat **pupila**. L'**iris**, en contraure's o expandir-se, limita la llum que hi entra. Així, en condicions de poca lluminositat es pot dilatar fins a 8 mm per tal de que pugui entrar la màxima quantitat de llum possible; i en condicions d'il·luminació intensa es pot contraure fins a 2 mm. L'iris pot ésser de diversos colors: negre, blau, verd, gris, marró, color mel, etc.

Passada la pupila, els raigs arriben al **cristal·lí**, una lent convergent<sup>6</sup> transparent que concentra la llum que li arriba, inverteix la imatge i corba (refracta) els raigs de llum fins enfocar-los tots en un punt de la **retina**, una capa de cèl·lules situada a la part posterior de l'ull que transforma la senyal lluminosa en senyal nerviosa.

El cristal·lí està subjectat al globus ocular pels **músculs ciliars**, els quals, segons la pressió que exerceixen, fan que el cristal·lí es bombi més o menys fent variar, així, la seva distància focal. Això permet enfocar correctament les imatges depenent de la lluminositat o distància de l'objecte.

<sup>6</sup> Lent més gruixuda pel centre que per les vores. S'anomena convergent perquè tendeix a unir els raigs de llum que la travessen.

Si comparem l'estructura de l'ull amb la d'una càmera podríem identificar el cristal·lí com l'objectiu de la càmera, el qual enfoca les imatges. La retina seria la pantalla on es aquestes es projecten, i l'iris actuaria de diafragma.



Fotografia 28. Parts de l'ull. 1: Escleròtica, 2: Múscul ciliar, 3: Iris, 4: Pupila i humor aquós, 5: Eix visual, 6: Línea de mira, 7: còrnia, 8: Cristal·lí, 9: Coroides, 10: Nervi òptic, 11: Disc òptic, 12: Fòvea, 13: Retina, 14: Humor vitri.

Quan la llum ja ha travessat la còrnia i el cristal·lí, passa per l'**humor vitri**, una solució aquosa transparent que omple tot l'espai interior del globus ocular. Després la llum impactarà a la retina.

La **coroides**, una membrana que recobreix la part interior del globus ocular excepte la zona de la còrnia, es troba entre l'escleròtica i la retina. La retina és una extensió del cervell que processa informació abans de transportar-la al centre visual del cervell a través del nervi òptic.

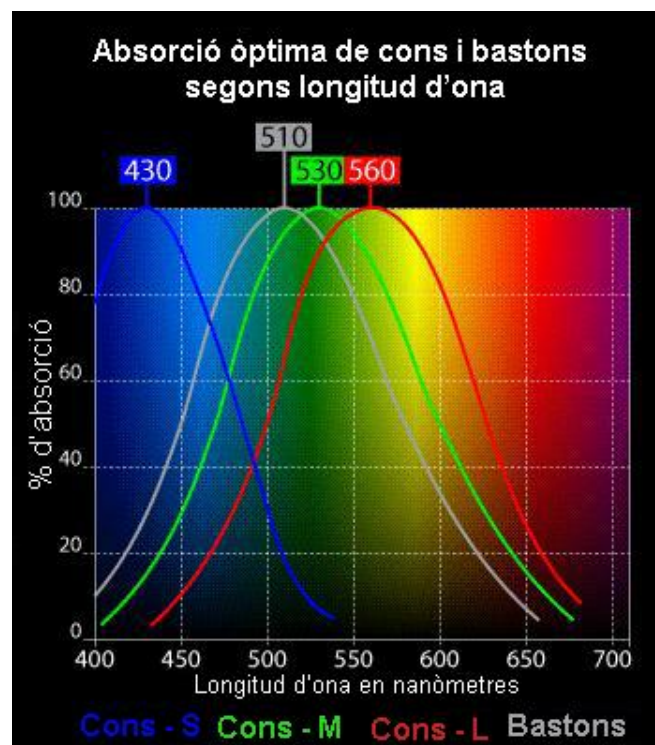
Una vegada la llum ja ha arribat a la retina estimula les cèl·lules d'aquesta, les quals contenen pigments sensibles a certes longituds d'ona o freqüències de la llum. A la retina hi trobem dos tipus de **cèl·lules fotosensibles**: els bastons i els cons, les quals reben aquests noms degut a la seva forma.

Els **bastons** són molt sensibles i registren la lluminositat, és a dir, ens permeten veure-hi quan la llum és tènue però no capten tots els colors, sinó que tan sols perceben tons de gris, el blanc i el negre. És l'anomenada **visió escotòpica**: percepció visual que es produeix en nivells molt baixos d'il·luminació i que es caracteritza per una agudeses visual baixa i una visió monocromàtica.

Hi ha uns cent milions de bastons a la retina, de forma allargada i cilíndrica. No tots els bastons són iguals; uns funcionen sempre en condicions de foscor, d'altres només s'activen quan detecten moviment (alguns en detectar moviment vertical i d'altres en detectar moviment horitzontal), i d'altres tan sols capten els contorns dels objectes. També són els encarregats de controlar la grandària de la pupil·la segons les condicions de llum, juntament amb l'iris.

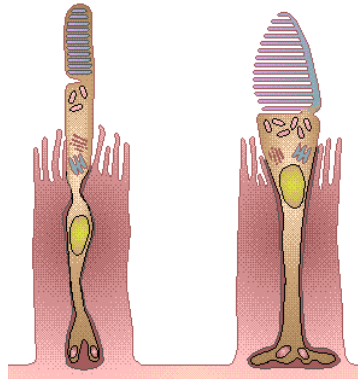
Els **cons** són menys abundants (se'n troben uns sis milions), tenen forma cònica, i són els responsables de la **visió fotòpica**, és a dir, la visió que té lloc en bones condicions de llum i que es caracteritza per una major agudesa visual i la percepció dels colors.

Existeixen tres tipus de cons. Cada classe de con conté un pigment fotosensible diferent. Els tres pigments tenen la seva capacitat màxima d'absorció cap als 430, 530, i 560 nanòmetres d'ona respectivament. Per això, se'ls anomena cons blaus, cons verds i cons vermells. Aquesta terminologia no és deguda a la seva pigmentació, sinó al color de la llum al qual tenen la sensibilitat òptima. Els cons també reben el nom de cons curts, cons mitjans i cons llargs degut a la longitud d'ona a la qual són sensibles.



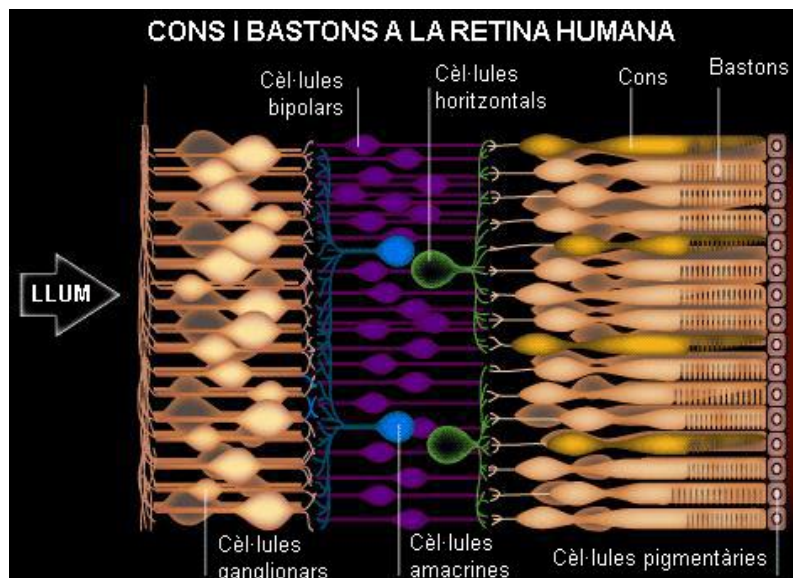
Fotografia 29. Absorció òptima de cons i bastons segons longitud d'ona

Els cons transmetran al cervell les sensacions de color. Requereixen alts nivells d'il·luminació per activar-se en comparació amb els bastons i, per això, en la visió nocturna només actuen els bastons.



Fotografia 30. Una cèl·lula bastó i una cèl·lula con

Abans que la llum arribi als bastons i als cons ha de passar per unes altres capes de cèl·lules nervioses, les cèl·lules bipolars i ganglionars. Només un 20% de la llum que es troba a la retina és captada per els bastons i els cons. La resta no es percep.



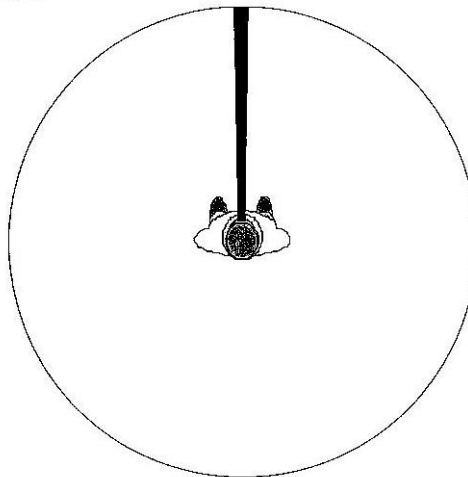
Fotografia 31. Capes de cèl·lules de la retina

L'ull humà només pot percebre les longituds d'ona quan hi ha una il·luminació abundant. Quan disposem de poca llum veiem en blanc i negre. El color blanc és la superposició de tots els colors, mentre que el negre es tracta de l'absència de color.

Al centre de la part posterior de l'ull hi ha una zona d'aproximadament un mil·límetre de diàmetre que només conté cons i que està envoltada de bastons. És l'anomenada **fòvea**. Aquesta realitza la definició més precisa del color. Quan observem amb exactitud una imatge per tal de percebre els seus detalls desplaçem els nostres ulls automàticament fins que allò que vulguem veure es centri a la fòvea.

La imatge projectada sobre la retina està invertida respecte a la realitat (recordem que el cristal·lí ha estat qui l'ha invertit anteriorment). L'encarregat de corregir aquest problema serà el **cervell**, el qual tornarà a invertir la imatge.

Els nostres ulls veuen els colors amb molta més precisió quan es troben en un camp molt estret de la visió, concretament a la vora d'uns dos graus directament davant dels nostres ulls dels 360° del camp de visió que ens envolta.



Fotografia 32. Camp de visió òptim cromàtic de dos graus entre els 360°

Quan la llum arriba als cons i als bastons descomposa el pigment d'aquests, cosa que genera un estímul nerviós que viatja a través del **nervi òptic** fins a la zona visual de la part posterior del cervell, l'escorça visual. En menys de 150 microsegons, el cervell ja haurà analitzat aquesta informació.

Les cèl·lules fotosensibles envien els seus missatges electroquímics al nervi òptic a través de sinapsis (enllaços) en una complexa xarxa de fibres del nervi òptic. Els impulsos nerviosos de l'ull dret es desplacen fins l'hemisferi esquerre cerebral, mentre que els impulsos nerviosos de l'ull esquerre viatgen fins l'hemisferi dret. Així, els estímuls nerviosos es creuen en un punt del cervell, el qual rep el nom de **quiasma òptic**. Aquest serà el lloc on es formarà una sola imatge. L'òrgan del cervell serà l'encarregat de donar un nom a aquesta sensació: color.

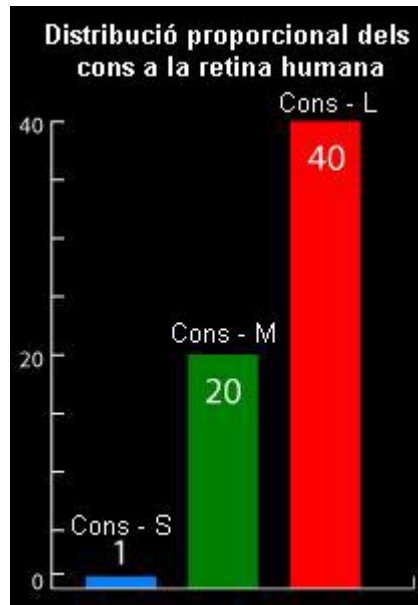
Cal precisar que no pas tota la llum és analitzada pel nostre cervell, sinó que la llum ultraviolada d'alta freqüència és absorbida per la còrnia, i el cristal·lí filtra els colors blaus i violetes.

Després de molt temps d'estudi de la anatomia i la fisiologia de la visió en color, els científics encara no saben amb certesa com actuen els cons, però sí els bastons.

S'ha demostrat que els bastons estan formats per uns discs d'un pigment sensible a la llum anomenat *púrpura visual* o *rodopsina*. Quan la llum arriba a aquest pigment el torna més pàl·lid. En la foscor, els bastons contenen grans quantitats de *rodopsina*, cosa que ens permet veure formes en condicions de molt poca llum disponible. Els bastons poden actuar en uns nivells lluminosos unes mil vegades més dèbils que el sistema visual basat en cons. Quan l'ull es troba en condicions de baixa lluminositat la *rodopsina* s'acumula als bastons. Com més *rodopsina* s'acumuli als bastons, més sensibilitat tindrà l'ull. Aquesta acumulació de proteïnes es produeix amb molta rapidesa durant els primers 20-30 minuts i s'anirà acumulant fins passades unes dues hores.

Els cons també contenen uns pigments sensibles a la llum anomenats *yodopsinas*. La naturalesa i funcions d'aquestes substàncies encara estan per descobrir. La teoria més acceptada en l'actualitat s'anomena **teoria tricromàtica**. Aquesta va ser exposada per primer cop l'any 1801 pel físic anglès Thomas Young i desenvolupada a mitjans del segle XIX pel físic alemany Hermann von Helmholtz. La teoria diu que existeixen tres tipus generals de pigments de cons: un per captar les longituds d'ona llargues (vermell), un altre per les mitjanes (verd) i un tercer per les curtes (blau-violeta). Es creu que aquests pigments es combinen per formar totes les sensacions cromàtiques, igual que s'obtenen barreges additives a partir de llums de colors.

El groc, per exemple, és una sensació que sorgeix quan s'activen els pigments dels cons sensibles al vermell i al verd. Aquests dos tipus de cons abunden a la retina. En canvi, els cons sensibles al blau hi són relativament escassos.



Fotografia 33. Distribució proporcional dels cons a la retina humana

El punt en què el nervi òptic s'uneix a l'ull existeix una zona en la que no es perceben les imatges. És l'anomenat *punt cec*. El cervell completa aquesta mancança basant-se en la informació que rep dels seus voltants. Aquest fenomen és molt fàcil de comprovar amb la imatge que apareix a continuació.



Fotografia 34. Imatge que permet comprovar l'existència del punt cec

Si es tapa l'ull esquerra i es fixa la vista al punt situat a l'esquerra de la imatge amb l'ull dret (o, el que és el mateix, si es tapa l'ull dret i es fixa la vista a la creu amb l'ull esquerre) i ens anem acostant i allunyant del full mantenint la mirada sobre aquest punt, veurem que a una certa distància la creu de la dreta desapareix. En aquest punt l'ull no rep informació, però el cervell la supleix en aquest cas creant una taca blanca que dissimula la carència. Quan mirem amb els dos ulls el cervell supleix la carència d'informació de cada ull amb el que veu l'altre.

Els òrgans de la vista necessiten una gran quantitat d'oxigen per funcionar correctament, el qual els hi arriba mitjançant la sang i també a través de la còrnia.

Però no tots els estímuls lluminosos fan referència a la vista, és a dir, no tots viatgen fins arribar a l'escorça visual del cervell. Alguns estímuls viatgen a través de l'hipotàlem (glàndula del sistema nerviós central) fins a la hipòfisi o fins a l'epífisi (glàndules situades a la base del crani). Gràcies a l'estímul de la llum sobre aquestes glàndules, moltes funcions corporals són més vitals, i els diferents colors exerceixen efectes específics en el cervell i en el sistema nerviós. Els diferents tons de color també influeixen en el nostre sistema energètic.

Fins aquí hem explicat la percepció visual del color. Anem a veure ara altres formes de captar-lo, ja que algunes persones perceben els colors a través de sentits diferents dels de la visió. No és gens infreqüent, per exemple, que els cecs distingeixin els colors a través del tacte.

La llum també penetra dins el cos a través de la pell. Tots, alguna vegada o altre, hem notat la sensació de calor que produeixen els raigs de llum infraroja quan ens hem exposat al sol durant un temps excessiu, o que els colors de la roba poden fer que certes peces siguin més còmodes o menys.

Algunes persones han desenvolupat unes facultats especials per detectar l'energia dels colors a través del tacte de la pell. Així, alguns cecs distingeixen els colors només passant les puntes dels dits per sobre objectes. Només es necessiten unes poques setmanes per adquirir aquesta tècnica, i les persones dotades de visió també poden fer-ho. Com el cas de la bicicleta, aquesta habilitat mai s'oblida.

Altres persones capten colors quan senten sons. Les associacions entre colors i sons, notes o instruments musicals són molt corrents. És un cas de sinestèsia, és a dir, la combinació de dues formes de percepció. Un sinestèsic, per exemple, pot arribar a descriure el color, la forma i l'olor de la veu d'una altra persona.



## 2. Els *ciborgs*

*"A cyborg is essentially a man-machine system in which the control mechanisms of the human portion are modified externally by drugs or regulatory devices so that the being can live in an environment different from the normal one."*<sup>7</sup>

El mot ***ciborg*** prové de l'acrònim anglès *cyborg*, el qual sorgeix a partir de la unió de les paraules ***cyber*** i ***organism***, que signifiquen cibernètic i organisme, respectivament. Així, segons aquesta definició general, un *ciborg* seria un organisme cibernètic.

En altres paraules, un *ciborg* és qualsevol organisme o ésser que tingui un sistema natural i un altre d'artificial. Si entrem més en detall, podríem definir *ciborg* com un ésser compost per matèria orgànica i dispositius mecànics, els quals, la majoria de les vegades, es fan servir amb la intenció de millorar les capacitats de la part orgànica mitjançant l'ús de la tecnologia.

Es considera que la primera vegada que es va fer servir el terme *ciborg* va ser l'any 1960, en un article dels científics Manfred E. Clynes<sup>8</sup> i Nathan S. Kline<sup>9</sup>, per tal de referir-se a un ésser humà que havien capacitat per sobreviure al món exterior. Un fragment de l'article deia així:

*"For the exogenously extended organizational complex functioning as an integrated homeostatic system unconsciously, we propose the term '**Cyborg**'. Manfred E. Clynes and Nathan S. Kline."*<sup>10</sup>

Els dos científics volien mostrar la necessitat d'una relació més íntima entre els humans i la tecnologia en un moment clau: la *carrera espacial*<sup>11</sup>.

<sup>7</sup> Fragment d'un article del diari *The New York Times* de l'any 1960 que diu així: "Un *ciborg* és essencialment un sistema màquina-home en el qual els mecanismes de control de la porció humana són modificats externament a través de fàrmacs o aparells reguladors de manera que l'ésser pugui viure en un ambient diferent del normal".

<sup>8</sup> Científic, inventor i músic nascut al 14 d'agost de 1925; conegut pels seus descobriments i innovacions en la interpretació de la música, i per les seves contribucions en l'estudi de la neuropsicologia i els sistemes biològics.

<sup>9</sup> Científic de diversos talents i interessos, nascut al 1916 i mort al 1982. És conegut, sobretot, pel seu treball en drogues psicofarmacèutiques.

<sup>10</sup> Fragment de l'article *Cyborgs and space* del llibre *Astronautics*, escrit per Clynes i Kline al 1960. La traducció del paràgraf en català equivaldria a: "per al complex organitzatiu estès de manera exògena que funciona com un sistema integrat inconscientment, proposem el terme *cyborg*".

<sup>11</sup> Competició entre Estats Units i la Unió Soviètica entre, aproximadament, 1957 i 1975, durant la Guerra Freda. Hi havia una competència entre ells per explorar l'espai exterior amb satèl·lits artificials, enviar éssers humans a l'espai i fer arribar el primer home a la Lluna.

Tot i així, ja cinc mesos abans, al diari *The New York Times*, hi havia aparegut la paraula *ciborg*. El primer paràgraf d'aquest apartat correspon a un fragment d'aquest article.

El mot sovint també s'aplica a persones, amb la finalitat de designar aquelles que accepten un aparell electrònic com una part més del seu organisme o com una extensió dels seus sentits. Aquestes persones, a través de la tecnologia, superen una seva mancança o malaltia, i, com a resultat, poden portar una vida normal.

