

SCIENCE
et
CULTURE
a.s.b.l.

LA MAGIE DES COULEURS

en Physique et en Chimie



RÉGION WALLONNE

Avec le soutien de la Ministre de la Recherche,
des Technologies nouvelles et des Relations extérieures



En collaboration avec les Départements
de Physique et de Chimie de l'ULg

Ont contribué à la rédaction de ce livret :

Partim physique

- Audrey LANOTTE et Noé LECOQ, Attachés à la Direction de Science et Culture;
- Hervé CAPS, Chargé de cours au Département de Physique de l'ULg, Administrateur de Science et Culture ;
- Valérie COUMANS, Chercheuse au département d'Astrophysique, de Géophysique et d'Océanographie;
- Roger MOREAU, Secrétaire Général de Science et Culture.

Partim chimie

- Emmanuelle DINON, Ingénieur industriel au Département de Chimie de l'ULg ;
- Monique DUYCKAERTS, Chef de travaux hre de l'ULg, Administrateur de Science et Culture ;
- Jean-François FOCANT, Chargé de cours au Département de Chimie de l'ULg ;

Coordination & mise en page : Audrey LANOTTE.

Support technique et illustrations : Aude LEMAIRE et Bernard GUILLOT.

Les auteurs tiennent à remercier :

- La Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie du Ministère de la Région Wallonne ;
- La Direction Générale de l'Economie et de l'Emploi du Ministère de la Région Wallonne ;
- Le Service de l'Education Permanente de la Communauté Française ;
- La Direction Générale du Service des Affaires Culturelles de la Province de Liège ;
- M. B. RENTIER, Recteur de l'Université de Liège ;
- M. R. CLOOTS, Doyen de la Faculté des Sciences de l'ULg ;
- M. J. M. BOUQUEGNEAU, Pro-Doyen de la Faculté des Sciences de l'ULg ;
- M. N. VANDEWALLE, Professeur Ordinaire, Président du Département de Physique de l'ULg ;
- M. E. DE PAUW, Professeur Ordinaire, Président du Département de Chimie de l'ULg ;
- M. C. HOUSSIER, Professeur Ordinaire hre au Département de Chimie de l'ULg, Administrateur de Science et Culture ;
- M. B. GILBERT, Professeur au Département de Chimie de l'ULg ;
- M. R. CAHAY, Chargé de cours hre du Département de Chimie de l'ULg, Administrateur de Science et Culture ;
- Mme C. JÉRÔME, Chargée de cours au Département de Chimie de l'ULg ;
- M. B. LEYH, Chargé de cours au Département de Chimie de l'ULg ;
- Mme M-C. DE PAUW, Chargée de cours adjointe au Département de Chimie de l'ULg ;
- Mme M. JAMINON, Directrice de la Maison de la Science ;
- Mme M. L. MOREAU-COLIN, Chef de Travaux hre du Département de Physique de l'ULg ;
- Mme B. MONFORT, Responsable du Laboratoire d'Enseignement Multimédia (LEM) de l'ULg, Administrateur de Science et Culture ;
- Mme D. DONNAY et M.A. CHEVALIER, Directeurs du Théâtre Universitaire Royal de Liège (TURLg) ;
- Mme C. XHROUET, Logisticienne au Département de Chimie de l'ULg ;
- Mme C. HENRIST, Première assistante au Département de Chimie de l'ULg ;
- Mme A. JORIS-GERARDS, Chercheuse Télévie, Laboratoire de Virologie fondamentale et d'Immunologie de l'ULg ;
- Mme V. COLLIGNON, Assistante pédagogique, Didactique des sciences chimiques de l'ULg ;
- M. H. MARTIAL, Assistant pédagogique, Didactique des sciences chimiques de l'ULg ;
- Mlle. S. KRINS, Aspirante FNRS au Département de Physique de l'ULg ;
- MM. G. LUMAY, D. TERWAGNE, Assistants au Département de Physique de l'ULg ;
- Mme G. LETAWE et M.Y. LETAWE, Chercheurs au Département d'Astrophysique de l'ULg ;
- Mlles J. DEWALQUE, N. KRINS, C. KINET et MM. G. TOUSSAINT, P. SIBRET, P. COLSON, Assistants au Département de Chimie de l'ULg ;
- M. P. CUYERS, Animateur à la Maison de la Science ;
- M. J-M VOET et l'équipe de La Pyrotechnie Liégeoise ;
- Mlles A. DUBUS, C. VIEUJEAN et MM. A. GERSTMANS, R. VANDERLINDEN, A. BOUILLEZ, Techniciens au Département de Chimie de l'ULg ;
- Mme J. CRAHAY-DETILLOUX, Technicienne au Département de Physique de l'ULg ;
- M. Ph. HEROUFOSSE, Conseiller technique au Théâtre Universitaire Royal de Liège (TURLg).
- M. R. MINET, Régisseur au Théâtre Universitaire Royal de Liège (TURLg).