Aquesta connexió entre la humanitat i la tecnologia ja ens ha començat a convertir en *ciborgs*. La frontera entre qui és *ciborg* i qui no ho és molt prima. Per posar un exemple, es podria considerar que una persona amb un marcapassos implantat és un *ciborg*, ja que sense aquest component mecànic no podria sobreviure. Hi ha qui considera *ciborgs* també a les persones que porten lentilles o auxiliars auditius, però això ja és un cas més extrem.

Cal tenir present la diferència entre *ciborg*, robot i androide, ja que sovint es confonen aquests termes. El *ciborg* és una entitat diferent a la dels seus precursors. Quan parlem de **robot** ens referim a un dispositiu mecànic que pot tenir qualsevol forma en funció del seu ús, i que desenvolupa tasques automàticament. Això ho pot dur a terme, o bé a través d'un programa informàtic, amb supervisió humana, o bé seguint unes normes generals, utilitzant tècniques d'intel·ligència artificial. Normalment aquestes tasques substitueixen, imiten o faciliten el treball humà. En un robot, a diferència d'un *ciborg*, no hi existeix matèria orgànica. Per altra banda, un **androide** és un robot amb trets antropomòrfics, és a dir, un robot que imita l'aparença humana. Un *ciborg*, en el fons, encara és "un de nosaltres". En canvi, un androide és una màquina humanitzada, un ésser idèntic a nosaltres en aspecte però diferent internament, que independentment de les seves intencions, el seu principal objectiu és enganyar-nos amb la seva aparença.

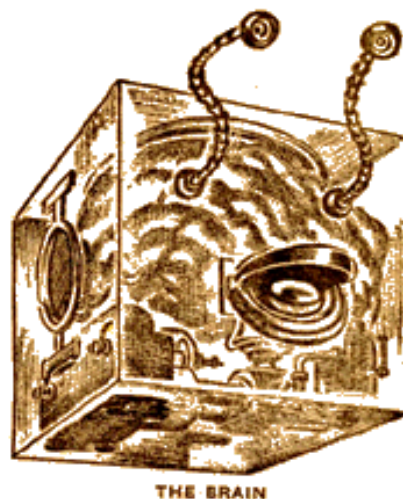
## 2.1. Els *ciborgs* a la literatura

Ja abans de la Segona Guerra Mundial es va començar a introduir el concepte de “meitat home, meitat màquina” en el món de la literatura.

L'any 1839, el conegut autor americà Edgar Allan Poe va crear per la seva breu sàtira *The man that was used up* un personatge masculí al qual se li havien implantat unes pròtesis que li permetien arribar a llocs relativament llunyans que no arribaria sense elles.

Al 1908, l'autor francès Jean de la Hire va descriure el personatge *Nyctalope* a la novel·la *L'Homme qui peut vivre dans l'eau*. Aquest personatge, que va ser anomenat el primer súper heroi, va ser també un dels primers ciborgs literaris.

Edmond Hamilton, un autor nord-americà conegut per les seves històries i novel·les de ciència ficció a mitjans del segle XX, va crear uns exploradors de l'espai que eren meitat home i meitat màquina. Aquests van ser els protagonistes de la novel·la *The Comet Doom*, l'any 1928. Posteriorment, l'autor va donar vida al cervell d'un vell científic anomenat *Simon Wright*, el qual flotava dins una maleta transparent. Aquest cervell apareixia en totes les aventures del seu famós heroi, el *Captain Future*.



Fotografia 35. El cervell vivent *Simon Wright*.

Setze anys més tard, al 1944, *Catherine Lucille Moore*, una de les primeres autores en el gènere de la ciència ficció, va escriure la història *No woman born*, en la qual el cervell de la ballarina *Deirdre* va ser trasplantat a un àgil i magnífic cos mecànic, després d'haver-se cremat el seu propi cos.

Uns anys més tard, al 2001, l'editorial *Doubleday* va publicar un llibre titulat *Cyborg: Digital destiny and human possibility in the age of the wearable computer*. Moltes idees d'aquest llibre es van fer servir com a font d'inspiració per la pel·lícula *Cyberman*.

## 2.2. Els *ciborgs* a la ficció

Durant els últims anys, la ciència-ficció ha utilitzat *ciborgs* com a personatges de moltes pel·lícules, sèries, tires còmiques, etc. Aquests *ciborgs* irreals poden ser representats de dues maneres.

Alguns ciborgs a simple vista semblen robots, ja que tenen l'aparença d'autèntiques màquines. Un exemple d'aquest cas és el *Cybermen* del programa de televisió anglès *Doctor Who*.



Fotografia 36. El ciborg *Cybermen* té una aparença robòtica.

En altres casos, alguns ciborgs de la ciència ficció poden costar de distingir d'éssers humans normals ja que s'hi assemblen molt. Els personatges *Human Cylons* de la sèrie *Battlestar Galactica* en són un exemple.



Fotografia 37. Els ciborgs *Human Cylons* tenen aparença humana.

La sèrie televisiva *The Six Million Dollar Man*, emesa a Estats Units entre 1974 i 1978, i basada en la novel·la *Cyborg* de Martin Caidin, va donar a conèixer un dels ciborgs de ficció més famosos. El personatge es deia Steve Austin i treballava per la OSI (Office of Scientific Intelligence, Office of Scientific Investigation, o també anomenada Office of Strategic Intelligence).



Fotografia 38. El ciborg Steve Austin.

Els *ciborgs* irrealment també acostumen a tenir poders, ja siguin mentals o físics, per tal de superar els éssers humans corrents, els de “carn i ossos”.

L'autor de ciència ficció americana Bruce Sterling va proposar l'idea d'un *ciborg* alternatiu anomenat *Lobster* (que en català vol dir llagosta). Aquest organisme funcionaria al revés d'un *ciborg* ordinal: no tindria implants interns sintètics, com la resta de *ciborgs*, sinó que estaria recobert d'una armadura o esquelet metàl·lic. A diferència de la resta de *ciborgs*, els quals semblen humans externament mentre que de dins tenen parts sintètiques, el *Lobster* internament seria completament humà però externament no.

Al videojoc *Deux Ex: Invisible War*, d'origen rus, hi apareixen *ciborgs* anomenats *Omar*, que és la traducció russa de *Lobster*.

El film més recent pel què fa el món dels ciborgs és la pel·lícula coreana *I'm a cyborg, but that's OK*, traduïda com *Sóc un ciborg*, de l'any 2006. La seva protagonista, la jove *Young-Goon*, està completament convençuda que és un *ciborg*, i només s'alimenta de piles i bateries elèctriques. Com a conseqüència, és ingressada a un hospital psiquiàtric, on coneixerà altres estranys individus.

### 2.3. Generació *ciborg*: els *ciborgs* a la vida real

En els últims anys ha augmentat considerablement el nombre de persones que s'implanten dispositius mecànics al seu cos per tal de superar una mancança o malaltia; millorar i augmentar les seves capacitats després de patir un accident; o bé tan sols per investigar. Al segle XXI arriben els *humans millorats tecnològicament*. Posarem exemples de diversos tipus de *ciborgs*:

#### 2.3.1. Kevin Warwick: l'home biònic

Molts científics a la vida real han seguit l'exemple del Dr. Jeckyll<sup>12</sup> i s'han utilitzat a sí mateixos com a subjectes dels seus propis experiments. Sotmetre's a terribles dosis de radiació per comprovar alguna teoria, o perforar-se el crani per tal d'augmentar el volum de sang que irriga el cervell, han estat alguns dels experiments. Aquells que n'han sortit il·lesos, o gairebé, han contribuït a enriquir el nostre coneixement del cos humà.

Kevin Warwick, professor de cibernètica<sup>13</sup> de la universitat de Reading, a Anglaterra, ha estat un d'aquests científics que s'han utilitzat a sí mateixos com a "conillet d'índies". El 24 d'agost de 1998, Warwick va dur a terme la primera fase del **Projecte Ciborg**. El professor es va instal·lar, entre el múscul i la pell del braç esquerre, i dins d'una càpsula de vidre, un transmissor RFID (Radio Frequency Identification, en català identificació per radiofreqüència). Aquest *xip* era detectat, mitjançant ones de ràdio, per unes antenes situades dins del departament de cibernètica de la universitat. A l'entrar, el *xip* el saludava amb un *hello* (hola en anglès), encenia les llums del laboratori i es convertia en un control remot de portes, llums, calefactors i altres dispositius. Warwick va fer servir aquest dispositiu també per a la seva casa domòtica.

El *xip*, que mesura 25 mm, és considerat un implant biònic. La biònica és l'aplicació de mètodes i sistemes naturals a l'estudi i al disseny de sistemes d'enginyeria i tecnologia moderna. La paraula està formada per les paraules biologia, de la qual es pren la part **bio-**, i electrònica, de la que se'n fa servir la part **-ònica**.

<sup>12</sup> Personatge de la novel·la *El extraño caso del Dr. Jekyll y Mr. Hyde*, escrita per Robert Louise Stevenson i publicada per primera vegada en anglès l'any 1886.

<sup>13</sup> Ciència interdisciplinària que tracta els sistemes de control i comunicació.

Aquest experiment va demostrar que els implants biònics podran ser, d'aquí un temps i quan es redueixin de mida, accessoris útils a la vida quotidiana i que, sobretot, podran facilitar la vida de molts minusvàlids. L'experiment també va posar en evidència que l'home forma part d'un *megaciborg*, el qual estaria format per un conjunt d'homes, ordinadors, edificis i màquines diverses connectades i coordinades entre elles.

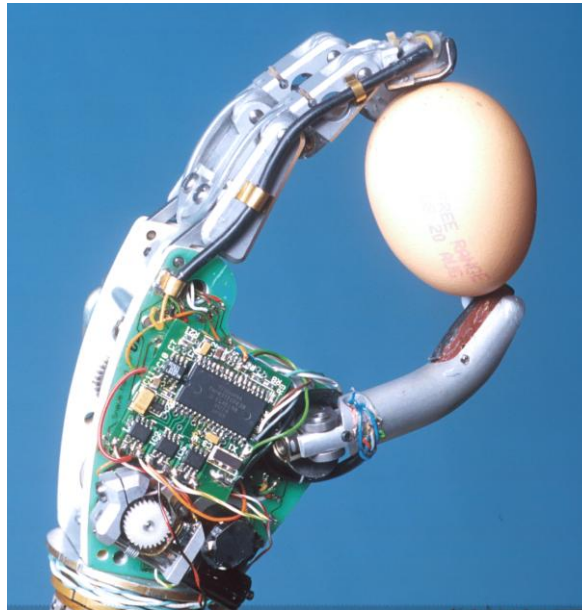


Fotografia 39. El dispositiu que Warwick es va instal·lar al braç durant el seu primer experiment del *Projecte Ciborg*.

A la segona fase del *Projecte Ciborg*, que va començar el dia 14 de març de 2002, Warwick es va implantar un dispositiu més complex dissenyat i construït, especialment per a l'ocasió, pel Dr. Mark Gasson i el seu equip de la universitat de Reading. El dispositiu estava format per 100 elèctrodes i va ser implantat al seu sistema nerviós central. També es va instal·lar un segon dispositiu al braç, el qual podia llegir els impulsos nerviosos que fluïen entre la mà i el cervell. Aquesta informació, sense ser modificada, es transmetia a una computadora perquè aquesta la registrés. Després, la computadora tornava a reproduir les senyals recopilades per ser enviades de nou al dispositiu implantat. D'aquesta manera, es podia veure si el sistema nerviós pot ser "enganyat" amb estímuls externs o estímuls "artificials" de moviment. Si es pogués manipular el sistema nerviós, potser es podrien reparar els sentits danyats dels cecs o dels sords, i també es podrien controlar pròtesis artificials amb una precisió enorme.



Aquest segon autoexperiment va ser un èxit. La senyal produïda va ser tan detallada que un braç robot, construït pel Dr Peter Kyberd, va poder reproduir exactament els moviments del braç de Warwick. També a través del dispositiu, el sistema nerviós de Warwick es va connectar a Internet a la Universitat de Columbia, a Nova York. Des de allà, el professor va poder controlar un braç robot de la Universitat de Reading, a Anglaterra.



Fotografia 40. El braç robot situat a Anglaterra que Warwick va fer moure des de Nova York.

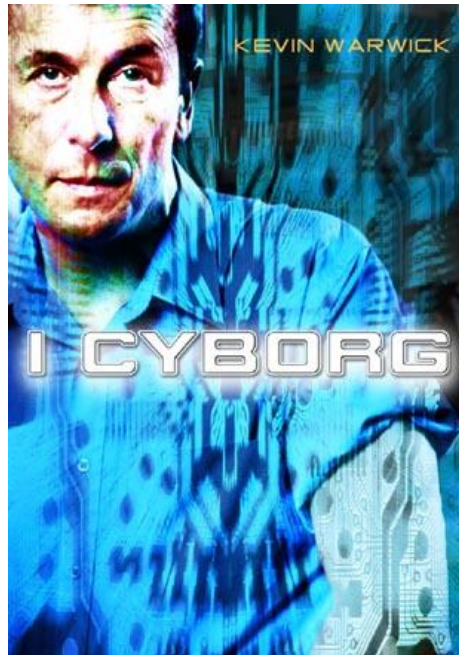
Posteriorment, Warwick va instal·lar un implant a la seva esposa Irena per tal de transmetre sensacions entre ells via Internet a mils de quilòmetres de distància. L'experiment, igual que els anteriors, va ser un èxit.

Alguns científics s'atreveixen a dir que d'aquí uns anys es perdrà l'ús del llenguatge o parla humana, i que en el seu lloc es transmetran emocions i idees entre persones (i potser altres espècies) de manera directa a través de dispositius que portarem sota la nostra pell. Difícil de creure, oi?

El dia 29 de desembre de 2008, al diari la Vanguardia, apareixia una entrevista a Kevin Warwick.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Veure annex 1.



Fotografia 41. El ciborg Kevin Warwick.

### 2.3.2. L' *eyeborg*: l'ull-càmera

El documentalista canadenc Rob Spence ha aprofitat un accident que va patir de petit per convertir-se en un *ciborg* i poder gravar un reportatge per al seu programa de televisió.

En l'accident, Spence va perdre l'ull dret jugant amb una pistola del seu avi i, com a conseqüència, se li va incorporar una pròtesis ocular. Ara, ha aprofitat aquesta pròtesis per instal·lar-hi una diminuta càmera digital amagada amb la qual vol gravar tot allò que els seus ulls veuen durant un cert temps.

L'objectiu del documentalista va més enllà de les avantatges que proporciona un dispositiu electrònic al seu propi cos. L' *eyeborg*, que així és com s'anomena la pròtesis ocular que incorpora la minúscula càmera digital, té l'objectiu d'enregistrar la intimitat de la gent, en un projecte que ha de servir per fer reflexionar sobre l'augment desmesurat de les càmeres de vigilància en les grans ciutats i la falta d'intimitat. La intenció del documental *Projecte Ciborg* és conscienciar al públic sobre la vigilància que estem patint dia rere dia a través de les càmeres de seguretat. D'aquesta manera, Spence ha convertit la seva discapacitat en una eina per denunciar la vigilància que estem patint a la societat.

El cineasta, en una roda de premsa, va destacar que “a Toronto hi ha més de 12.000 càmeres de vigilància als carrers”. El que més li estranya a Spence és que “a la gent no li preocupen les càmeres de vigilància, estan més preocupats per mi i per la meua càmera secreta, pensen que és una invasió molt pitjor a la seva privacitat”.<sup>15</sup> També va assegurar que la seva idea no és la de crear un *reality show* televisiu, i que prometia apagar la càmera en els moments no necessaris per fer el documental. “No vull entrar a cap vestuari amb la càmera. Tampoc vull mostrar al món com vaig al lavabo... No retransmeto la meua vida ni ho pretenc fer”.<sup>16</sup>



Fotografia 42. L' "eyeborg" de Rob Spence.

### 2.3.3. El dit-USB

Aquest és un altre cas d'un home que va perdre una part del seu cos en un accident i que ha aprofitat aquesta mala sort per afegir una mica de tecnologia al seu cos. Igual que Rob Spence, Jalava vol millorar les seves prestacions orgàniques mitjançant la tecnologia artificial.

<sup>15</sup> El "ojo biónico" es una realidad: se lo implantó un cineasta para poder filmar. <<http://www.clarin.com/diario/2009/05/24/sociedad/s-01925036.htm>>

<sup>16</sup> Un cineasta tuerto se implanta una cámara en su ojo de cristal para gravar el documental "Proyecto eyeborg". <<http://www.diariodirecto.com/cultura/2009/03/07/cineasta-implanta-camara-en-ojo-612865626811.html>>

El programador finlandès Jerry Jalava, el maig de l'any 2008 i anant en moto, va xocar contra un cérvol. Arran de l'impacte, va caure a terra i va lliscar per l'asfalt gairebé 60 metres amb la mà esquerra atrapada sota la moto. "Quan la moto es va aturar, em vaig aixecar i em vaig treure el casc i els guants. Vaig començar a dir paraulotes, i quan vaig intentar treure els cigarrets de la butxaca, em vaig adonar que em faltava mig dit."<sup>17</sup>

Ràpidament, va ser traslladat a un hospital d' Hèlsinki, on se li va operar la mà però no es va poder fer res per salvar el seu dit anular esquerre.

Uns dies després, ja recuperat, el jove va tornar a l'hospital perquè li fabriquessin una pròtesi de làtex per al dit. Per sorpresa, i aquí és on arriba la part curiosa del cas, el metge li va proposar instal·lar un llapis de memòria USB a la pròtesis dactilar, cosa que ell va acceptar encantat.

"Es tracta d'un implant desmuntable amb un llapis de memòria USB a dins. Quan el necessito, simplement deixo el meu dit a la ranura i quan acabo el recullo", explica el jove finlandès.<sup>18</sup>



Fotografia 43. Jerry Jalava amb el seu dit-USB.

Gràcies a l'anomenat *dit biònic*, que consta de 2 GB (gigabytes), pot endur-se a qualsevol lloc arxius informàtics, i quan els necessita, només ha de treure's la pròtesi i connectar-la al port USB de l'ordinador.

<sup>17</sup> Sant Feliu és jove: "Jo ja tinc un dit USB." <<http://santfeliujove.blogspot.com/2009/03/jo-ja-tinc-un-dit-usb.html>>

<sup>18</sup> Vegeu peu de pàgina número 17.

### 3. En Neil Harbisson

Aquí comença l'eix central d'aquest treball: la història d'en Neil Harbisson, un personatge interessant, amb un tret curiós i que manté una relació d'amor-odi amb els colors.

En Neil Harbisson és un pintor i compositor britànic que mai ha vist els colors ja que la seva vista només li permet veure el blanc i el negre. I és que, des de que va néixer, pateix **acromatòpsia**, una condició de la visió que l'obliga a veure el món únicament en aquests dos colors.

Si durant la infància i l'adolescència això sí que era un problema, actualment ja no ho és (o, si més no, no un problema tan gran), ja que pot percebre els colors gràcies a un aparell electrònic que porta instal·lat al cap, el qual els transforma en sons. Aquest dispositiu s'anomena **eyeborg**, i ni tan sols se'l treu per dormir. Gràcies a ell, en Neil "escolta" els colors. Tant ha influït aquest mecanisme a la seva vida que fins i tot els seus somnis, abans en blanc i negre, ara han incorporat els sons corresponents a cada color.

Aquest recurs tecnològic l'ha convertit en el **primer ciborg** al món reconegut per un govern, tal com consta al seu passaport.



Fotografia 44. En Neil Harbisson amb el seu *eyeborg*.

### 3.1. Biografia

En Neil Harbisson, fill de pare irlandès i de mare catalana, va néixer a Londres el dia 27 de juliol de 1982.



Fotografia 45. En Neil Harbisson de petit.

Va créixer i viure a Mataró, on va estudiar piano i belles arts. Als 16 anys, va estudiar el batxillerat artístic a l'Institut Alexandre Satorras on, degut a la seva particularitat visual<sup>19</sup>, li van permetre fer servir exclusivament els colors blanc, negre i gris als seus treballs.

Als 18 anys va encapçalar una campanya per salvar els arbres centenaris de la plaça Santa Maria de Mataró.

*“Els tres plàtans de la plaça Santa Maria de Mataró no es tocaran, de moment. L'alcalde Manuel Mas va dir ahir que en vista de la protesta ciutadana que s'ha generat «el més sensat és deixar-los tal com estan ara». És la primera resposta que dona Manuel Mas des que divendres el jove mataroní **Neil Harbisson es va enfil·lar dalt d'un arbre per defensar-ne la permanència a la plaça**. La iniciativa d'aquest noi de 18 anys ha tingut cada cop més adeptes. Ahir es va fer una xocolatada i el grup de joves que acompanya Neil ja ha recollit més de 2.835 firmes per reclamar que els arbres es quedin on són encara que impedeixin una bona visibilitat de la façana de Santa Maria.”<sup>20</sup>*

<sup>19</sup> En Neil nega patir una malaltia o una discapacitat; ell prefereix anomenar-la condició o particularitat visual. No creu que sigui una discapacitat perquè argumenta que no ha perdut res que abans tingués, com una cama, un braç o un ull. Potser veure-hi en blanc i negre és un inconvenient però, en el seu cas, ha estat el motiu pel qual va cursar el Batxillerat Artístic i també ha estat la seva recerca en l'àmbit artístic. Més que parlar de discapacitat, hauríem de considerar l'acromatòpsia “una especial capacitat per enfrontar-se al món”. L'eyeborg ha estat per en Neil la seva particular manera d'aconseguir-ho.

<sup>20</sup> Fragment d'un article del diari El Punt, amb data del 28-05-2001.

La seva mancança visual li va permetre desenvolupar una percepció auditiva més aguda i, a la seva majoria d'edat, es va traslladar a Dublín (Irlanda), on va reprendre els seus estudis de piano a l'escola *Waltons' School of Music*. L'any següent va ser acceptat al col·legi *Dartington College of Arts* d'Anglaterra, on va estudiar composició i piano. Va ser durant aquests estudis on va conèixer a Adam Montandon, una persona que li va canviar la vida. Montandon s'acabava de llicenciar en cibernètica a la Universitat de Plymouth, i tots dos van començar a dissenyar allò que es convertiria en l'*eyeborg*; el sistema cibernètic que Harbisson porta instal·lat al cap per poder percebre els colors a través de sons.



Fotografia 46. Un simpàtic Neil Harbisson.

Als 21 anys, en Neil es va convertir en el primer *ciborg* oficialment reconegut per un govern. D'aquesta manera va passar a ser el primer *ciborg* britànic, cosa que no va ser gens fàcil.

*"Vaig enviar la meua foto de carnet perquè em renovessin el passaport i me la van denegar perquè portava un aparell electrònic".<sup>21</sup>*

Va caldre insistir i presentar diverses sol·licituds a l'oficina de passaports britànica i també van ser necessaris papers que Adam Montandon li va preparar descrivint el seu cas perquè li reconeguessin l'aparell que portava al cap com una part més del seu cos i com a part de la seva imatge.

Finalment, el van reconèixer de forma oficial com a *home cibernètic*, cosa que li permet aparèixer a la fotografia del seu passaport amb l'aparell electrònic.

---

<sup>21</sup> Paraules d'en Neil a una entrevista realitzada per Jessica Pujol l'any 2004.



Fotografia 47. El passaport d'en Neil.

La pròtesi, que tan sols es treu per dutxar-se, la considera una part més del seu cos i una extensió dels seus sentits.

*“La qüestió és que considero l'eyeborg com una part del meu cos, com una prolongació del meu cervell. Vaig haver de demanar molts permisos perquè em deixessin aparèixer amb ell a la fotografia del passaport. Per fi vaig aconseguir que el Govern m'acceptés oficialment com el primer ciborg britànic. Per mi és un gran honor.”<sup>22</sup>*

Tot i que no pot veure els colors (ni els veurà mai), actualment, gràcies a aquest sistema, pot interpretar els colors a través de sons; i és que, cada color, com veurem més endavant, correspon a una nota musical.

Actualment en Neil està estudiant Fotografia Digital a l'*Institute of Photography* de Nova York.

<sup>22</sup> Fragment de l'entrevista a Neil Harbisson realitzada per la revista científica *Quo* l'any 2007.



### 3.2. L'acromatòpsia

Pingelap i Pohnpei són dues minúscules illes de Micronèsia, al Pacífic Oest, conegudes com "les illes dels cecs al color". El perquè d'aquest nom rau en el fet que un percentatge molt elevat de la població (gairebé un 10%) és completament cec al color al patir acromatòpsia, un estrany trastorn hereditari de la vista. A més, el 30% de la població és portador de la mutació.

En el llibre *La isla de los ciegos al color*, el neuròleg<sup>23</sup> i escriptor Oliver Sacks narra el seu viatge a Pingelap acompanyat de Knut Nordby, un fisiòleg<sup>24</sup> que també pateix acromatòpsia i que, a més, és especialista en aquesta patologia ocular.

Des de petit, Oliver Sacks s'ha sentit atret per les illes. Les descriu com:

*"Aquells experiments de la naturalesa, llocs beneïts i maleïts per alguna singularitat geogràfica que alberguen formes de vida úniques."*

Sacks explica que de petit patia migranyes visuals, les quals presentaven alteracions en el camp visual i, sobretot, en el sentit del color, i que aquest podia arribar a desaparèixer durant uns minuts. Aquest fet l'espantava però alhora li cridava l'atenció i li feia preguntar-se com seria viure en un món sense color.

Els escrits de Sacks són famosos per tractar les discapacitats físiques i mentals però no des de un punt de vista purament científic ni sensacionalista, sinó amb respecte, curiositat i un toc d'humor.

*"...Qué significaba ser acromatópsico en una comunidad acromatópsica, (...) De tener, quizás, padres y abuelos, vecinos y maestros ciegos al color, de formar parte de una cultura donde el concepto de color no existe en absoluto, pero en la que, en cambio, otras formas de percepción, de conocimiento, se han agudizado como compensación. (...) Una cultura dueña de un elaborado lenguaje para referirse a las más sutiles variaciones de textura y tono, para todo lo que los demás despreciamos como gris."<sup>25</sup>*

Un fragment del llibre que mostra de manera molt clara d'incidència del trastorn en l'illa és el següent:

<sup>23</sup> Metge especialitzat en neurologia; la branca mèdica que s'ocupa del sistema nerviós.

<sup>24</sup> Metge especialitzat en fisiologia; la ciència que estudia les funcions dels éssers orgànics. N'hi ha de diversos tipus: fisiologia humana, animal, d'òrgans, de teixits, comparada, cel·lular, etc.

<sup>25</sup> Fragment del llibre *La isla de los ciegos al color*, escrit per Oliver Sacks.

*“Cuando salimos del avión docenas de niños morenos salieron de la selva, riéndose y rodeándonos. Repentinamente, vi que entre los demás había grupos de pequeños que parpadeaban, ajustaban la mirada contra la brillante luz del sol y, uno de ellos, se cubría la cabeza con un trapo negro”.*<sup>26</sup>

I per què justament en aquestes dues illes hi ha tants casos d'acromatòpsia? S'explica que, cap a l'any 1775, el tifó Lengkieki va matar al 90% dels habitants de les illes. A més, la fam que va seguir a aquesta catàstrofe va acabar amb uns quant més i, finalment, només van restar unes 20 persones per repoblar les illes, entre elles, el rei. Un d'aquests 20 habitants devia patir la malaltia i es creu que és l'antecessor comú dels actuals afectats. L'aïllament i l'endogàmia<sup>27</sup> van fer que l'acromatòpsia s'estengués per tota la població.

També existeix una versió més tradicional sobre el perquè hi ha tants casos de monocromatisme a aquestes dues illes de Micronèsia. El mite diu que si una dona es queda embarassada en alguna d'aquestes dues illes segur que evitarà caminar per la vora de la platja durant el migdia. I és que, segons diu la llegenda, els raigs de sol podrien enlluernar el fetus fins deixar-lo cec al color. Així, el bebè estaria per vida obligat a veure el món en blanc i negre, igual que en Neil.

Ell mateix a l'entrevista ens va confirmar que no ha visitat mai aquestes illes però que té molta curiositat per fer-ho.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> Fragment del llibre *La isla de los ciegos al color*, escrit per Oliver Sacks.

<sup>27</sup> Obligació de contreure matrimoni amb persones del propi grup o categoria social, religiosa, ètnica, etc.

<sup>28</sup> Veure annex 2: entrevista a Neil Harbisson.

### 3.2.1. Característiques de la patologia

En primer lloc, cal precisar que qualsevol alteració en la percepció del color tècnicament s'anomena **discromatòpsia**.

L'**acromatòpsia**, també anomenada **acromatopia** o **monocromatisme**, és la deficiència visual que determina la ceguesa total al color, pròpia dels observadors o sistemes fotoreceptors anomenats *acromatòpsics*, *acromàtics* o *monocròmetes*.

La paraula prové del grec *a*, que vol dir privació; *chroma*, que significa color; i *opsis*, que en grec vol dir vista. Per tant, segons l'etimologia de la paraula, l'acromatòpsia és la privació dels colors per a la vista. Dit d'una altra manera, l'acromatòpsia és la ceguesa als colors.

El defecte genètic és la causa del trastorn i, per tant, es tracta d'una malaltia **genètica**. A més, és **congènita** ja que es manifesta des del naixement; i **estacionària**, que vol dir que no progressa ni a millor ni a pitjor.

Consisteix en una anomalia de la visió, que tècnicament rep el nom de *retinopatia perifèrica bilateral*, a conseqüència de la qual només es poden percebre els colors blanc i negre, a més d'una àmplia gamma de grisos.

L'acromatòpsia és una malaltia **recessiva**, la qual cosa significa que tant els gens del pare com els de la mare l'han de portar perquè es manifesti. A les "illes dels cecs al color" s'ha trobat una mutació del gen CNGB-3, i a l'Occident d'Europa, una mutació que afecta al gen CNGA-3.

Aquesta patologia hereditària ocular es caracteritza per presentar **nistagme** (explicat més endavant), una qualitat de visió baixa, dificultat a la percepció del color (d'acord amb el tipus d'acromatòpsia), i un alt grau de **fotofòbia** i **enlluernament**.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup>La fotofòbia és la situació anormal d'intolerància a la claror. Es diferencia de l'enlluernament, que consisteix en una intolerància als estímuls lluminosos molt intensos, perquè en el cas de la fotofòbia, els estímuls nerviosos que causen la molèstia són normals o, fins i tot, atenuats. El rebuig a aquests estímuls es manifesta amb coïssor, llagimeig i contracció dels músculs palpebrals, els quals tendeixen a cloure les parpelles per evitar els raigs de claror no tolerats. D'una manera reflexa, la fotofòbia també pot provocar esternuts. El trastorn és habitual en persones de pigmentació clara, perquè en aquest cas l'iris té menys pigments i permet més el pas de la claror a l'interior de l'ull. Igual passa amb els albins, els quals han de portar ulleres fosques per tal d'evitar molèsties.

### 3.2.2. Tipus d'acromatòpsia

En una primera classificació existeixen dos tipus d'acromatòpsia: la completa o total i la incompleta.

En el primer cas, **acromatòpsia total**, cap dels tres tipus de cons es presenten o funcionen, cosa que fa que l'ull no sigui capaç de captar els colors. Per exemple, el vermell es percep com un gris fort, mentre que el groc es capta com un gris suau. A més a més, en aquest tipus d'acromatòpsia, es presenta una agudesa visual molt baixa i una marcada fotofòbia.

En el cas d'una **acromatòpsia incompleta** es pot arribar a distingir algun color, a més de disposar d'una agudesa visual millor al comptar amb alguns cons que funcionen correctament. Molt freqüentment s'utilitza el terme *daltonisme*<sup>30</sup> com a sinònim d'aquest tipus.

A part, també es pot fer una segona classificació segons si la malaltia és visual, cerebral o causada per un traumatisme.

En l'**acromatòpsia visual** hi ha una mancança de cons, és a dir, dels receptors de color als ulls. En l'anomenada **acromatòpsia cerebral**, els ulls hi veuen perfectament però és el cervell qui no té la capacitat per distingir els colors. En aquest cas, el trastorn és hereditari i és el cas d'en Neil. També existeix un tercer tipus que pot ser causat per algun **traumatisme** cranial, malalties com ara la diabetis o l'esclerosi múltiple, algunes drogues, medicaments contra la malària, malalties cardiovasculars, etc. Qui pateix aquest tipus presenta monocromatisme però, en canvi, no té una agudesa visual baixa ni una marcada fotofòbia. Cap dels tres casos és degeneratiu, però l'últim és reversible.

---

<sup>30</sup> Tipus de discromatòpsia congènita que es caracteritza per la incapacitat de percebre un o dos colors, normalment el vermell i el verd. S'anomena daltonisme perquè John Dalton, l'any 1794, va descriure el seu propi defecte visual i el de la seva família. Aquesta patologia afecta al 3-8% de la població.

### 3.2.3. Causes de la patologia

L'acromatòpsia es deu a l'absència congènita o al mal funcionament d'un o més tipus de cons, normalment els cons L (vermells) o M (verds).

Els **cons** són les cèl·lules sensorials responsables de l'agudesa visual i la percepció del color durant el dia. Existeixen tres tipus de cons, cada un sensible a la llum d'una determinada longitud d'ona: vermell, verd i blau. En uns ulls sans, hi ha uns sis milions de cons situats a la zona del centre de la retina, anomenada fòvea; i uns 100 milions de **bastons** a la zona perifèrica, que són les cèl·lules encarregades de la visió nocturna, és a dir, en blanc i negre.

L'absència dels cons M és un trastorn anomenat *deuteranopia* i és la forma de ceguesa al color més freqüent. La manca dels cons L, que rep el nom de *protanopia* és menys freqüent; i la que ho és menys és la *tritanopia*, és a dir, l'absència de cons S (blaus).



Fotografia 48. Fotografia 49. Neil Harbisson. A l'esquerre, en blanc i negre, tal com hi veu ell. A la dreta, en color.

### 3.2.4. Diagnòstic i incidència de la patologia

El diagnòstic d'aquesta malaltia acostuma a ser lent i complicat, ja que se sol confondre amb dos altres trastorns lligats a la vista: el nistagme i la distròfia de cons.

El **nistagme** és el moviment involuntari i incontrolable dels ulls, el qual pot ser horitzontal, vertical, rotatiu, oblic o una combinació d'aquests. Aquest espasme està associat a un mal funcionament de les àrees cerebrals encarregades de controlar el moviment.

Per altra banda, la **distròfia de cons** és una malaltia hereditària de la retina. Es caracteritza per la presència de dipòsits de pigments a la retina, concentrats sobretot a la zona de la màcula<sup>31</sup>. És un trastorn degeneratiu que fa disminuir l'agudesesa visual, crea defectes en la visió dels colors (per això es pot confondre amb l'acromatòpsia), fa perdre la visió perifèrica, fa disminuir la sensibilitat al centre del camp visual i pot acabar causant ceguesa nocturna<sup>32</sup>.

L'acromatòpsia és un trastorn autosòmic. Això vol dir que afecta igual a homes i dones perquè no és una patologia lligada als cromosomes sexuals, és a dir, als X i Y. En canvi, el daltonisme o la deficiència vermell-verd sí que estan relacionades amb el cromosoma X. Això fa que es presentin en molts homes (8%) i en poques dones (0.5%). Les dones, al tenir dos cromosomes X, si un porta la deficiència, l'altre (el dominant) es manifestarà i evitarà la malaltia. En canvi, els homes només disposen d'un cromosoma X, de manera que sempre que aquest en sigui portador, la patologia es manifestarà.

La ceguesa al color té una **incidència** variable a diferents punts del planeta. Per exemple, dades recents assenyalen que als Estats Units només un de cada 33.000 habitants és cec al color, cosa que fa que l'acromatòpsia estigui dins les anomenades *malalties rares*. Per contra, a les illes Pingelap i Pohnpei, com ja hem dit anteriorment, gairebé un 10% de la població (xifra molt alta) pateix aquesta deficiència al transmetre's de generació en generació.

Les persones que pateixen acromatòpsia, ja sigui total o parcial, no estan capacitades per exercir determinades professions com, per exemple, policia o conductor de qualsevol tipus de transport públic.

<sup>31</sup> Zona de la retina especialitzada en la visió fina dels detalls. Ens serveix, per exemple, per poder llegir.

<sup>32</sup> Manca de visió en condicions baixes de llum en les que l'ull ha de fer una adaptació a la foscor.

A la ciutat, els acromatòpsics troben molts obstacles derivats d'una vida governada pels colors. No poden, per exemple, reconèixer adequadament símbols convencionals com ara els anuncis de carreteres o els llums dels semàfors. Per això, per exemple, els llums dels semàfors, per acords internacionals, sempre estan en la mateixa posició respecte els altres (el vermell sempre està a dalt de tot, seguit del taronja i el verd).

Tot i així, els habitants de pobles i grans ciutats disposen d'ajudes òptiques a diferència dels habitants de Pingelap i Pohnpei. Aquests no acostumen a aprendre a llegir i han de buscar professions que els permetin treballar a la foscor, com la pesca nocturna. El que no els hi permet fer determinades feines no és la ceguesa al color, sinó la dolorosa hipersensibilitat a la llum i la poca agudesesa visual. La llum brillant els torna cecs, no poden deixar de parpellejar i moure els ulls, i són incapaços de mantenir la mirada fixa. Per millorar aquesta situació, utilitzen viseres i ulleres amb vidres de color. Oliver Sacks, durant la visita a les illes de Micronèsia, va repartir ulleres a tota la població, i en va deixar de reserva per si s'acabaven les existències.

### 3.2.5. Rehabilitació

Per tal de mantenir la salut de l'ull és molt important eliminar la fotofòbia i l'enlluernament. Per fer-ho, s'han de disminuir els nivells d'il·luminació, o bé mitjançant viseres i gorres, o bé a través de filtres com el CPF 550 (*Corning photocromatic filter*).

També existeixen unes lents de contacte de color vermell per corregir la deficiència vermell-verd. Són les anomenades X-Chrome. Reben aquest nom perquè el cromosoma X és el causant d'aquesta deficiència com ja hem dit anteriorment.

En els casos d'una agudesesa visual baixa de lluny es fan servir telescopis, els quals donen un molt bon resultat. En pacients joves es pot millorar l'agudesesa visual només apropant els objectes, ja que disposen d'una gran amplitud d'acomodació. És el principi anomenat *magnificació relativa a la distància*.

### 3.2.6. L'acromatòpsia a l'escola

Entre pares de nens i nenes acromatòpsics i professors sempre hi ha d'haver una molt bona comunicació. Els pares han d'explicar als mestres en què consisteix la malaltia, i aquests darrers han d'informar als pares de quins codis de colors utilitzaran.

A les aules de l'escola hi ha d'haver nivells baixos d'il·luminació; i als espais exteriors, com el pati, s'han d'emprar filtres solars. També convé situar a aquells que pateixen el trastorn lluny de les finestres (per evitar l'excessiva il·luminació) i a prop de la pissarra.

Els bolígrafs i llapis de punta gruixuda ajuden a que els nens puguin llegir amb més facilitat, tot utilitzant el principi de *magnificació relativa a la mida*. A mesura que els nens creixen, augmenten les necessitats visuals perquè, per exemple, la mida de lletra dels llibres de text disminueix, cosa que fa que tinguin més dificultats a l'hora de llegir. És el moment de començar a utilitzar ajudes com ara lupes o microscopis.

Tot i que encara no existeix cap tractament quirúrgic o mèdic, s'espera que la investigació genètica aportï moltes dades sobre el tema i ajudi a trobar alguna solució.

### 3.2.7. L'acromatòpsia d'en Neil

*"Quan era petit i em preguntaven de quin color era el mar o el cel deia que era blau perquè ho havia memoritzat a l'escola, però quan em preguntaven de quin color portava el jersei no ho sabia, ja sigués blau, vermell o verd".<sup>33</sup>*

A Harbisson li van diagnosticar acromatòpsia quan tenia 11 anys. Fins aleshores els metges es pensaven que tenia daltonisme agut, és a dir, que podia veure els colors però que els confonia tots. La seva família també notava comportaments estranys. Per això, el van portar al Museu de la Ciència de Londres perquè experimentés amb el color, però en va ser incapaç. Va ser aleshores quan un oftalmòleg de Barcelona li va fer diversos tests d'acromatòpsia i donà positiu.

Aquests trastorn, que ell prefereix anomenar condició visual, el va heretar del seu avi al ser una malaltia hereditària. D'aquesta manera, l'avi va transmetre al nét la seva particular manera de veure el món.

---

<sup>33</sup> Paraules de Niel Harbisson al reportatge del diari La Nación de l'any 2008: *Yo, ciborg*.



En Neil a l'entrevista ens va explicar que pateix el tipus d'**acromatòpsia cerebral**, és a dir, els seus ulls poden veure el color sense dificultat, però el seu cervell no pot processar la informació que li arriba de l'exterior. Aquest tipus de monocromatisme és **irreversible**.