Illustrations

couverture I : Dispersion de la lumière blanche à travers un prisme.

couverture II : Tensions dans une latte graduée, révélées par photoélasticité.

couverture III : Feu d'artifice.

couverture IV : Couleurs dans une lame d'eau savonneuse.

LA MAGIE DES COULEURS

en Physique et en Chimie

par

Science et Culture asbl

du 30 septembre au 7 novembre 2008

Démonstrations expérimentales,
tous les lundis, mardis, jeudis et vendredis à 10h et à 14h,
ainsi que les mercredis à 10h,
au Théâtre Universitaire Royal de Liège au Sart Tilman

Science et Culture est une association sans but lucratif (a.s.b.l.) qui œuvre à la diffusion des sciences et de la culture pour un public aussi large que possible.

Parmi ses activités principales, figurent l'organisation d'expositions scientifiques orientées vers le public des élèves de l'Enseignement secondaire et l'organisation de conférences pour le grand public. De plus, Science et Culture produit des livrets d'exposition et édite un bulletin bimestriel à l'attention de ses membres. En 2005, Science et Culture a fêté ses cinquante ans d'existence !

Pour plus d'informations sur nos activités : www.sci-cult.ulg.ac.be

A.S.B.L. Science et Culture
Institut de Physique B5, Sart Tilman
B-4000 Liège

tél: 04/366.35.85
fax: 04/366.33.34
courriel: sci-cult@guest.ulg.ac.be

Table des Matières

Qu'est-ce que la couleur? 3

NEWTON et le prisme.....	3
La découverte de l'infrarouge ... et de l'ultraviolet	4
Le spectre électromagnétique	4
Les ondes électromagnétiques	5
Les ondes	6
L'aspect corpusculaire	8
La nature de la lumière.....	8
Le corps noir	8

La perception des couleurs..... 10

Origine des couleurs	10
Les couleurs primaires.....	10
La synthèse additive	10
La synthèse soustractive.....	11
L'oeil	13
La perception des couleurs par l'oeil	14
La persistance rétinienne	15
La tache aveugle.....	15
Le daltonisme.....	15
Les images 3D.....	17

Matériaux colorés: les composés absorbeurs de lumière ... 19

Les composés colorés organiques.....	19
Les groupes chromophores.....	19
Les groupes auxochromes	19
Les composés colorés inorganiques.....	20
D'où vient la coloration violette du permanganate de potassium ou la coloration rouge du complexe de fer(III)-thiocyanate?	20
Pigments et teintures organiques et inorganiques....	20
Les pigments	20
Les teintures.....	20
Les colorants organiques.....	21
Les encres	22
Les colorants alimentaires	22
Les indicateurs colorés: changement de couleur en fonction du pH.....	22
Comportement d'un indicateur dans une solution aqueuse d'acide ou de base.....	22
Les indicateurs colorés universels.....	23
Ebullitions colorées : lorsque le CO ₂ se comporte comme un acide	24
Un indicateur coloré naturel, le jus de chou rouge..	25
Origine du changement de couleur des indicateurs: le nombre de doubles liaisons conjuguées.....	26