També ens va afirmar que com que la seva acromatòpsia és de tipus cerebral no pateix ni nistagme ni fotofòbia ni cap altre trastorn relacionat amb la vista com ara miopia o hipermetropia. Només pateix estigmatisme a l'ull esquerre, però això no té cap tipus de relació amb el monocromatisme.

Per una banda reconeix que té un gran interès per saber quin aspecte tenen els colors visualment però, per l'altra, li fa por que quan els veïes rebés massa informació de cop i no la pogués assimilar. Per ell, sentir els sons dels colors ja va ser un impacte molt fort i encara ho seria més poder-los veure.

Quan li pregunten si es canviaria els ulls si pogués, ell contesta que li agradaria tenir un tercer ull artificial que pogués veure en color i que pogués connectar i apagar quan ell volgués. Així, diu que si s'avorrís dels colors, sempre li quedaria el recurs del blanc i negre amb els seus infinits matisos.

Encara avui no entén què és el color per més minuciosament que li ho expliquin. Només sap que hi ha alguna cosa que no veu. S'imagina als colors com "energies molt ràpides que ell no pot percebre".

### 3.3. L'eyeborg

*"L'eyeborg és extraordinari. A partir d'ara ja no em perdo res i he guanyat confiança. Ara vull experimentar el món dels colors al màxim".<sup>34</sup>*

Tal com ja hem dit anteriorment, la vida d'en Neil va fer un gir de 360° quan va conèixer a Adam Montandon, un expert en informàtica que, gràcies als seus coneixements cibernètics, va dissenyar i crear l'*eyeborg*<sup>35</sup> que en Neil utilitza dia a dia, el qual transforma els colors en sons.

Un i altre es van conèixer a la universitat britànica *Dartington College of Arts* durant una conferència realitzada per Montandon sobre *Cyborg Systems* (sistemes cibernètics), en la qual ell va explicar les possibilitats que ofereix la tecnologia per interpretar millor la realitat. Quan aquest va acabar la xerrada, el protagonista d'aquesta història s'hi va acostar per explicar-li la seva particularitat visual. Montandon es va emocionar en tenir davant una bona excusa per poder posar en pràctica els seus estudis de cibernètica. Els dos van acordar que crearien un sistema per tal de que en Neil pogués percebre els colors d'una manera o d'una altra. D'aquesta manera va néixer el projecte anomenat *Bridging the Island of the Colourblind*.<sup>36</sup>

A partir d'aquest moment va començar la feina pel llicenciat en cibernètica a la Universitat de Plymouth. Adam Montandon va passar moltes hores davant una televisió en blanc i negre per tal d'entendre el problema. Montandon va deixar escollir a en Neil de quina manera li agradaria percebre els colors, ja que tots dos sabien del cert que no els podria arribar a veure mai. En Neil va triar captar els colors a través del so, ja que com a músic té una percepció auditiva molt aguda.

A l'Adam li va semblar una idea molt apropiada i efectiva per reestructurar el cervell d'en Neil, aprofitant que nombrosos estudis de sinestèsia<sup>37</sup> han demostrat que el sentit de la vista i el de l'oïda en alguns casos poden solapar-se.

---

<sup>34</sup> Fragment de l'article *Eyes opened to sound of socks* al diari britànic Daily Telegraph el gener del 2005.

<sup>35</sup> La paraula *eyeborg* sorgeix de combinar els mots *cyborg* i *eye*; home cibernètic i ull, respectivament.

<sup>36</sup> El títol del projecte està directament relacionat amb el llibre del Dr Oliver Sacks: *The Island of the Colourblind*.

<sup>37</sup> La paraula *sinestèsia* ve del grec συν, "junt", i αισθησία, "sensació". En retòrica, estilística i neurologia és la mescla d'impressions de sentits diferents. Un sinestèsic pot, per exemple, escoltar colors, veure sons o percebre gustos al tocar un objecte amb una textura determinada. La primera descripció d'aquest fenomen la va fer el doctor G.T.L. Sachs al 1812.

La part més difícil del cas va arribar a l'hora de convertir els colors en sons. La primera idea de Montandon va ser utilitzar diferents instruments musicals per tal de representar cada color; per exemple, la bateria pel vermell, el violí pel blau o el piano pel verd. Aquest sistema, però, només hagués consistit en "etiquetar" els colors a través dels sons. Seria com tenir una veu a l'orella que anés xiuxiuejant "vermell, verd, blau, groc..." per tot el que en Neil observés. Aquesta primera idea, per tant, es va descartar.

Després de més consideració i, gràcies a la col·laboració de Eduardo Miranda<sup>38</sup>, Montandon va arribar a la conclusió que calia crear una experiència auditiva que, com l'espectre de llum, anés més enllà d'etiquetar els colors.

Montandon va decidir aprofitar la manera en què els colors reflecteixen la llum a freqüències diferents, des de la llum que vibra més ràpid del violeta fins a la més lenta, la del vermell. L'Adam va utilitzar una teoria física per transformar la llum en so. Després de tot, tant la llum com el so són ones. Tot i que les ones lluminoses són massa altes per ser escoltades, és matemàticament possible transformar-les fins a arribar a una longitud d'ona possible d'escoltar. D'aquesta manera, per exemple, el color més baix de l'espectre, el vermell fosc, es converteix en la nota més baixa de l'escala musical.

El més difícil del cas era dissenyar el software<sup>39</sup> que diferenciés colors i transformés correctament les ones lluminoses captades. L'Adam va crear un *software* que convertia el color en so, però no volia que només cada color es convertís en un sol so, sinó que volia que en Neil pogués escoltar subtils diferències de color, igual que els humans podem distingir diverses varietats de color (verd clar, verd fosc, verd oliva, verd caqui...).

El *software* creat per Montandon agafa una mostra de color d'una àrea seleccionada. Aquest valor de RGB (Red, Green, Blue, el senyal més usat per ordinadors; en català vermell, verd i blau) es converteix a l'instant en HSB (Hue, Saturation and Brightness; en català to, saturació i llum). El programari se centra bàsicament amb el matís. Hi ha 360 matisos diferents, un per a cada grau a la roda de color. Cada matís és assignat a una freqüència perceptible. L'*eyeborg* va ser creat per la companyia *HMC Interactive*, a la qual pertany Montandon.

---

<sup>38</sup> Eduard Reck Miranda, nascut l'any 1963, és un compositor brasiler de peces de cambra i electroacústiques. És conegut al Regne Unit per la seva recerca científica en música informàtica, i especialment en el camp de maquinària humana on les ones del cervell reemplacen teclats i ordres de veu per permetre a l'invàlid expressar-se musicalment.

<sup>39</sup> En català programari, és una paraula general que es fa servir per descriure el conjunt dels programes informàtics, procediments i documentació que fan alguna tasca en un ordinador.

En Neil duu el *software* en un ordinador portàtil petit que porta penjat a l'esquena dins una motxilla. Aquest va ser modificat per poder usar el software fins i tot quan la tapa estigués tancada, cosa que permet portar el portàtil còmodament amb el mode "sleep" (adormit). Això significa que la bateria aguanta llargues estones sense haver de carregar-se, fins i tot durant tot un dia.

Sorprenentment, després de només 15 minuts que en Neil portés el sistema era capaç de reconèixer similituds i diferències entre matisos, cosa que mai abans havia estat capaç de fer.

Quan l'Adam va crear aquest petit però no per això menys important invent, no creia que pogués canviar tant la vida a algú. Ho va fer com un simple experiment, però en Neil el fa servir les 24 hores del dia.

*"L'eyeborg ha canviat completament la manera en què veig el món i la manera en què percebo les coses".<sup>40</sup>*

En Neil vesteix aquest "tercer ull" i ha estat escoltant colors sense parar des del 22 de març de l'any 2004. En un primer moment, se li feia estrany està envoltat de color, igual que a nosaltres ens costa imaginar com seria viure en un món en blanc i negre.

Abans de la creació de l'*eyeborg*, en Neil odiava l'existència dels colors. Ara, fins i tot, té un color preferit; el vermell. Li encanta com sona. En canvi, no li agrada gaire el marró i confon fàcilment alguns tons de blau, com el blau-verd o el turquesa. També confessa que el lila és el color que més li crida l'atenció al ser un dels més aguts, de freqüència molt ràpida i, a més, poc popular.

*"No sabia que el color estigués a tot arreu, a molts llocs. Encara veig en blanc i negre però recordo amb molta emoció la primera vegada que vaig percebre el color. Era vermell."<sup>41</sup>*

---

<sup>40</sup> Paraules de Neil en un reportatge televisiu realitzat per la BBC (British Broadcasting Corporation).

<sup>41</sup> Paraules d'en Neil a l'article *Cyborgs enables color-blind artist to hear his palette* de l'any 2008.

L'*eyeborg* consisteix en un sensor que en Neil porta instal·lat al costat d'un seu ull, agafat darrere l'orella com una diadema, i que enfoca a la direcció que ell mira. És una espècie de "tercer ull" electrònic. El sensor envia el que percep a un ordinador portàtil que en Neil porta penjat a l'esquena. Quan la informació arriba a l'ordinador, un programa informàtic s'encarrega convertir a temps real les ones electromagnètiques de la llum en freqüències sonores, que són les notes musicals que ell pot interpretar com una escala de colors. Cada so equival a un color diferent. Els sons no degeneren en una cacofonia<sup>42</sup> perquè la minúscula càmera només capta el què en Neil mira directament. Per aquesta raó no pot conduir; els llums dels cotxes són massa distants per la correcta utilització del dispositiu.

L'*eyeborg* primer li dóna un color general del lloc on es troba, i per saber el color en concret d'un objecte s'hi ha d'apropar.

Si un aparell electrònic emet algun so amb la mateixa longitud d'ona d'un color es pot confondre i no saber si està sentint un color o un aparell. Per exemple, ell explica que l'aspiradora de casa seva sona vermella, i el seu telèfon taronja.

L'escala de notes musicals representa l'espectre de colors. Els matisos clars sonen aguts, mentre que els foscos sonen més greus. El vermell, que és un color de freqüència baixa, sona com un to baix; en canvi, el violeta, a l'altra banda de l'espectre, té un to més alt. És, de fet, sinestèsia forçada<sup>43</sup>.



Fotografia 50. Algunes de les freqüències sonores corresponents a cada color que fa servir l'*eyeborg*.

<sup>42</sup> Efecte sonor desagradable produït per nombrosos sons propers.

<sup>43</sup> Vegeu nota peu de pàgina número 37.

Els únics colors que l'*eyeborg* no transforma en sons són el blanc i el negre, ja que són els únics que en Neil pot veure a través de la seva vista. D'aquesta manera, l'*eyeborg* els percep com a silenci. Adam Montandon descriu la invenció com "sentir una roda de colors".

*"Estic acostumat a tots els sons. És sorollós però probablement no tant com un transitat carrer de ciutat"*<sup>44</sup>

L'*eyeborg* que en Neil utilitza actualment percep el **to** del color a través de les notes musicals, però els colors tenen tres propietats: el to, la saturació i la llum. La **saturació**, propietat que va incorporar l'*eyeborg* fa dos anys, li és donada a través del volum. Per exemple, si es tracta d'un blau fosc en Neil el sentirà més fort que si es tracta d'un blau suau. La **llum** l'interpreta a través del blanc i negre de la seva vista. Per exemple, s'hi ell veu a través de la seva vista un color clar i sent vermell, sap que és rosa. A més, si el volum és alt, sap que és un rosa cridaner o fúcsia.

Podríem dir, doncs, que en Neil rep les tres propietats del color per separat. És tot un llenguatge nou per aprendre.

De seguida que l'*eyeborg* va arribar a les mans d'en Neil aquest va començar a fer el possible per reconèixer el màxim número de colors. Es passava hores observant els colors de fruiteries o floristeries per tal d'experimentar per primera vegada els sons dels colors. A continuació, va començar a treballar amb targetes de colors. Les col·locava davant la càmera i escoltava el so que produïa cada color. Després calia memoritzar cada so associat a cada color. A darrere les targetes hi havia escrit el nom del color, per si s'equivocava a l'hora d'aprendre'l.

Va començar a reconèixer 6 colors i, quan el seu cervell s'hi va acostumar, hi van anar afegint més sons: 12, 24, 36 i fins arribar a 360 sons, un per cada grau del cercle cromàtic i tots dins d'una octava. El procés ha estat lent, perquè el cervell ha hagut de crear noves connexions neuronals per adaptar-se a aquesta mena de pròtesis.

*"Per mi és com si portés unes ulleres, i la meva oïda, en comptes dels meus ulls, s'ha d'adaptar a aquesta nova realitat"*.<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Paraules d'en Neil a l'article Colour-blind artist learns to paint by hearing, l'any 2008, al diari The Sunday Times.

<sup>45</sup> Paraules d'en Neil a una entrevista realitzada per Jessica Pujol l'any 2004.

Amb el seu últim novè model l'*eyeborg*, creat per Alber Ibáñez, pot arribar a sentir fins a 360 sons diferents. El seu nou objectiu, tal com ens va explicar a l'entrevista, és arribar a percebre la llum ultraviolada i la infraroja, les quals no poden ser captades pels éssers humans però sí que algunes càmeres i animals poden fer-ho. D'aquesta manera, en Neil ens podria avisar que no ens poséssim al sol per precaució quan hi hagués molta llum ultraviolada. A més, en Neil a cada moment pot programar quants colors vol percebre: 12, 36, 360, etc.

L'ordinador és, precisament, un mitjà còmode a l'hora de treballar per en Neil ja que li dona informació que a la vida real no pot captar com, per exemple, el color de les estrelles o el de les casetes d'un paisatge, les quals estan massa lluny i són massa petites per poder ser captades per l'*eyeborg*.

Un avantatge del sistema que en Neil fa servir dia sí, dia també és que es carrega directament a través de l'ordinador que porta penjat a l'esquena. Si es queda sense bateria només cal que endolli l'ordinador un moment, sense la necessitat de canviar piles ni bateries.

En Neil creu que la creació de l'*eyeborg* representa un gran avenç en el món dels discapacitats visuals, i que en un futur pot ser de gran ajuda pels milers de cecs i acromatòpsics del món interessats en voler percebre els colors.

*"Un dia, els cecs podran pintar a través del so, i potser els sords podran compondre música fent servir els colors".<sup>46</sup>*

Adam Montandon també té l'esperança que aquesta invenció pugui ajudar a altres persones.

*"Les àmplies aplicacions de l'*eyeborg* són gairebé il·limitades. Aquest no és només per persones amb discapacitats visuals, sinó que també es podria utilitzar en casos de ceguesa completa. I també molts músics, artistes o enginyers s'interessen en un projecte que combina l'experiència visual i l'auditiva com una percepció nova. Tothom utilitza la vista i l'oïda en el seu dia a dia i a la feina, i l'*eyeborg* pot ajudar molt a crear una connexió més estreta entre els dos sentits".<sup>47</sup>*

<sup>46</sup> Fragment de l'article *Eyes opened to sound of socks* al diari britànic Daily Telegraph el gener del 2005.

<sup>47</sup> Paraules de Montandon al documental televisiu *Ciborgs i cèl·lules mare* del canal Research TV, l'any 2005.

L'aparell ideat per Montandon és de gran interès científic. L'any 2004, a Bristol, va guanyar el premi a la Innovació que atorga el festival de ciències, art, i tecnologia britànic: el *Submerge*. També va ser exposat al Festival Port Eliot d'Anglaterra.

El treball conjunt de Harbisson i Montandon va ser reconegut al prestigiós festival *Europrix Multimedia Top Talent Award* celebrat a Viena l'any 2004 amb el premi *Content Tools and Interface Design*. L'*eyeborg* va guanyar el primer premi d'aquest certamen entre 400 participants de 28 països diferents. La dotació econòmica que van rebre els dos joves, 2000 euros, va permetre desenvolupar i empetitir més l'*eyeborg*. El premi també incloïa la presentació del nou sistema i del funcionament de l'aparell a diversos festivals europeus.

L'*eyeborg* ha anat evolucionant des dels seus inicis, l'any 2004. El seu creador l'ha anat perfeccionant i empetitint per tal de fer-lo més còmode de portar. Té l'esperança que el seu aparell arribi a tenir la mida d'un telèfon mòbil, d'unes ulleres o d'un reproductor mp3.

Però en Neil va encara més enllà. I és que, tal i com ens va explicar a l'entrevista, vol transformar tot l'*eyeborg* en un minúscul xip que s'instal·laria en forma de semi implant entre cella i cella. Creu que ara ha arribat el moment de fer-ho ja que abans el projecte encara estava en evolució. Actualment, l'aparell ja ha assolit el seu objectiu, 360 colors, i funciona molt bé.

A continuació es mostren els diferents models d'*eyeborg* que han existit des de l'any 2004. Cal precisar que no s'han pogut aconseguir les fotografies dels *eyeborgs* número 4 i 5, ja que les variacions experimentades van ser mínimes i no es van realitzar les fotografies en el seu temps.

Seguidament dels *eyeborgs*, es mostra una taula cromàtica que conté els 360 colors que en Neil és capaç de percebre. D'aquests, s'han seleccionat els més bàsics (vermell, taronja, groc, blau, verd, turquesa, violeta i lila) i s'hi ha assenyalat la nota musical i la freqüència en hertz (Hz)<sup>48</sup> que li correspon.<sup>49</sup>

---

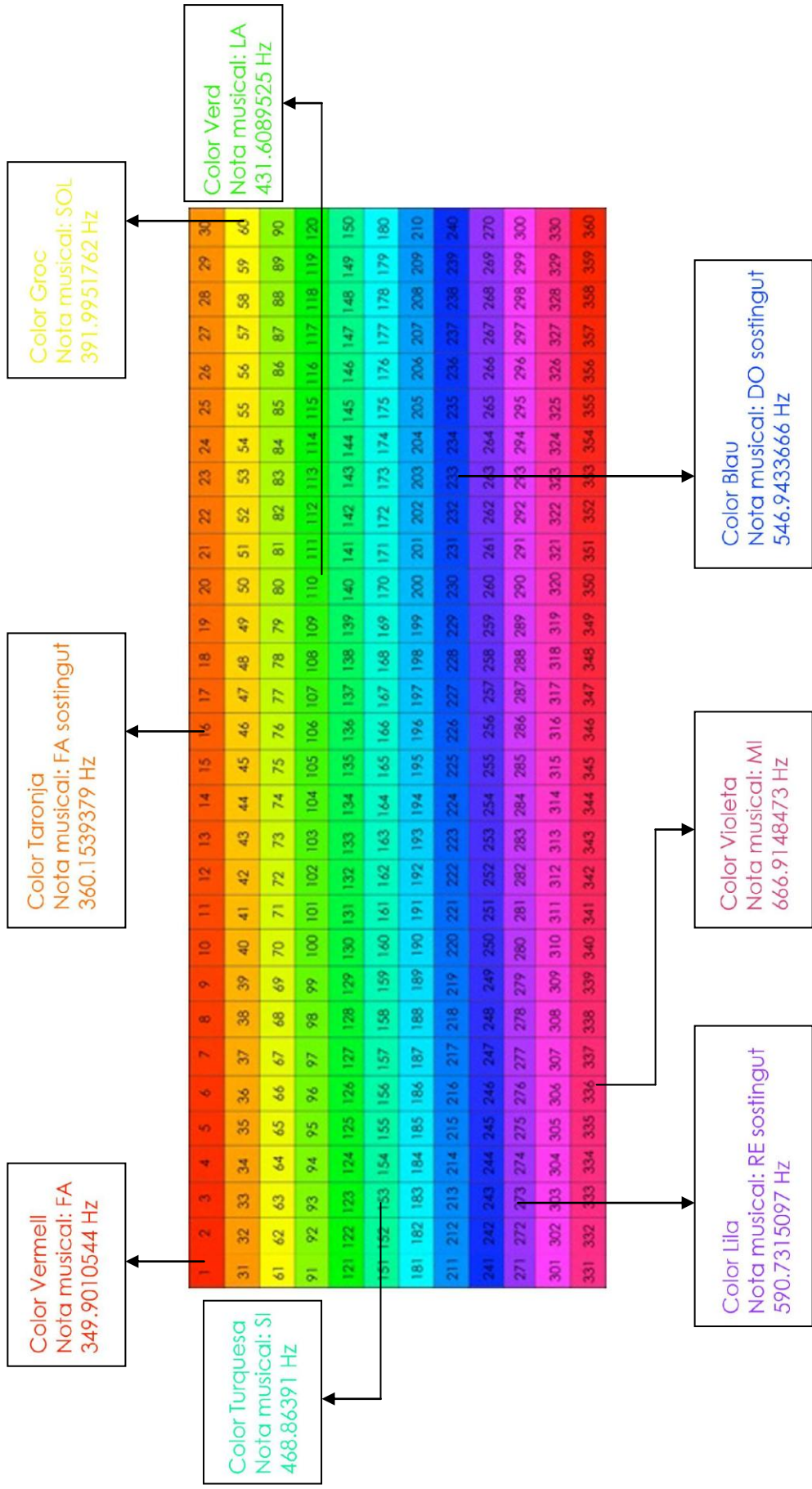
<sup>48</sup> El hertz (Hz) és la unitat de mesura de la freqüència i significa "un succés per segon". S'anomena d'aquesta manera en honor al físic alemany Heinrich Rudolf Hertz, qui va fer importants contribucions en el camp de l'electromagnetisme.

<sup>49</sup> Veure annex 3: taula que relaciona els 360 colors que sent Neil Harbisson amb les corresponents freqüències sonores en Hz.





Fotografia 51. Evolució experimentada per l'*eyeborg* des de l'any 2004 fins a l'actualitat



### 3.4. Millora de la vida quotidiana d'en Neil

En Neil va saber que patia acromatòpsia als 11 anys. Fins aleshores es pensava que veia els colors, però que els confonia tots. La seva infància va estar plena de maldecaps, males passades, bromes al col·legi... Simples actes eren un calvari per a ell. En Neil en va passar de tots colors, mai millor dit.

Quan en Neil era petit tenia la fama de tenir un comportament molt anormal, però ningú sabia el perquè. A l'escola, no era estrany que hi anés amb un mitjó de cada color o que entregués els deures escrits en vermell perquè un company li deia intencionadament que el bolígraf era negre ja que sabia que en Neil no veia bé els colors. Ell sempre demanava al seu company de taula a la classe de dibuix o pintura que, si per exemple, havien de pintar el mar, li passés el color blau, o el verd per l'herba. Tots els seus companys el tractaven de mandrós. Tot això, i com és lògic a aquesta edat, provocava molt riure.

La seva mare, a casa, sempre li havia de triar la roba, i la seva germana es pensava que era un consentit.

Altres actes com el simple fet d'esmorzar també eren difícils pel protagonista d'aquesta història. Assegura que si una peça de menjar, com un croissant, no tenia la seva forma tradicional no el podia reconèixer. Perquè no li passessin aquest tipus de coses acostumava a prendre pa amb tomàquet i pernil. Com és d'entendre també confonia les begudes. No podia, per exemple, diferenciar entre un suc de taronja i un de poma. Calia que preguntés a l'altra gent quina cosa era cada una, o olorar-ho. Actualment, gràcies al "tercer ull" que porta acoblat, assegura que pot distingir entre un vas de suc de taronja i un de llet sense tenir la necessitat d'olorar i també pot anar a comprar pebre vermell, cosa que abans li era impossible.



Fotografia 52. En Neil escoltant el color d'una poma.

Abans que en Neil "escoltés" colors vestia únicament en blanc i negre ja que no volia portar roba de colors que no pogués apreciar. Ara, ja vesteix en color. Quan passa davant una peça de roba i li agrada com sona se la queda. Sona estrany, oi?

En Neil sense l'*eyeborg* se sentia buit, sabia que s'estava perdent alguna cosa important.

*"Sempre em sentia aïllat de les converses. La gent no s'adona de quantes vegades citen algun color quan estan parlant".<sup>50</sup>*

I és que el color és un fet constant. A menys de cada dues pàgines d'un llibre surt un color, a la televisió, als carrers... En Neil va pensar *ja n'hi ha prou d'aquest color!* Sentia la necessitat de crear alguna cosa que li permetés vèncer el seu obstacle. I finalment, ho va aconseguir gràcies a l'*eyeborg*.

En Neil amb el seu "extra ull" ofereix una imatge que inquieta a les persones del seu voltant. Moltes vegades li diuen "Pepito Grillo", li pregunten si treballa per a la televisió, si porta un mp3, un encenedor o una làmpada i, fins i tot, l'han arribat a expulsar d'alguns llocs.

Al centre comercial Harrods el van fer fora argumentant que estava gravant. L'exemple més clar que els *ciborgs* estan discriminats va ser al casino Monte-Carlo de Mònaco. En Neil en va ser expulsat perquè "semblava un alien del planeta Mart". Només d'entrar-hi, un guàrdia de seguretat va dir: "un marcià ha arribat!". El van portar a una sala on va ser entrevistat per el cap gros dels guàrdies. En Neil els hi va explicar perquè servia l'aparell i perquè el portava però no se'l van prendre amb seriositat. Es pensaven que amb el dispositiu volia manipular les màquines d'atzar. Els guàrdies se'n van enriure, el van portar a la sortida i li van demanar que marxés al seu planeta i que no tornés mai més.

Als aeroports sempre es troba amb problemes tot i que no li poden obligar a treure el dispositiu. Per exemple, a l'aeroport de Stansted (Londres) el van retenir més d'una hora. Al final, amb el passaport i el certificat mèdic, sempre acaba passant els controls.

Assegura que des de que porta l'*eyeborg* és com s'hi hagués renascut, i compara l'experiència amb viure en una composició musical.

---

<sup>50</sup> Fragment de l'article *Eyes opened to sound of socks* al diari britànic Daily Telegraph el gener del 2005.

Fins i tot, uns mesos després de portar l'*eyeborg* va començar a sentir sons durant els seus somnis. Tot i que colors i sons no es corresponen en els seus somnis, podem dir que en Neil somia en color.

La seva fascinació per la naturalesa és molt menor que no pas la de la resta de la gent. Explica que a la gent li agrada un ocell o no segons el color. En canvi, a ell, la natura li agrada per l'olor de l'herba, pels sons o per la tranquil·litat, però mai diria "quina vista més bonica".

Quan la gent parla del mar tan blau, o del cel blau, sent que es perd alguna cosa. El cas del cel, a més, és especial; sent que se'l perd perquè si no hi ha núvols no té forma i li és molt difícil de percebre.

### 3.5. L'art d'en Neil: pintura i música

Essent artista i pintor, els colors i els sons són molt importants per a ell.

#### 3.5.1. El pintor de sons

Abans que en Neil descobrís “els sons dels colors”, els seus treballs, igual que la seva vida, només coneixien els colors blanc i negre. Tan sols utilitzava la tècnica del carbonet<sup>51</sup> en les seves obres.

*“Mai utilitzava colors per pintar perquè em sentia distant a ells. Els colors creen una misteriosa reacció a la gent que encara no entenc ben bé”.*<sup>52</sup>

No es va sentir segur del seu art fins que va arribar l'*eyeborg* a les seves mans. Ara, en Neil té una paleta de colors vius, i els seus antics treballs han donat lloc a teles plenes de colors brillants i atrevits.

*“Abans acostumava a pintar molt mecànicament. Tan sols pintava el què veia davant meu. Ara estic pintant molts dibuixos abstractes i em sento molt més lliure amb el meu art”.*<sup>53</sup>

Al cap de poc temps d'haver-li diagnosticat la malaltia, en Neil va saber que de gran volia ser coloròleg, una professió que fins aleshores no existia.

En Neil es dedica al color des de fa molts anys. El seu objectiu a la vida és percebre el color, trobar-lo d'alguna manera. El seu objecte d'estudi, ja sigui a través de la pintura, la música o la tecnologia, ha estat i segueix sent el color.

En Neil toca el piano des de petit i això l'ha ajudat molt a assimilar els sons. Ara, compara pintar amb compondre simfonies musicals al piano, combinant els colors com si fossin acords o escales musicals.

---

<sup>51</sup> Tècnica gràficoplàstica que consisteix en un branquilló de romaní, avellaner, salze, etc., carbonitzat que forma una mena de llapis per a dibuixar. Aquestes barretes no presenten cap tipus d'aglutinant i són molt toves i fràgils. Això fa que es pugui donar als traçats una intensitat molt forta.

<sup>52</sup> Paraules d'en Neil a la pàgina web del projecte d'Adam Montandon: *Bridging the Island of the Colourblind*.

<sup>53</sup> Fragment de l'article publicat al diari *The New York Times*, l'any 2008, titulat *Colour-blind artist learns to paint by hearing*.



Fotografia 53. En Neil escoltant un dels seus quadres.

Els seus tubs de pintura estan marcats amb etiquetes indicant el color de cadascun, i també contenen una mostra del color per tal que en Neil, a través de la seva oïda, sàpiga de quin color es tracta.

L'*eyeborg* també l'ha ajudat molt a apreciar l'art dels altres artistes. Sense el dispositiu assegura que li era molt difícil d'entendre l'ús que feien els artistes del color.

Per exemple, de seguida que va sentir la melodia de les pintures de Joan Miró<sup>54</sup> en va quedar fascinat, les quals abans, veient-les en blanc i negre, li provocaven confusió. També s'ha interessat molt pels treballs de Gaudí<sup>55</sup>. Explica que passejar per Barcelona i sentir l'arquitectura de Gaudí és una experiència magnífica. Per en Neil, les obres de l'arquitecte són com petites explosions de color enmig de la ciutat, destacant sobretot el Parc Güell i el seu característic banc, el qual defineix com una gran melodia.

A continuació es mostren algunes de les pintures realitzades per en Neil, ja siguin en blanc i negre o en color.

---

<sup>54</sup> Pintor, escultor, gravador i ceramista català que visqué de 1893 a 1983.

<sup>55</sup> Arquitecte català reconegut internacionalment com un dels genis més rellevants de l'arquitectura. Visqué de 1852 a 1926.

Retrats



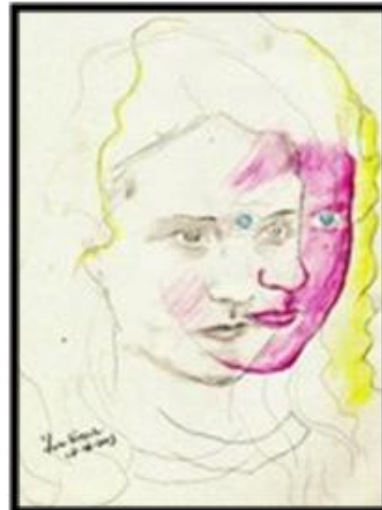
Fotografia 54. Moon Ribas



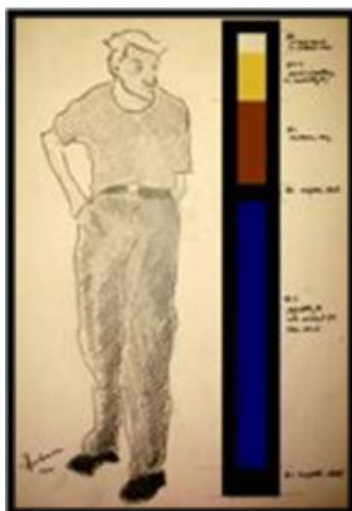
Fotografia 55. Anna Lloret – Colour 5



Fotografia 56. Daniel Blyth Wallace – Colour 6



Fotografia 57. Maria Sigfusdottir



Fotografia 58. Lluís Sardana



Fotografia 59. Pere Martir Viada



## Les primeres pintures en color



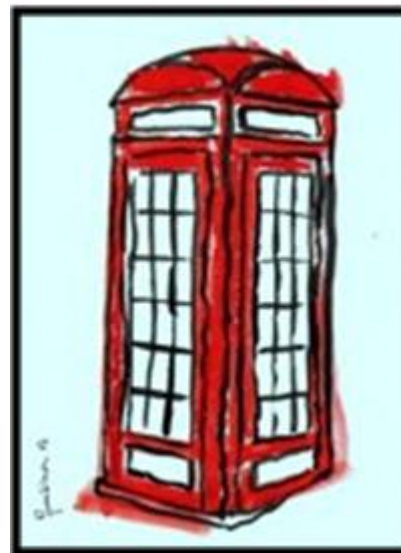
Fotografia 60. Coke (2004)



Fotografia 61. Paperboy Bag (2004)



Fotografia 62. Moon Ribas dancing



Fotografia 63. London Phone Box

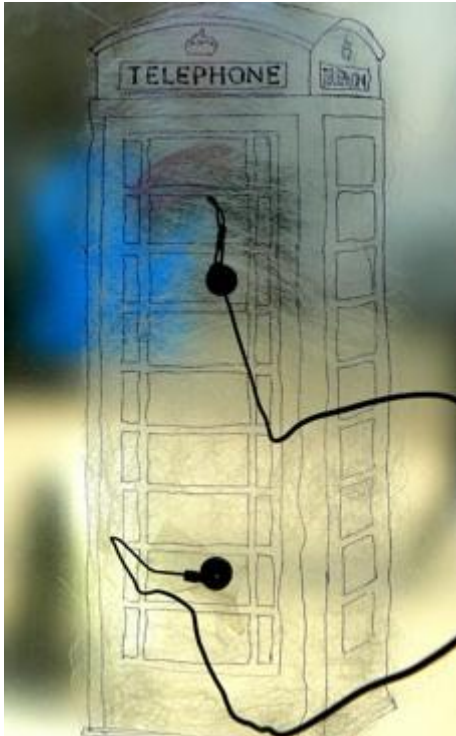


Fotografia 64. Barri Blau

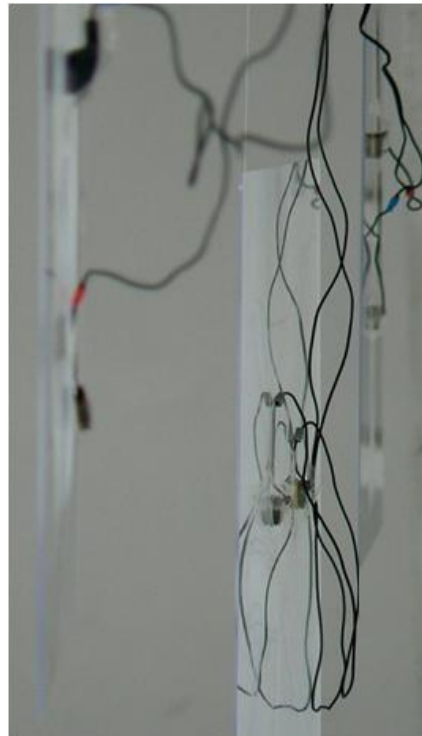


Fotografia 65. Red Shoe

## Pintures cibernètiques



Fotografia 67. Phone Box (2008)



Fotografia 66. Cybernetic Painting (2007)

### 3.5.2. La música de Neil Harbisson

L'única informació que hem obtingut respecte aquest tema és a través de l'entrevista que vam realitzar amb ell, ja que a Internet no se'n troba.

En Neil ens explicà que, abans de la invenció de l'*eyeborg*, ell realitzava música clàssica però que, un cop el va incorporar a la seva vida, va iniciar-se en el món de la música contemporània, la qual és molt més experimental gràcies a aquest tercer ull.

La música que elabora és més so que música en sí. Ell la defineix com una "*combinació d'ones pures que capta dels colors*".

Algunes de les seves cançons són *Prelude to Pau Riba*, *Albert VII*, *Opening*, *Iceland*, *Electroacoustic Soundscape*, *Sonocromatic Singers* o *Bandera Blanca*.

### 3.6. A la recerca del color de les capitals europees

En Neil Harbisson i la Moon Ribas formen un duet artístic dedicat a l'exploració del color a través de les arts visuals i escèniques. Moon Ribas, excompanya de classe de Neil i també mataronina, és llicenciada en coreografia a l'escola *Dartington College of Arts* d'Anglaterra (2004-2007).

Els dos artistes es van conèixer a l'edat de vuit anys a un dels tallers de teatre de Mataró. Als 11 anys, en Neil descobreix que pateix acromatòpsia. La fascinació pel món dels colors d'ella i el món gris d'ell fa que, als 14 anys, quan accidentalment es queden tancats al campanar de l'església local, es prometin que s'intercanviaran la visió si algun dia és possible.

Els dos artistes estan duent a terme un projecte anomenat ***The capital colours of Europe*** que consisteix en definir els dos colors dominants de cada capital europea. El duet artístic, a l'agost de l'any 2007, va començar un recorregut cromàtic per Europa cercant el color que defineix les 45 capitals del continent. El viatge va durar fins al desembre. El resultat d'aquesta recerca és, de moment, una quinzena de quadres bicolor formats per dos triangles que giren formant un sol to quan s'acciona una maneta giratòria. El projecte final és completar el mapa cromàtic de totes les capitals europees, però de moment només n'han visitat 29.



Fotografia 68. Neil Harbisson i Moon Ribas en el seu projecte *The Capital Colours of Europe*.

El seu recorregut és el següent: Lisbon, Portugal - Madrid, Spain - Andorra la Vella, Andorra - Monaco, Monaco - Bern, Switzerland - Vaduz, Liechtenstein - Rome, Italy - Vatican City, Vatican City - Valletta, Malta - San Marino, San Marino - Ljubljana, Slovenia - Zagreb, Croatia - Vienna, Austria - Bratislava, Slovakia - Budapest, Hungary - Belgrade, Serbia - Sarajevo, Bosnia and Herzegovina - Podgorica, Montenegro - Tirane, Albania - Athens, Greece - Nicosia, Cyprus - Skopje, Former Yugoslav Republic of Macedonia - Sofia, Bulgaria - Bucharest, Romania - Chisinau, Moldova - Warsaw, Poland - Prague, Czech Republic - Berlin, Germany - Amsterdam, Netherlands - Brussels, Belgium - Luxembourg, Luxembourg - Paris, France - London, United Kingdom - Dublin, Ireland - Reykjavik, Iceland - Oslo, Norway - Copenhagen, Denmark - Stockholm, Sweden - Helsinki, Finland - Tallinn, Estonia - Riga, Latvia - Vilnius, Lithuania - Minsk, Belarus - Kiev, Ukraine - Moscow, Russia.

És un projecte artístic i perceptiu; no científic, sinó poètic, perquè està basat en la percepció dels dos artistes. Per exemple, segons ells, Lisboa és d'un blau turquesa i groc pàl·lid; Madrid d'un to ambre terracota; Berna d'un vermell menta amb marró xocolata; Londres d'un vermell daurat; Mònaco de tonalitats blaves i de color salmó; Bratislava d'un turquesa i groc; i Andorra d'un verd fosc i fúcsia.

*"La ciutat que més ens va sorprendre va ser Andorra la Vella perquè hi havia una contradicció molt destacada, el verd obscur de les muntanyes i el fúcsia dels rètols lluminosos de les botigues; va ser la ciutat amb més contrastos"<sup>56</sup>*

En Neil també qualifica Andorra com la ciutat del color amb un so més agut, explicant que és la clara diferència entre el dia i la nit.

---

<sup>56</sup> Paraules de Moon Ribas sobre el projecte dut a terme juntament amb Harbisson al reportatge "Andorra la Vella és verda i fúcsia" realitzat pel diari El Periòdic.



Fotografia 69. Neil Harbisson i Moon Ribas inspeccionant el color d'un pas de zebra durant el seu projecte conjunt *The Capital Colours of Europe*.

La ciutat que té un color més evident, segons els artistes, és Milà, d'un salmó-atzur<sup>57</sup>. Per contra, la que els va resultar més difícil de definir va ser Budapest perquè és molt eclèctica. El duet artístic té com a futur objectiu la recerca del color de la seva ciutat natal, Mataró.

Per dur a terme el projecte, una de les normes era descartar el blanc, el negre i el gris, donat que formen part de la gamma acromàtica. D'aquesta manera, van emprar la gamma cromàtica, la qual comença al vermell i acaba al lila.

Els dos joves utilitzen dos mètodes diferents per trobar el color de les ciutats europees. Harbisson, com és lògic, capta els colors a través dels sons que percep el seu ull electrònic. A més a més, també es serveix d'uns cascs per escoltar amb més precisió el to del color; i d'una càmera-anell que li serveix per escoltar els colors des de darrera i també per escoltar els objectes més definidament apropant-hi l'anell. Al seu torn, la seva companya en aquesta iniciativa artística, que no pateix cap trastorn visual, porta unes ulleres calidoscòpiques que pràcticament no distingeixen les formes dels objectes però sí que n'accentuen els colors.

<sup>57</sup> L'atzur és el color blau en heràldica; la ciència i art auxiliar de la història que estudia la composició i significat dels escuts d'armes.

Els dos fanàtics del color cerquen el color predominant a la ciutat per separat i llavors cadascú diu quin color és, per ell, el més representatiu. D'aquesta manera, sorgeixen els dos colors dominants de cada ciutat.

En Neil no entén com la gent pot dir que les ciutats són grises i monòtones. Ell les veu o, més ben dit, les sent, de molts colors.