Les changements de couleur
au sein des réactions d'oxydo-réduction..... 26

Un arbre enneigé	26
Les couples d'oxydo-réduction.....	26
Le nombre d'oxydation (N.O.)	27
Classification des couples oxydant-réducteur	27

Matériaux colorés: les composés émetteurs de lumière ..28

Les composés émetteurs de lumière chaude

Emission des corps noirs: spectre continu.....	28
Emission atomique et moléculaire: spectre de raies ou de bandes	29
Les flammes colorées	30
Pyrotechnie.....	30

Les composés émetteurs de lumière froide:
la luminescence

Fluorescence et phosphorescence, quelle différence ? .	31
Structure moléculaire des composés fluorescents ..	32
Applications de la fluorescence.....	32
L'immunofluorescence	34
Composés phosphorescents	35
Chimiluminescence	35
L'oxydation du luminol	35
Applications de la chimiluminescence	36
La bioluminescence	37

Les complexes: pour en savoir plus!

Interactions lumière et matière39

L'optique géométrique.....

La réfraction.....	39
La dispersion de la lumière	39

L'optique ondulatoire

Les interférences	39
Principe d'HUYGHENS et phénomène de diffraction....	42
Réseaux de diffraction.....	42
La polarisation	43
Photoélasticité.....	45

Les encadrés

L'arc-en-ciel	40
La diffusion de la lumière dans le ciel	41
Les aurores polaires.....	44
Les bulles et films d'eau savonneuse	46

Quiz - Vrai ou Faux ? 47

Bibliographie47

La Magie des Couleurs

en Physique et en Chimie

Qu'est-ce que la couleur ?

Depuis notre plus tendre jeunesse, nous avons appris à reconnaître et à nommer les couleurs. Aussi l'étude des couleurs pourrait paraître enfantin de prime abord. Pourtant, à y regarder de plus près, le simple fait de nommer les couleurs, de la manière dont nous avons l'habitude de le faire, masque une réalité bien plus subtile. Cette réalité, que nous allons aborder dans les textes qui suivent, notre œil, malgré son extrême sophistication, n'est pas en mesure de la voir directement.

C'est pour cette raison qu'il a fallu la contribution de nombreux penseurs et scientifiques tout au long de l'Histoire pour arriver à la compréhension moderne de la couleur. Tout ce que nous savons aujourd'hui ne doit pas nous faire oublier que notre connaissance reste partielle : la compréhension scientifique est toujours en évolution...

Newton et le prisme

Lorsque de la lumière blanche passe à travers un prisme, il en ressort une lumière colorée de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel (Fig. 1). A l'époque où ce phénomène fut observé, on pensait fort logiquement que le prisme avait la propriété de colorer la lumière, comme l'encre colore le papier. Mais vers 1666, Isaac NEWTON fit une série d'expériences qui mit à mal cette théorie [1].

NEWTON place, derrière le prisme, un écran percé d'une fente, de telle manière qu'il sélectionne un faisceau d'une seule couleur (par ex.: le vert). Il place alors un second prisme sur le trajet de ce faisceau et il observe que la couleur n'est pas modifiée : le faisceau est toujours uniquement vert.



Fig. 1. Lorsque de la lumière blanche passe à travers un prisme, on observe, à la sortie, tout un spectre de couleurs qui rappelle l'arc-en-ciel. La réfraction provoque la dispersion de la lumière. On notera également les deux réflexions du faisceau lumineux sur les interfaces air/verre et verre/air.

Dans une seconde expérience, NEWTON utilise un deuxième prisme et réussit à recomposer un faisceau blanc à partir de l'arc-en-ciel généré par le premier prisme. Il arrive ainsi à la conclusion, fort surprenante pour l'époque, que **la lumière blanche est composée de lumières de toutes les couleurs**. Le prisme n'a pas la propriété de colorer la lumière, mais bien de la disperser en ses différentes composantes.