*“Quan la gent diu que el gris és trist, que un cel gris és trist, penso que està totalment equivocada. Les ciutats, per exemple, mai són grises. Amb el meu eyeborg ho he vist i sentit. Hi ha tant so i color! Fins i tot al gris! Mai res és gris a seques, sempre és gris blavós, marronós o amb molt altres matisos. Jo els sento, tu no”<sup>58</sup>*



Fotografia 70. El duet artístic amb els seus corresponents dispositius.

Els dos artistes de Mataró van crear una exposició a la galeria d'art Ca l'Arenas de Mataró resultat d'aquest projecte sota el títol “Opus 4: The Capital Colours of Europe de Moon and Harbisson” per convidar a l'espectador a experimentar i interaccionar amb el color.

<sup>58</sup> Paraules de Niel Harbisson al reportatge del diari La Nación de l'any 2008: *Yo, ciborg*.

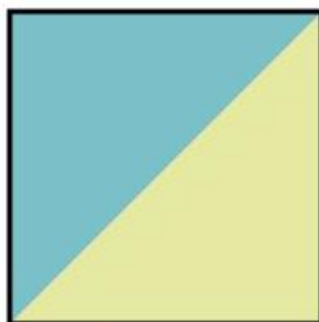




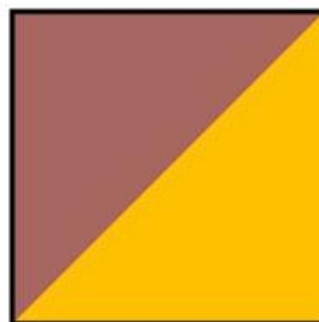
Fotografia 72. En Neil Harbisson escoltant el color de Berna (Suïssa).

*“Són colors poètics, impossibles, imaginaris, que el públic pot crear aquí amb el simple gest de girar la maneta”.*<sup>59</sup>

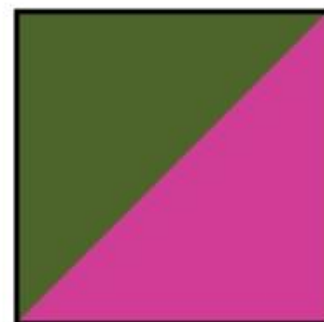
A continuació es mostren els 15 quadres bicolors representants de les ciutats europees per on han passat Harbisson i Moon cercant el color.



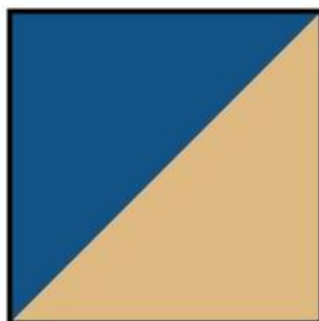
01-LISBON - Portugal



02-MADRID - Spain



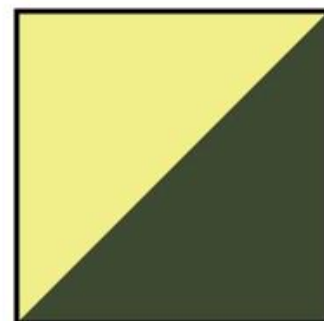
03-ANDORRA LA VELLA - Andorra



04-MONACO - Monaco



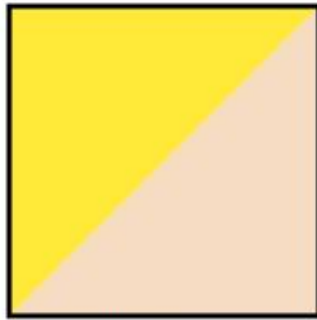
05-BERN - Switzerland



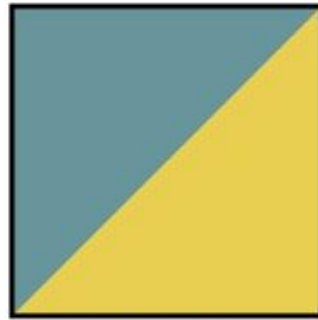
06-VADUZ - Liechtenstein

<sup>59</sup> Fragment d'un article realitzat pel Diari Digital de Mataró i el Maresme.





07-VIENNA - Austria



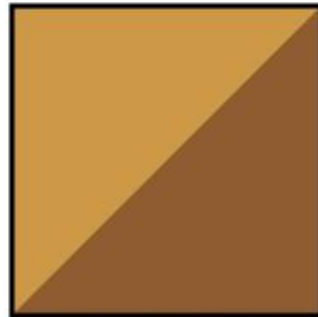
08-BRATISLAVA - Slovakia



09-BUDAPEST - Hungary



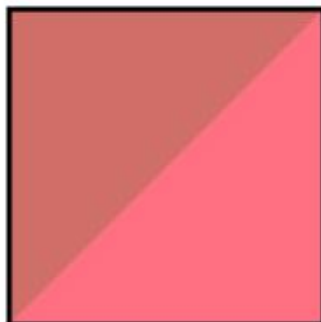
10-BELGRADE - Serbia



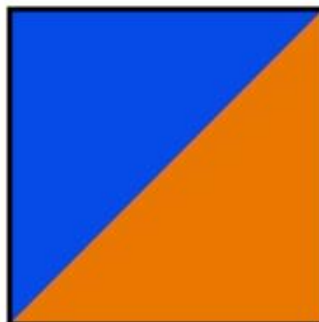
11-SARAJEVO - Bosnia  
Herzegovina



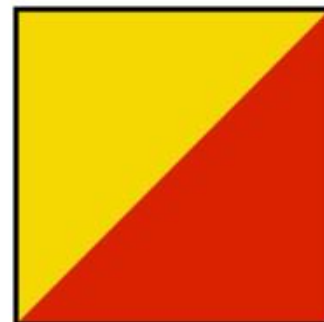
12-ZAGREB - Croatia



13-LJUBLJANA - Slovenia



14-DUBLIN - Ireland



15-LONDON - United Kingdom



Fotografia 73. Mostra dels colors de les ciutats europees a l'exposició "Opus 4: The Capital Colours of Europe de Moon and Harbisson".

L'any 2005, Iniciativa BMW per la Innovació es va plantejar de quin color era Barcelona i va encarregar a en Neil aquesta tasca.

La primera percepció que va tenir de la ciutat va ser un color gris, com a moltes altres ciutats, a causa del color grisós del terra i dels edificis. Al Litoral, en Neil arriba a la conclusió que Barcelona està embolcallada de blau per dalt, pel cel; i pel costat, pel mar. Dins la ciutat, en Neil sent petites explosions de color, com ara el Parc Güell, la teulada del Mercat de Santa Caterina i la Torre Agbar. A les Rambles, sent colors amunt i avall: gent de diferents cultures, els colors de les flors...A la Boqueria sent una gran simfonia, és a dir, percep una gran quantitat de colors.

En el plata hi viuen tots els colors i ell veu Barcelona d'aquest color. El platejat és el resultat de sumar el blau del mar amb el reflex del sol, el terra gris i les explosions multicolor.



Fotografia 74. El color plata és resultat de la barreja de molts colors.

Un cop acabat el projecte *The Capital Colours of Europe*, els dos artistes tenen la intenció d'escriure un llibre explicant la seva experiència i, seguidament, marxar a Sud Amèrica a continuar la seva recerca cromàtica de ciutats.

En Neil ja ha estat a Guatemala i a Cuba, i assegura que en aquests països utilitzen molt més el color que al nostre continent. Explica que l'*eyeborg* no parava de sonar en tot el dia, igual si era al carrer o dins d'una casa.

#### 4. L'arc iris d'en Neil

*L'arc iris d'en Neil* és el títol que li hem posat a la part més pràctica d'aquest treball, que ha consistit en construir una caixa musical que relaciona color i so, igual que ho fa Neil Harbisson.

La caixa consta de set cordes de guitarra tibades com si es tractés d'una arpa. En fer vibrar aquestes set cordes, sorgeixen set notes musicals diferents. Aquestes notes musicals són les que en Neil sent quan observa els set colors de l'arc iris.

Els colors s'han indicat pintant les cordes i, a més, afegint unes peces rodones de colors situades a un extrem de cada corda.



Fotografia 75. *L'arc iris d'en Neil* un cop acabat

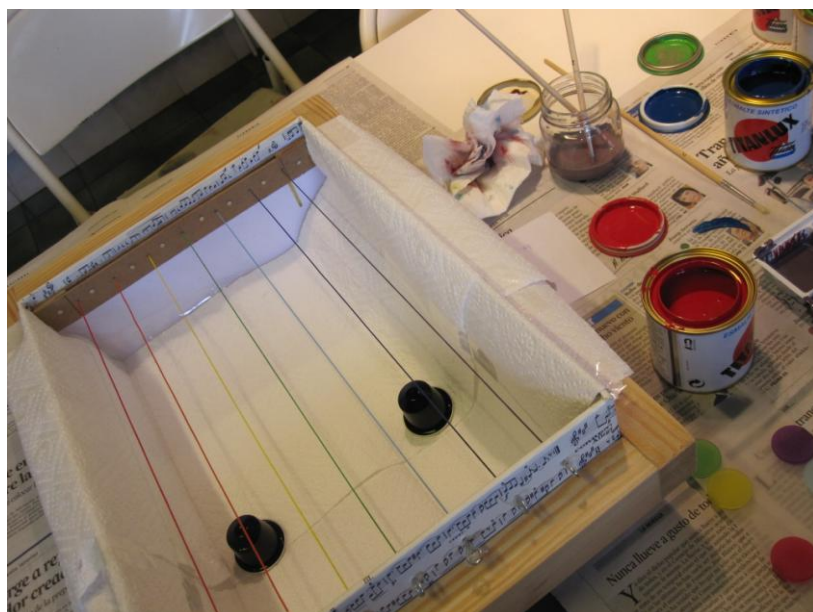
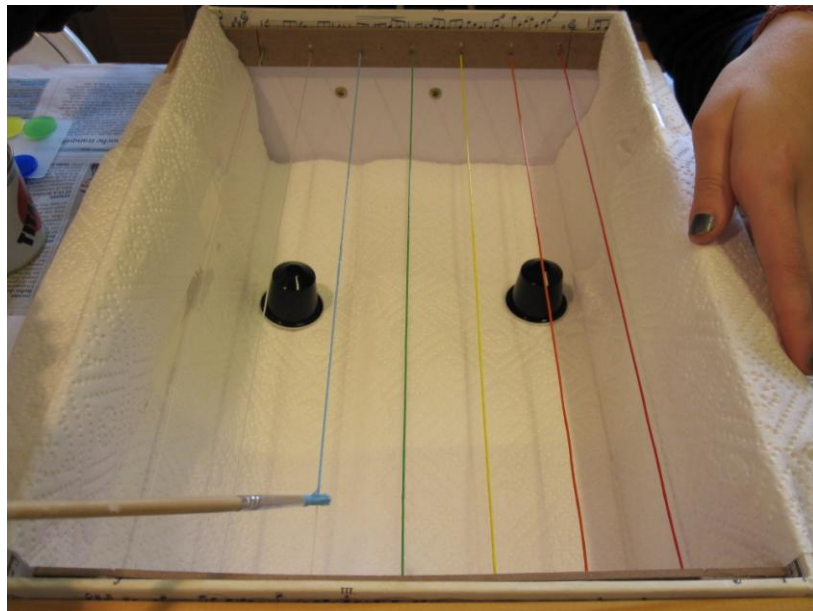
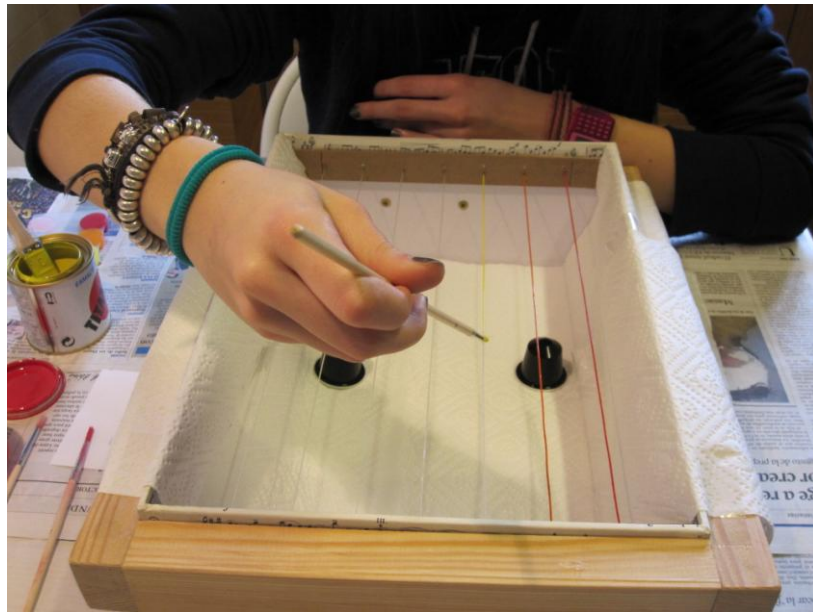
L'associació entre color i nota musical ens la va donar el mateix Neil Harbisson, i és la següent:

- VERMELL: FA
- TARONJA: FA SOSTINGUT
- GROC: SOL
- VERD: LA
- TURQUESA: SI
- BLAU: DO
- LILA: RE SOSTINGUT

A continuació es mostren fotografies realitzades durant l'elaboració de la caixa musical.











## 5. Conclusions

Aquest projecte es va iniciar amb un grapat d'idees i amb unes poques pinzellades d'informació, però que despertaven unes inquietuds, un interès i una atracció cap a un tema desconegut per nosaltres. No sabíem ben bé quin rumb ni quina estructura prendria el treball ja que l'estudi del color era molt ampli. A mesura que el treball anava prenent forma, vam decidir centrar-nos principalment en la part més innovadora del color, és a dir, la que tracta sobre Harbisson i la seva forma de percepció cromàtica. Vam descartar, per tal d'acotar el tema i aprofundir més en allò que ens interessava, eludir tota la temàtica de la psicologia del color, interessant per una banda, però que ens allunyava literalment de Harbisson i la seva percepció cromàtica.

Estem satisfets pel que fa a les conclusions extretes del treball, les quals es mostren a continuació, redactades en funció dels objectius establerts a l'inici i en concordança amb les parts del treball desenvolupades anteriorment. Cal precisar, però, que no es tracta d'un treball tancat i finalitzat, la història de Harbisson continuarà evolucionant i estem segurs, que, d'aquí a uns anys, haurà millorat encara més la seva tècnica i haurà introduït nous colors a la seva vida.

En primer lloc, hem comprovat l'extraordinària influència dels colors en tots els àmbits de la nostra vida. El color des de l'inici de la humanitat ha estat una de les grans obsessions de l'home, reflectir-lo, plasmar-lo, pintar-lo, reproduir-lo en la seva màxima expressió. El color ha pintat personatges imaginaris (príncep blau), ha donat nom a revolucions (revolució taronja), a supersticions (gat negre), a moviments (partits polítics verds), a grans esdeveniments (catifa vermella), a malalties (febre groga)...

El color és un fet constant i no podem evitar veure'l o sentir-lo anomenar. Forma part innata de la nostra vida i evidentment afecten a la nostra manera d'actuar, de sentir i fins i tot de com ens fan sentir. Mostren estats d'ànims, a vegades dolorosos, d'altres alegres i alguns a vessar de melancolia. Tot és color. Les noves tecnologies s'esforcen per mostrar aquest en la seva plenitud i estudiar com incideixen en cadascun de nosaltres. El color és comunicació. A la natura, serveix per perpetuar l'espècie i assegurar l'èxit reproductiu; a la vida quotidiana, els colors ens faciliten el transport en metro; ens comuniquen el nivell de dificultat de les pistes d'esquí; ens fan assabentar de la consciència d'alguna persona quan s'enganxa un llaç d'un determinat color a la solapa; en el judo, els colors simbolitzen esglaons i marquen el procés d'aprenentatge...

En segon lloc, un altre dels objectius aconseguits ha estat entendre què és el color i què fa que observem quelcom d'un determinat color i no d'un altre. Hem arribat a la conclusió que el color no és una simple característica d'un l'objecte, sinó que el color sorgeix com a conseqüència de la combinació de tres aspectes.

En primer lloc, la diversitat de colors suposa petites diferències pel que fa a les longituds i freqüències de les ones electromagnètiques. En segon lloc, el color d'un cos depèn de com reacciona a la llum la composició molecular de la seva matèria, és a dir, si absorbeix les ones o les reflecteix. Per últim, aquestes radiacions de llum són captades gràcies al sentit de la vista a través dels cons, unes cèl·lules que es troben a la retina. El cervell serà l'encarregat de donar un nom a aquesta sensació: color.

Com a tercer objectiu del treball volíem demostrar que malgrat patir un trastorn visual és possible l'adaptació a la societat gràcies a la tecnologia. Aquest fet l'hem pogut comprovar estudiant els *ciborgs* i, concretament, Neil Harbisson. Aquesta persona dedicada a la recerca del color i obsessionada per "colorejar" tot el que l'envolta, des de fets històrics fins a sentiments o territoris, va veure com la seva vida canviava des del moment que va començar a utilitzar l'*eyeborg*, la càmera que li "llegeix" els colors. A través de la seva experiència, doncs, hem pogut comprovar que és possible una equivalència entre colors i sons que ha pogut utilitzar Harbisson. Abans d'utilitzar aquest dispositiu no podia, per exemple, anar a comprar pomes vermelles ja que no diferenciava les vermelles de les verdes o grogues. En canvi, fent servir aquest recurs tecnològic la seva particularitat visual no li representa cap obstacle.

Adam Montandon, creador de l'*eyeborg*, i Neil Harbisson tenen l'esperança que aquest invent representi un gran avenç en el món dels discapacitats visuals i que en un futur pugui ajudar als milers de cecs i acromatòpsics del món interessats en voler percebre els colors. A més, afirmen que molts artistes s'interessen en un projecte que combina l'experiència visual i l'auditiva com una percepció nova, creant una connexió més estreta entre els dos sentits.

Finalment, la caixa de música que hem construït anomenada *L'arc iris d'en Neil* ha estat la millor manera per entendre l'associació que Neil Harbisson fa entre colors i notes musicals.

*"El color cal que sigui pensat, somiat, imaginat."  
Henri Matisse*

## 6. Fonts i bibliografia

### 6.1. Bibliografia

- BALL, Philip. *La invención del color*. Madrid, Turner, 2003.
- CHIAZZARI, Suzy. *Color*. Barcelona, Blume, 1999.
- JENNINGS, Simon. *Manual del color para el artista*. Barcelona, Blume, 2005.
- K. LANG, Gerhard. *Oftalmología*. Barcelona, Masson, 2006.
- LACY, Marie Louise. *El poder mágico de los colores*. Barcelona, Ediciones Martínez Roca, 1995.
- LUCAS, Dr. H. *Enciclopedia médica de la salud*. Munic, Blume, 1995.
- PADRINI, Francesco i LUCHERONI, Maria Teresa. *Cromoterapia*. Barcelona, Editorial de Vecchi, 2005.
- PARKER, Dorothye. *Interpretar los colores*. Madrid, Lisma Ediciones, 2003.
- SANZ, Juan Carlos i GALLEGO, Rosa. *Diccionario Akal del color*. Madrid, Ediciones Akal, 2001.
- SANZ, Juan Carlos. *El lenguaje del color*. Madrid, Blume, 1985.
- WILLS Pauline. *Todo lo que necesita saber sobre los colores*. Barcelona, Libros Cúpula, 1999.
- ZELANSKI, Paul i FISHER, Mary Pat. *Color*. Madrid, Blume, 2001.

### 6.2. Webgrafia

- 2008 Gener: Pragma. <<http://bloc.pragma.cat/2008/01/>> [consulta 19.12.09]
- Albert Ibanyez. <<http://www.albertibanyez.com/index.php?/projectes/capital-colors-of-europe/>> [consulta 14.10.09]
- Andorra - Andorra la Vella és verda i fúcsia. <[http://www.elperiodicdandorra.com/default.asp?idpublicacio\\_PK=16&idioma=CAS&idnoticia\\_PK=479992&idseccio\\_PK=253&h](http://www.elperiodicdandorra.com/default.asp?idpublicacio_PK=16&idioma=CAS&idnoticia_PK=479992&idseccio_PK=253&h)> [consulta 12.10.09]
- BBC – Devon Features – New Device helps people with colour blindness. <[http://www.bbc.co.uk/devon/news\\_features/2005/eyeborg.shtml](http://www.bbc.co.uk/devon/news_features/2005/eyeborg.shtml)> [consulta 13.09.09]
- Bridging the Island of the Colourblind – Adam Montandon Blog - The Montandon Method. <<http://www.adammontandon.com/index.php/2008/03/22/bridging-the-island-of-the-colourblind/>> [consulta 29.09.09]
- Cellar Door – Colour turning into sound turning into color. <<http://tokyohanna.blogspot.com/2008/04/color-turning-into-sound-turning-into.html>> [consulta 14.10.09]
- Color+design blog / Hearing color: Neil Harbisson, Cyborg by COLOURlovers. <<http://www.colourlovers.com/blog/2008/07/22/hearing-color-neil-harbisson-cyborg/>> [consulta 29.09.09]

- Colour-blind artist learns to paint by hearing – Times Online.  
<[http://entertainment.timesonline.co.uk/tol/arts\\_and\\_entertainment/visual\\_art/article3423446.ece](http://entertainment.timesonline.co.uk/tol/arts_and_entertainment/visual_art/article3423446.ece)> [consulta 29.09.09]
- Creaciones contemporáneas: ¿Cómo funciona el ojo humano?:  
<<http://locontemporaneo.blogspot.com/2008/10/cmo-funciona-el-ojo-humano.html>> [consulta 24.12.09]
- Cyborg enables color-blind artista to hear his palette – Underwire.  
<<http://www.wired.com/underwire/2008/02/cyborg-enables-color-blind-artist-to-hear-his-palette/>> [consulta 29.09.09]
- Cyborgblog: Neil Harbisson, the world's first eyeborg.  
<<http://headlesschicken.ca/cyborgblog/2006/09/neil-harbisson-worlds-first-eyborg.html>> [consulta 29.09.09]
- Cyborgs en la realidad y en la ficción.  
<<http://www.ctv.es/USERS/patxiirurzun/cinco/ciborgs.htm>> [consulta 08.08.09]
- Delyarte. <<http://www.delyrarte.com.ar/sitio/discol5.htm>> [consulta 20.12.09]
- Directe!cat! REPORTATGE: Un artista que només veu en blanc i negre posa color a 15 ciutats europees. <<http://www.directe.cat/acn/reportatge-un-artista-que-nomes-veu-en-blanc-i-negre-posa-color-a-15-ciutats-europees-en-u>> [consulta 12.10.09]
- El “ojo biónico” es una realidad: se lo implantó un cineasta para poder filmar.  
<http://www.clarin.com/diario/2009/05/24/sociedad/s-01925036.htm> [consulta 22.08.09]
- El círculo cromático. <<http://haciendofotos.com/el-crculo-cromtico/>> [consulta 19.12.09]
- El color de la ciudad – El País.com.  
<[http://www.elpais.com/articulo/cataluna/color/ciudad/elpepiautcat/20060630/elpcat\\_22/Tes/](http://www.elpais.com/articulo/cataluna/color/ciudad/elpepiautcat/20060630/elpcat_22/Tes/)> [consulta 12.10.09]
- El diari digital de Mataró i el Maresme.  
<[http://www.capgros.com/noticies/detall.asp?id\\_noticia\\_portal=2276&sec=1&portada=1](http://www.capgros.com/noticies/detall.asp?id_noticia_portal=2276&sec=1&portada=1)> [consulta 13.09.09]
- El diari digital de Mataró i el Maresme.  
<[http://www.capgros.com/noticies/detall.asp?id\\_noticia\\_portal=16712&sec=75&portada=1](http://www.capgros.com/noticies/detall.asp?id_noticia_portal=16712&sec=75&portada=1)> [consulta 12.10.09]
- El primer “dit-USB”.  
<[http://www.eldebat.cat/cat/notices/el\\_primer\\_dit\\_usb\\_44739.php](http://www.eldebat.cat/cat/notices/el_primer_dit_usb_44739.php)> [consulta 23.08.09]
- Els nostres amics, els ulls. <<http://eureka.ya.com/astrologia76/cat/ulls.html>> [consulta 21.12.09]
- Existen herramientas simples para corregir la acromatopsia.  
<<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2007/2007prim/tecnologia9/acromatopsia-mic-250407.asp>> [consulta 24.08.09]
- Eyborg lets color-blind artist paint in color – Unleash your inner geek.  
<<http://1337g33k.wordpress.com/2008/02/27/eyborg-lets-color-blind-artist-paint-in-color/>> [consulta 11.10.09]
- Eyes opened to sound of socks – Telegraph.  
<<http://www.telegraph.co.uk/health/alternativemedicine/3313425/Eyes-opened-to-sound-of-socks.html>> [consulta 13.09.09]
- Flickr: Secuencia de fotos de Neil Harbisson.  
<<http://www.flickr.com/photos/25958224@N02/>> [consulta 21.12.09]
- Forbidden Words.  
<[http://cv.uoc.es/~dgomezf/revisiografics12003/moduls/M1-e6-percepcion\\_color.htm](http://cv.uoc.es/~dgomezf/revisiografics12003/moduls/M1-e6-percepcion_color.htm)> [consulta 24.08.09]

- Gear – News Magazine. <<http://www.likecool.com/brand-Gear-News-10.html>> [consulta 11.10.09]
- Grandes experimentos de la física – Newton. <<http://www.jfrutosl.es/paginas/grandes%20experimentos/paginas/newton.HT ML>> [consulta 19.12.09]
- Hemeroteca – Lavanguardia.es. <<http://hemeroteca.lavanguardia.es/preview/2009/01/28/pagina-28/76511503/pdf.html>> [consulta 13.09.09]
- Informativos Telecinco.com – Cultura – El pintor de sonidos. <[http://www.informativos.telecinco.es/dn\\_5126.htm](http://www.informativos.telecinco.es/dn_5126.htm)> [consulta 13.09.09]
- Kevin Warwick- Home Page. <<http://www.kevinwarwick.com/>> [consulta 18.08.09]
- La baldufa, física a la carta. <<http://baldufa.upc.edu/baldufa/lbindex/lbindex.htm?url2=http://baldufa.upc.edu/baldufa/partii/f1/f1b010/f1b010.htm>> [consulta 19.12.09]
- La Nacion.cl - Temas del domingo. <[http://www.lanacion.cl/prontus\\_noticias\\_v2/site/artic/20080209/pags/20080209174441.html](http://www.lanacion.cl/prontus_noticias_v2/site/artic/20080209/pags/20080209174441.html)> [consulta 14.10.09]
- La visió humana. <<http://www.xtec.es/~mgisbert/projecte/vista.html>> [consulta 23.12.09]
- Módulo 1 – Percepción Visual. <[http://cv.uoc.es/~dgomezf/revisiografics12003/moduls/M1-e6-percepcion\\_color.htm](http://cv.uoc.es/~dgomezf/revisiografics12003/moduls/M1-e6-percepcion_color.htm)> [consulta 27.12.09]
- Nathan Kline Institute. <<http://www.rfmh.org/nki/welcome/kline.cfm>> [consulta 08.08.09]
- Neil Harbisson – Cyborg. <[http://www.harbisson.com/Neil\\_Harbisson/Welcome.html](http://www.harbisson.com/Neil_Harbisson/Welcome.html)> [consulta 29.09.09]
- Neil Harbisson – MySpace. <<http://www.myspace.com/harbisson>> [consulta 29.09.09]
- NEIL HARBISSON – Somgentbatart. <<http://somentbatart.com/2008/01/18/neil-harbisson/>> [consulta 12.10.09]
- Neil Harbisson en MySpace Música. <<http://www.myspace.com/harbissonic>> [consulta 27.12.09]
- Neil Harbisson. El primer cyborg registrado en todo el mundo. <<http://www.forbiddenwords.net/2007/05/30/neil-harbisson-el-primer-cyborg-registrado-en-todo-el-mundo/>> [consulta 11.10.09]
- Notas sobre la administración o gestión del color. <<http://www.gusgsm.com/book/export/html/1>> [consulta 24.12.09]
- Parlem del glaucoma. <<http://www.biosfera.cat:8888/biosfera/?p=3146>> [consulta 21.12.09]
- QuiltWoman.com: Block of the Month – December. <<http://resources.quiltwoman.com/DEC98block.html>> [consulta 19.12.09]
- Research TV. <<http://www.research-tv.com/stories/health/eyesight/>> [consulta 13.09.09]
- Revista Catalana de Geografia. <<http://www.rcg.cat/articles.php?id=162>> [consulta 19.12.09]
- Saberes de mi espíritu. <[http://saberse demiespiritu.blogspot.com/2007\\_09\\_01\\_archive.html](http://saberse demiespiritu.blogspot.com/2007_09_01_archive.html)> [consulta 13.09.09]
- Sant Feliu és jove: “Jo ja tinc un dit USB”. <<http://santfeliujove.blogspot.com/2009/03/jo-ja-tinc-un-dit-usb.html>> [consulta 22.08.09]

- Search results for NEIL HARBISSEON – Ireland.com  
<[http://www.ireland.com/home/search.ie?hid=eNorSi0uzSkpds7PK0mtKNErTk0sSs6A8QpLU4sq9fKLMtMz8xJzAkG84JKizLx0Wz9XTx9tD8cgJ8\\_gYH8\\_AMbTGi4.](http://www.ireland.com/home/search.ie?hid=eNorSi0uzSkpds7PK0mtKNErTk0sSs6A8QpLU4sq9fKLMtMz8xJzAkG84JKizLx0Wz9XTx9tD8cgJ8_gYH8_AMbTGi4.)> [consulta 29.09.09]
- Serveis Informatius de Ràdio i Televisió d'Andorra – Andorra la Vella és de color verd murta i violeta pensament.  
<[http://www.informatius.ad/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6634&Itemid=63](http://www.informatius.ad/index.php?option=com_content&task=view&id=6634&Itemid=63)[http://www.informatius.ad/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6634&Itemid=63](http://www.informatius.ad/index.php?option=com_content&task=view&id=6634&Itemid=63)> [consulta 27.12.09]
- Síntesis Sustractiva (EET 467 – TEORIA DEL COLOR).  
<<http://sites.google.com/site/eet467teoriadelcolor/la-luz-y-el-color/sintesis-sustractiva>> [consulta 19.12.09]
- SOCIEDAD – Vox Press.  
<<http://www.voxpress.cl/sociedad/articulo00010.htm>> [consulta 24.12.09]
- Synesign – Blog – Neil Harbisson, Artist, Interprets Colours Through Sound.  
<<http://synesign.squarespace.com/blog/2009/5/28/neil-harbisson-artist-inteprets-colours-through-sound.html>> [consulta 29.09.09]
- Teoría del color. <<http://maycuberos.wordpress.com/2009/02/15/teoria-del-color/>> [consulta 19.12.09]
- Teoría del color. Propiedades de los colores.  
<<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1503.php>> [consulta 20.12.09]
- The Capital Colours of Europe. <<http://www.capitalcolours.blogspot.com/>> [consulta 12.10.09]
- The Eyeborg Project. <<http://www.eyeborgblog.com/>> [consulta 22.08.09]
- Top European Award – UPDATED – Eyeborg, Dca, Neil, Him, Hosted – University College Falmouth. <<http://www.falmouth.ac.uk/1046/news-from-university-college-falmouth-5/dartington-364/top-european-award-updated-2171.html>> [consulta 29.09.09]
- Top Talent Projects 2004.  
<[http://www.toptalent.europrix.org/tta05/2004/8030\\_16.html](http://www.toptalent.europrix.org/tta05/2004/8030_16.html)> [consulta 29.09.09]
- Tot Mataró – El diari electronic de Mataró i el Maresme – Moon and Harbisson aterren amb The Capital Colous of Europe a Ca l'Arenas.  
<[http://www.totmataro.cat/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=83418&Itemid=108](http://www.totmataro.cat/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=83418&Itemid=108)> [consulta 15.10.09]
- Un cineasta tuerto se implanta una cámara en su ojo de cristal para gravar el documental "Proyecto Eyeborg".  
<<http://www.diariodirecto.com/cultura/2009/03/07/cineasta-implanta-camara-en-ojo-612865626811.html>> [consulta 22.08.09]

### 6.3. Altres fonts

- DVD's dels capítols del programa *Colors en sèrie* del Canal 33.
- Entrevista realitzada a Neil Harbisson el 24 d'octubre de 2009 a Barcelona.
- Gravació del programa *El Matí de Catalunya Ràdio: Neil Harbisson, ciborg de colors* [25.08.09]
- Vídeo *Colors a la vista* realitzat pel programa televisiu *Quèquicom* del Canal 33. [21.12.09]
- Vídeo *Cyborg Neil Harbisson busca el color d'Andorra la Vella* realitzat per *Ràdio Televisió d'Andorra (RTVA)* l'any 2008. [12.10.09]

- Vídeo de l'entrevista a Neil Harbisson realitzada pel programa britànic *Richard and Judy* del canal *Channel 4* l'any 2004. [12.10.09]
- Vídeo del reportatge realitzat per la BBC l'any 2004: *Eyeborg* [12.10.09]
- Vídeo *Què són els colors?* realitzat pel programa del Canal K3 *Golobica TV*. [21.12.09]
- Vídeo *The Art of Silence – Dailiy Planet* realitzat pel canal canadenc *Discovery Channel* l'any 2008 [12.10.09]
- Vídeo *Yo, Robot* realitzat pel programa de RTVE *Repor* l'octubre de 2009. [21.10.09]

# Annex



# **Annex 1**

**Entrevista a Kevin**

**Warwick**

**Realitzada pel diari La  
Vanguardia el dia 29 de  
desembre de 2008**

**Ima Sanchís.- Cuénteme todas las cosas raras que ha hecho...**

Ponerme implantes en mi cuerpo: el primero, hace diez años, fue un simple identificador en el brazo.

**¿Como los chips de los perros?**

Sí, pero conectado a mi domotizada casa. Podía controlar las puertas, las luces y la temperatura.

**¿Ábrete, puerta?**

Ni eso, se abrían ante mi presencia, y una voz me saludaba. Lo llevé durante un tiempo, sólo para investigar.

**Pues lleva el brazo lleno de cicatrices.**

Gajes del oficio. El segundo implante, hace cinco años, fue más peligroso. Necesité cinco neurocirujanos para que me implantaran cien electrodos en mi sistema nervioso central, que conecté al ordenador y a Internet.

**¿Y qué conseguía con eso?**

Expandir mi sistema nervioso central a través de Internet. Con la mente controlaba una mano robot que estaba en casa, en Inglaterra, desde Nueva York.

**¿Llegaremos a tener robots que ejecutarán nuestras órdenes pensadas en el otro extremo del mundo?**

Evidentemente. Yo ya he conducido una silla de ruedas con el pensamiento. Una persona parálitica va a poder conducir un coche y vamos a tener muchos más sentidos: infrarrojos, ultravioletas, rayos X...

**¿Podremos dejar un robot en el despacho trabajando e irnos a la playa?**

Claro, y llevarnos otro para que nos ponga la crema. Pero antes debemos definir qué es un robot: estamos cultivando tejido neuronal de rata para aplicar a la robótica, de manera que tendremos un híbrido mitad ser vivo mitad máquina. ¿Sabe qué pasa?..., que el cuerpo humano no es algo fantástico.

**Creía que era la máquina más perfecta.**

Sin duda iremos sustituyéndolo a trozos y, llevado al límite, podremos desembarazarnos de nuestro cuerpo y sus necesidades.

**Radical. ¿Cómo convenció a su mujer para que se prestara a sus experimentos?**

Es abogada, nada que ver con lo mío, pero quiso participar. Yo me puse un implante y ella cien electrodos de modo que, cuando ella moviera la mano, yo recibiera en mi cerebro su movimiento; así pudimos comunicarnos de forma telegráfica.

**¿Adónde puede llevarnos todo esto?**

Cuando todos llevemos chips en el cerebro, podremos comunicarnos sin tener que hablar. El lenguaje es algo muy limitado y limitador: podremos transmitir colores, pensamiento abstracto o impulsos sexuales.

**¿Esos impulsos serán voluntarios o escaparán a nuestro control?**

Habrá que probarlo, creo que podremos controlarlos igual que el lenguaje.

**¿También podremos implantarnos un chip con todos los idiomas?**

Sí, pero no será necesario. Estamos todavía en el tejido neuronal de las ratas, pero pronto trabajaremos con neuronas humanas.

### **¿A dónde quiere llegar?**

De momento tengo dos objetivos: hacer crecer neuronas humanas en un robot, y conseguir que nos comuniquemos con los ordenadores mediante el pensamiento, de manera que se conviertan en una extensión de nuestro cerebro, y viceversa. Eso nos permitirá, por ejemplo, manejar más dimensiones.

### **¿Qué tipo de dimensiones?**

Por ahora, el cerebro humano entiende el mundo en tres dimensiones, lo que es bastante lamentable porque el mundo es mucho más complejo. Conseguir que el cerebro entienda y maneje más dimensiones nos dará una potencia inusitada. Por ejemplo, hasta el momento sólo hemos sido capaces de viajar a la Luna, pero con las nuevas dimensiones hallaremos nuevas soluciones.

### **... Robótica y física cuántica.**

Sí, ya están trabajando juntas. Vamos a desarrollar la inteligencia humana de manera considerable, lo que nos va a llevar a un nuevo mundo que no podemos ni imaginar. El problema será que habrá dos categorías humanas, los implantados y los no implantados, y unos serán muy superiores a los otros.

### **¿Tiene previsto algún otro experimento consigo mismo?**

Sí. Quiero ponerme otro implante cerebral para, mediante el pensamiento, poder comunicarme y controlar más aparatos y sistemas; pero la operación es muy peligrosa y hay muchos burócratas que no quieren que los científicos se diviertan; es más difícil tratar con ellos que con la ciencia.

### **¿Cómo será ese ser cibernético?**

El teléfono estará integrado en el cerebro y viviremos conectados constantemente a la red, que nos dará acceso a una base de conocimiento inmensa e inmediata. A través de nuestros propios ojos podremos ver las imágenes que escojamos. Y creo que todo esto irá más rápido de lo que imaginamos.

**Habrá un lado oscuro.**

Intereses comerciales, por supuesto; pero los necesitamos, son parte del sistema. En cuanto al control político, por ahora no controla la red. Pero como cualquier nueva ciencia, tendrá las dos caras: los piratas informáticos podrán boicotearnos el cerebro, saber qué estamos pensando o, directamente, influir en nuestro pensamiento.

**Si cambiamos el cuerpo a piezas y modificamos nuestra química cerebral y la personalidad,  qu  queda de nosotros?**

No lo sé. Somos nuestro cerebro y todo apunta a que lo modificaremos a voluntad; perderemos unas cosas y ganaremos otras: un paso más en la ruta de la evolución.

**Kevin Warwick**

54 años. Nací y vivo en Inglaterra. Estoy casado y muy felizmente, tenemos dos hijos y dos nietas. Soy ingeniero biomédico, profesor de Cibern tica en la Universidad de Reading. En Europa somos muy cerrados desde el punto de vista científico. Es improbable un Dios.

"Si conseguimos hacer un enlace del cerebro a un ordenador, podremos llegar a entender todas las dimensiones, m s allá de nuestras limitadas tres dimensiones, y pensar desde ellas.  Se imagina?...". Warwick ya ha hecho historia, ser el primer *ciborg* de la humanidad. Primero se implantó un chip en el brazo para controlar su dom tica casa; luego, cien electrodos en el cerebro, con lo que consiguió que su pensamiento controlara una mano rob tica a más de 5.000 km. Augura un futuro de seres conectados cerebralmente a una gran red de información. En espera de los permisos para su tercer autoexperimento, ha participado en las magníficas jornadas de rob tica que organiza el Ayuntamiento de Barcelona.

La Vanguardia-La Contra [29.12.2008]

# **Annex 2**

## **Entrevista a Neil Harbisson**

Un munt de ganes i d'il·lusió van ser els primers ingredients per preparar la trobada amb el nostre amic Neil Harbisson. Primer de tot, vam escriure un seguit de preguntes per fer-li, a fi que ens poguéssim aclarir tots els nostres dubtes. Un cop acabades, vam pensar que una idea molt encertada seria portar objectes de colors perquè, així, ens poguéssim ensenyar personalment com funciona el seu *tercer ull*. Una caixa de llapis de colors, una altra d'aquarel·les, i pomes i pebrots verds, vermells i grocs van ser els objectes escollits. Com a obsequi, què millor que un bon assortit de bombons i trufes de xocolata blanca i negra? Li van encantar!

Per fi, després de dies de preparació i amb un xic de nerviosisme, va arribar el 24 d'octubre. A les 4 de la tarda em vaig trobar a l'escola de La Salle Manlleu, amb un dels tutors del treball, en Vicenç Devesa i vam emprendre direcció cap a Barcelona. Havíem quedat amb en Neil a dos quarts de sis en una cafeteria, lloc on li faríem l'entrevista i on ens trobaríem amb l'Andrea, la meva germana, que seria la responsable de filmar la trobada.

Tot i haver fet un concert la nit anterior, en Neil va arribar molt puntual. Des d'un primer moment se'l va veure molt proper i simpàtic. La primera anècdota? Tant la meva germana, com en Vicenç, com jo, vam xocar amb l'*eyeborg* a l'hora de fer-li els dos petons. Ell, rient, ens va dir que era molt normal, i que, per això, la gent que el coneix només n'hi fa un al cantó que no porta la càmera.

Vam gravar amb vídeo tota l'entrevista, la qual en Neil va contestar de forma molt correcta. Totes les preguntes estan copiades literalment a continuació. A més, vam acordar que ens mantindríem en contacte via e-mail, ja que ens havia de passar diversos documents relacionats amb l'*eyeborg* i els colors.

Seguidament, ens vam desplaçar a un parc. Allà, ens va poder ensenyar la manera com l'*eyeborg* donava els senyals al portàtil, i com aquest els transformava en freqüències sonores. Vam posar-lo a prova fent-li endevinar els colors dels diferents objectes que havíem portat, o fent-li assenyalar d'entre diversos colors, un de concret. Mai oblidaré l'expressió d'en Neil dient: "Aquest pebrot sona molt bé!".

Finalment, ens vam fer algunes fotos junts que quedaran per sempre en el nostre record i que es mostren al final de l'entrevista.

- 1. Imagino que deus estar al corrent de les illes Pingelap i Pohnpei, les quals reben el nom de “les illes dels cecs al color” perquè un percentatge molt elevat de la població pateix acromatòpsia. Les has visitat mai o has tingut mai la curiositat de fer-ho?**

No les he vist mai però tinc molta curiositat per fer-ho.

- 2. L'acromatòpsia és freqüent trobar-la acompanyada de nistagme, que és el moviment involuntari i incontrolable dels ulls. És aquest el teu cas?**

No, ja que la meva acromatòpsia és de tipus cerebral.

- 3. Els teus ulls són sensibles a llocs amb molta llum?**

No, aquest problema només el tenen les persones que pateixen acromatòpsia del tipus visual, és a dir, les persones que els falten receptors de la llum (cons i bastons).

- 4. Pateixes algun altre defecte relacionat amb la vista com ara miopia, astigmatisme o hipermetropia?**

No. Tant sols tinc una mica d'estigmatisme a l'ull esquerre però això no té res a veure amb l'acromatòpsia.

- 5. Actualment pots arribar a sentir fins a 360 colors, veritat? Vols arribar a un determinat número de colors?**

No, l'objectiu de colors era aquest, 360, un so per a cada grau del cercle cromàtic. Però ara el que vull és poder captar els infrarojos i la llum ultraviolada, els quals l'ésser humà no pot percebre però sí que algunes càmeres i animals poden fer-ho. Per exemple, si els captés us podria avisar que no us possessiu al sol quan hi hagués molta llum ultraviolada.



**6. És cert que ara els teus somnis han incorporat els sons corresponents a cada color?**

Sí, sí.

**Et treus l'eyeborg per dormir?**

No, per mi és com un rellotge. Abans, quan portava altres models, em llevava amb l'eyeborg tret perquè em queia, però amb aquest últim ja no.

**7. L'anell també la portes sempre?**

Sí, perquè haver d'anar acostant sempre el cap als objectes és una mica incòmode i amb l'anell amb puc apropar molt més. És més precís.

**8. Quins són els canvis més grans que ha experimentat l'eyeborg des de l'any 2004?**

Físicament, l'aparell s'ha anat fent més petit i més portàtil. Pel què fa al software, al principi podia captar 6 colors, després van ser 12, i varem anar afegint colors a mesura que anava passant el temps. Fa dos anys, hi varem incorporar saturació, una de les tres propietats del color. Primer, jo només sentia el to amb notes musicals, i també veia la llum a través de la meva pròpia vista en blanc i negre. Després varem afegir la saturació, és a dir, si un color és molt o poc vibrant, que la capto a través del volum. Per tant, si veig un objecte clar i sona vermell sé que és rosa, i si el volum és molt alt és que és un rosa cridaner, fúcsia. En canvi si sona fluix, sé que es tracta d'un rosa que no crida tant l'atenció, més pastel.

**9. Quantes ciutats europees heu recorregut amb la Moon Ribas?**

29.

**Voleu cercar el color de les ciutats de sud Amèrica no també?**

Sí, és el nostre pròxim treball.

**10. M'han sorprès molt els colors que tu i la Moon heu adjudicat a les ciutats. Per exemple, Irlanda. Estic segura que la majoria de la gent afirmaria que aquest país és de color verd. En canvi, l'heu definit com blava i taronja. És que nosaltres tenim una imatge massa preconcebuda del color que predomina a un lloc i no ens hi fixem prou?**

Però és que no és Irlanda, sinó la seva capital, Dublin. A la ciutat domina el taronja dels maons i un blau poc saturat.

**Trieu un color tu i un altre color ella, o us poseu d'acord entre els dos?**

Observem els colors per separat i llavors jo li dic el color que he percebut més, i ella també em diu el que ha captat més.

**11. A la teva pàgina web he llegit que estàs estudiant Fotografia Digital a l'*Institute of Photography* de Nova York. Definiries una fotografia com una partitura de colors?**

Si és una fotografia en color sí.

**Sabem que per tu, el cel ras, sense núvols, és difícil de definir ja que es troba massa lluny de l'*eyeborg* perquè el puguis percebre. A través de la fotografia et pots fer una idea més real del color?**

Sí, sobretot pel què fa a objectes paisatges que estan molt lluny. L'ordinador també m'ajuda molt ja que em permet ampliar la imatge.

**12. Quin tipus de música realitzes?**

Abans de portar l'*eyeborg* feia música clàssica. Quan el vaig incorporar a la meua vida, vaig començar a estudiar música contemporània, que gràcies al tercer ull, és molt més experimental. No és tant música, sinó que és més so. Es tracta d'una combinació d'ones pures que jo capto dels colors.

**13. Sovint utilitzem el color per definir estats d'ànim. L'amor, per exemple, és de color rosa; quan estem tristos diem que "ho veiem tot gris"... Però ens agradaria saber si tenim raó o no. Una cançó romàntica, posant un exemple, et sona a rosa?**

Suposo que jo aquesta concepció del color la tinc igual que vosaltres, que associeu el rosa a coses femenines o cursis o de l'amor, per cultura. Jo també he après això culturalment. Però quan veig o sento algun objecte rosa directament no ho associo. Sé que algunes persones ho associaran però el meu cas no és tan automàtic com el vostre.

**L'himne de l'alegria de quin color seria?**

Doncs comença amb un si, que és un tipus de blau i després aniria cap a vermell i tornaria altre cop al blau. De fet, és bastant blavós l'himne de l'alegria. És curiós perquè és l'himne d'Europa i la bandera europea també és d'aquest color.

**I una marxa fúnebre és gris (al nostre entendre, un color trist)?**

No, però també depèn de quina es tracti. Normalment són molt vermelles perquè són molt greus. Jo el gris no l'associo a res lleig ni negatiu ni trist.

**14. Estem envoltats de sons contínuament (el raspall de dents elèctric, el secador de cabells, la sirena d'una ambulància...) que per nosaltres no són més que soroll i que per tu són explosions de color. Quin és per tu el so més sorprenent?**

Doncs, n'hi ha molts! Per exemple, l'aspirador de casa meva fa un so vermell. Els aire condicionats d'aquí al bar sonen violeta, i la màquina de cafè fa un so vermellós.

**Ara quin color sens en general?**

Un groc tirant a taronja, i mirant a fora la finestra sento silenci ja que hi ha molta llum blanca.

**15. Suposo que l'eyeborg, com tants d'altres aparells, també s'espatlla. On el dus a arreglar? Passa "ITV's"?**

Jo tinc nou *eyeborgs*, que són els que he anat canviant per millorar-los al llarg del temps. D'aquests nou n'hi ha alguns que encara funcionen i alguns que no. Si l'actual se m'espatllés me'n posaria un dels anteriors que funcionés, o també faria servir l'anell com a suplement si s'espatllés.

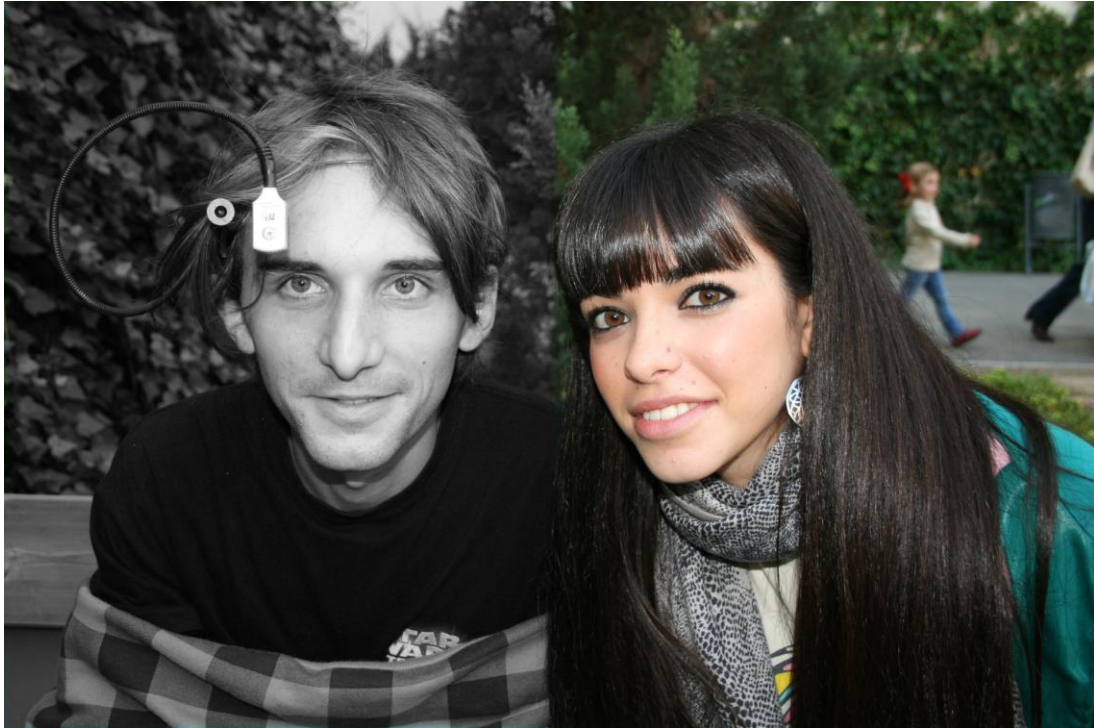
**16. Quina serà la pròxima modificació que li faràs? Has pensat en instal·lar el software en una terminal tipus iPhone o mp3 per tal de no carretejar l'ordinador amunt i avall tot el dia i disminuir-ne el volum?**

Sí, de fet el 3 de novembre tindrè la primera reunió a la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) per tal de transformar tot l'*eyeborg* en un petit xip que vull instal·lar-me entre cella i cella. Abans això no podia fer-ho perquè era un projecte en evolució, però com que ara ja puc captar fins a 360 colors a més de la saturació i el sistema em funciona molt bé i està complet, puc passar-lo a xip i fer un semi implant entre les dues celles.

**17. El disseny i l'estudi per arribar a crear l'actual eyeborg deu haver estat costós econòmicament. Has rebut algun tipus d'ajuda, finançament... o tot ha estat fruit de les ganes d'Adam Montandon i tu per tirar endavant el projecte inicial?**

L'aportació econòmica inicial va ser tota per part nostra, però sí que quan varem guanyar un premi europeu varem poder desenvolupar-lo més, i també la marca d'ordinadors *Dell* ens va donar petites ajudes.







# Annex 3

Taula que relaciona els 360  
colors que sent Neil Harbisson  
amb les corresponents  
freqüències sonores en Hz



Color	Hertz
360	698.456
359	6.971.124.805
358	6.957.715.453
357	6.944.331.895
356	693.097.408
355	6.917.641.961
354	6.904.335.486
353	6.891.054.607
352	6.877.799.275
351	686.456.944
350	6.851.365.053
349	6.838.186.066
348	6.825.032.429
347	6.811.904.094
346	6.798.801.012
345	6.785.723.135
344	6.772.670.414
343	67.596.428
342	6.746.640.246
341	6.733.662.702
340	6.720.710.122
339	6.707.782.457
338	6.694.879.659
337	668.200.168
336	6.669.148.473
335	665.631.999
334	6.643.516.183
333	6.630.737.004
332	6.617.982.408
331	6.605.252.345
330	6.592.546.769
329	6.579.865.634
328	6.567.208.891
327	6.554.576.494
326	6.541.968.396
325	6.529.384.551
324	6.516.824.911
323	6.504.289.431
322	6.491.778.063
321	6.479.290.762
320	646.682.748
319	6.454.388.173
318	6.441.972.793
317	6.429.581.295
316	6.417.213.633
315	640.486.976
314	6.392.549.632
313	6.380.253.202
312	6.367.980.425
311	6.355.731.255

310	6.343.505.647
309	6.331.303.556
308	6.319.124.937
307	6.306.969.743
306	6.294.837.931
305	6.282.729.455
304	6.270.644.271
303	6.258.582.333
302	6.246.543.596
301	6.234.528.017
300	6.222.535.551
299	6.210.566.153
298	6.198.619.778
297	6.186.696.383
296	6.174.795.924
295	6.162.918.355
294	6.151.063.634
293	6.139.231.716
292	6.127.422.558
291	6.115.636.114
290	6.103.872.343
289	60.921.312
288	6.080.412.642
287	6.068.716.626
286	6.057.043.107
285	6.045.392.043
284	603.376.339
283	6.022.157.106
282	6.010.573.147
281	599.901.147
280	5.987.472.033
279	5.975.954.793
278	5.964.459.706
277	5.952.986.732
276	5.941.535.826
275	5.930.106.946
274	5.918.700.051
273	5.907.315.097
272	5.895.952.044
271	5.884.610.847
270	5.873.291.466
269	5.861.993.859
268	5.850.717.983
267	5.839.463.796
266	5.828.231.258
265	5.817.020.327
264	580.583.096
263	5.794.663.116
262	5.783.516.755
261	5.772.391.834
260	5.761.288.313

259	575.020.615
258	5.739.145.304
257	5.728.105.734
256	5.717.087.399
255	5.706.090.259
254	5.695.114.272
253	5.684.159.399
252	5.673.225.597
251	5.662.312.828
250	565.142.105
249	5.640.550.222
248	5.629.700.306
247	561.887.126
246	5.608.063.044
245	5.597.275.618
244	5.586.508.943
243	5.575.762.977
242	5.565.037.683
241	5.554.333.019
240	5.543.648.946
239	5.532.985.424
238	5.522.342.415
237	5.511.719.877
236	5.501.117.773
235	5.490.536.063
234	5.479.974.707
233	5.469.433.666
232	5.458.912.902
231	5.448.412.375
230	5.437.932.046
229	5.427.471.877
228	5.417.031.829
227	5.406.611.862
226	5.396.211.939
225	5.385.832.021
224	537.547.207
223	5.365.132.046
222	5.354.811.912
221	5.344.511.629
220	5.334.231.159
219	5.323.970.464
218	5.313.729.507
217	5.303.508.248
216	5.293.306.651
215	5.283.124.677
214	5.272.962.288
213	5.262.819.448
212	5.252.696.118
211	524.259.226
210	5.232.507.838
209	5.222.442.814

208	5.212.397.151
207	5.202.370.811
206	5.192.363.757
205	5.182.375.952
204	517.240.736
203	5.162.457.942
202	5.152.527.663
201	5.142.616.486
200	5.132.724.373
199	5.122.851.288
198	5.112.997.194
197	5.103.162.056
196	5.093.345.835
195	5.083.548.497
194	5.073.770.005
193	5.064.010.322
192	5.054.269.413
191	504.454.724
190	5.034.843.769
189	5.025.158.963
188	5.015.492.786
187	5.005.845.203
186	4.996.216.177
185	4.986.605.673
184	4.977.013.656
183	4.967.440.089
182	4.957.884.938
181	4.948.348.167
180	493.882.974
179	4.929.329.622
178	4.919.847.778
177	4.910.384.173
176	4.900.938.772
175	489.151.154
174	4.882.102.442
173	4.872.711.442
172	4.863.338.507
171	4.853.983.601
170	4.844.646.689
169	4.835.327.738
168	4.826.026.712
167	4.816.743.578
166	48.074.783
165	4.798.230.844
164	4.789.001.176
163	4.779.789.262
162	4.770.595.068
161	4.761.418.559
160	4.752.259.702
159	4.743.118.462
158	4.733.994.806

157	47.248.887
156	471.580.011
155	4.706.729.002
154	4.697.675.344
153	46.886.391
152	4.679.620.238
151	4.670.618.725
150	4.661.634.526
149	4.652.667.609
148	464.371.794
147	4.634.785.487
146	4.625.870.215
145	4.616.972.093
144	4.608.091.087
143	4.599.227.163
142	459.038.029
141	4.581.550.435
140	4.572.737.564
139	4.563.941.645
138	4.555.162.646
137	4.546.400.534
136	4.537.655.276
135	452.892.684
134	4.520.215.194
133	4.511.520.305
132	4.502.842.141
131	449.418.067
130	448.553.586
129	4.476.907.678
128	4.468.296.094
127	4.459.701.074
126	4.451.122.588
125	4.442.560.602
124	4.434.015.086
123	4.425.486.008
122	4.416.973.336
121	4.408.477.038
120	4.399.997.084
119	4.391.533.441
118	4.383.086.079
117	4.374.654.966
116	436.624.007
115	4.357.841.361
114	4.349.458.807
113	4.341.092.378
112	4.332.742.042
111	4.324.407.768
110	4.316.089.525
109	4.307.787.284
108	4.299.501.012
107	4.291.230.679

106	4.282.976.255
105	4.274.737.708
104	4.266.515.009
103	4.258.308.127
102	4.250.117.031
101	4.241.941.691
100	4.233.782.077
99	4.225.638.158
98	4.217.509.904
97	4.209.397.286
96	4.201.300.273
95	4.193.218.835
94	4.185.152.942
93	4.177.102.564
92	4.169.067.672
91	4.161.048.235
90	4.153.044.224
89	4.145.055.609
88	413.708.236
87	4.129.124.449
86	4.121.181.845
85	4.113.254.519
84	4.105.342.442
83	4.097.445.584
82	4.089.563.917
81	408.169.741
80	4.073.846.034
79	4.066.009.762
78	4.058.188.562
77	4.050.382.408
76	4.042.591.269
75	4.034.815.116
74	402.7.053922
73	4.019.307.656
72	4.011.576.291
71	4.003.859.798
70	3.996.158.148
69	3.988.471.312
68	3.980.799.262
67	397.314.197
66	3.965.499.408
65	3.957.871.546
64	3.950.258.356
63	3.942.659.812
62	3.935.075.883
61	3.927.506.543
60	3.919.951.762
59	3.912.411.514
58	3.904.885.769
57	3.897.374.501
56	3.889.877.682

55	3.882.395.282
54	3.874.927.276
53	3.867.473.635
52	3.860.034.331
51	3.852.609.337
50	3.845.198.626
49	3.837.802.169
48	383.041.994
47	3.823.051.911
46	3.815.698.055
45	3.808.358.345
44	3.801.032.752
43	3.793.721.252
42	3.786.423.815
41	3.779.140.415
40	3.771.871.025
39	3.764.615.618
38	3.757.374.168
37	3.750.146.646

36	3.742.933.028
35	3.735.733.285
34	3.728.547.391
33	372.137.532
32	3.714.217.044
31	3.707.072.538
30	3.699.941.775
29	3.692.824.728
28	3.685.721.372
27	3.678.631.679
26	3.671.555.623
25	3.664.493.179
24	3.657.444.319
23	3.650.409.019
22	3.643.387.251
21	363.637.899
20	362.938.421
19	3.622.402.885
18	3.615.434.988

17	3.608.480.495
16	3.601.539.379
15	3.594.611.615
14	3.587.697.177
13	3.580.796.039
12	3.573.908.176
11	3.567.033.562
10	3.560.172.171
9	3.553.323.979
8	354.648.896
7	3.539.667.088
6	3.532.858.339
5	3.526.062.687
4	3.519.280.106
3	3.512.510.572
2	350.575.406
1	3.499.010.544

