

ONDES : SONS et LUMIÈRES

en physique



LA MAGIE DES COULEURS

en chimie



Auteurs de ce livret guide :

Marie SULEAU^{1,5}, René CAHAY^{1,2,3}, Hervé CAPS^{1,4}, Raphaël CLOSSET³,
Emmanuelle DINON⁶, Monique DUYCKAERTS^{1,3}, Claude HOUSSE^{1,3},
Brigitte MONFORT^{1,2}, Roger MOREAU^{1,4}, François REMY^{1,4}

Support technique et illustrations :

Aude LEMAIRE¹ et Bernard GUILLOT¹, APE.

L'a.s.b.l. Science et Culture tient à remercier tout spécialement :

- La Direction du Département du Développement Technologique du Service Public de Wallonie ;
- La Direction générale de l'Economie et de l'Emploi du Ministère de la Région Wallonne ;
- Le Service de l'Education Permanente de la Fédération Wallonie-Bruxelles ;
- La Direction Générale du Service des Affaires Culturelles de la Province de Liège ;
- Le GRASP⁴ (Group for Research and Applications in Statistical Physics) ;
- M. B. RENTIER, Recteur de l'Université de Liège ;
- M. R. CLOOTS, Doyen de la Faculté des Sciences de l'ULg ;
- M. T. BASTIN⁴, Président du Département ;
- M. J.F. FOCANT³, Chargé de cours ;
- MM. J. VERLY, Professeur et J. PISANE, Unité de recherche : Signal and Image Exploitation (INTELSIG), ULg ;
- M. F. LO BUE, Chargé de cours à l'université de Mons-Hainaut, Président du Carré des Sciences ;
- Mme M. JAMINON, Directrice et M. P. CUYPERS, animateur, Maison de la Science ;
- Mme M. L. MOREAU-COLIN⁴, Chef de Travaux hre ;
- M. J. JOURDAN, professeur et L. HOUAS, Directeur de recherche, USTI-UMR CNRS Polytech. Marseille ;
- M.P DEMOULIN⁵, Chercheur, Groupe InfraRouge de Physique Atmosphérique et Solaire (GIRPAS) ;
- Mmes Ch. PROSPERI⁴ et C. XHROUET³, Logisticiennes ;
- M. R. GRANDJEAN¹, Directeur hre de Signalson S.A. (Aleur) ;
- Mlles A. FUMEL⁵, A. LANOTTE⁵, MM. C. DUBOIS⁴, P-X MARIQUE⁴, F. MOREAU⁴, présentateurs en physique ;
- Mmes J. DEWALQUE³, C. HENRIST³, C. TOUSSAINT³ et MM. T. DEFIZE³, N LAMBORELLE³, P. MIGNOT³, F. STEVENS³,
présentateurs en chimie ;
- M. V. GRAINDORGE, Service de gestion (Sciences) ;
- Mme J. CRAHAY-DETILLOUX⁴, MM. J.M. LENOIR⁴ et A. GERSTMANS³, techniciens.

1: ASBL Science et Culture

2: Laboratoire d'Enseignement Multimédia de L'ULg (LEM)

3: Département de Chimie de l'ULg

4: Département de Physique de l'ULg

5: Département d'Astrophysique de l'ULg

6: Protection et hygiène du travail de l'ULg (SUPHT)

ONDES : SONS et LUMIÈRES

en Physique

ET

LA MAGIE DES COULEURS

en Chimie

par

Science et Culture asbl

du 1^{er} au 26 octobre et du 5 au 9 novembre 2012

Démonstrations expérimentales organisées sur réservations,
tous les lundis, mardis, jeudis et vendredis à 10h et à 14h,
en la salle de Théâtre de l'ULg au Sart Tilman

Science et Culture est une association sans but lucratif (a.s.b.l.) fondée en 1954 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-guides d'expositions et édite un bulletin bimestriel à l'attention de ses membres.

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
courriel: sci-cult@guest.ulg.ac.be

Table des Matières

ONDES : SONS ET LUMIÈRES en physique

Une onde, c'est quoi ? 3

Les ondes sonores et lumineuses	3
Une perturbation dans l'espace	4
Une perturbation dans le temps	4
Ondes transversales ou longitudinales	5

Le son : une onde matérielle longitudinale 5

Caractéristiques d'un son :	
hauteur, fréquence, intensité,	6
vitesse	7
Effet DOPPLER : mur du son et tube à choc	8
Physique et musique	9

Quand une onde en rencontre une autre 10

Superposition et interférences	10
Ondes stationnaires transversales et résonance dans une corde ou une lame de verre	10
Ondes stationnaires longitudinales et résonance dans un ressort	11
Ondes stationnaires acoustiques : diapasons	11
tube de KUNDT et colonne de gaz	12
Résonance dans un milieu à 2 dimensions : figures de CHLADNI	13

Qu'est-ce que la lumière ? 14

Les ondes électromagnétiques	14
La vitesse de la lumière	14

Des lumières qu'on voit ou ne voit pas 15

Rayonnement visible	15
Rayonnement ultraviolet	15
Rayonnement infrarouge	15
Micro-ondes	15
Ondes hertziennes	16

Optique géométrique 17

Réflexion, réfraction et réflexion totale	17
Dispersion de la lumière	17

Optique ondulatoire 18

Interférences ou quand lumière + lumière = noir	18
Principe de HUYGHENS et phénomènes de diffraction	20
Réseaux de diffraction	20
Polarisation et photoélasticité	21

Lumières : ondes et/ou particules 23

Pression de radiation	23
-----------------------	----

Encadrés : La voix	7
Tube à choc : pan !	8
Fibre optique	17
Bulles et films d'eau savonneuse	19
La spectroscopie	23
Construis ton spectroscopie	24

Bibliographie 48

LA MAGIE DES COULEURS en chimie

Introduction 25

Matériaux colorés : composés émetteurs de lumière chaude 26

Emission d'un spectre continu	26
Emission atomique et émission moléculaire :	
spectre de raies ou de bandes	26
Un cornichon qui émet de la lumière	27
Les flammes colorées	27
Pyrotechnie	28

Matériaux colorés : composés absorbeurs de lumière 29

Les composés colorés inorganiques	29
Les composés colorés organiques	29
Les groupes chromophores	29
Les groupes auxochromes	31
Les complexes : pour en savoir plus !	30
Colorants et pigments	31
Les colorants. Les colorants alimentaires	32
Les indicateurs colorés :	
changement de couleur en fonction du pH	32
Comportement d'un indicateur dans une solution aqueuse d'acide ou de base	33
Les indicateurs colorés universels	33
Ebullitions colorées :	
lorsque le CO ₂ se comporte comme un acide	34
Un indicateur coloré naturel, le jus de chou rouge	35
Préparation du jus de chou rouge	36
Origine du changement de couleur des indicateurs : le nombre de doubles liaisons conjuguées	36
Les changements de couleur au sein des réactions d'oxydoréduction	36
Un arbre enneigé	37
Les couples d'oxydoréduction	38
Classification des couples oxydant-réducteur	38
Le nombre d'oxydation (N.O.)	38
Titration d'oxydoréduction. La bouteille bleue	39
Orage miniature	40

Composés émetteurs de lumière froide : la luminescence 40

Fluorescence et phosphorescence, quelle différence ?	40
La plaque phosphorescente	41
Composés phosphorescents	41
Structure moléculaire des composés fluorescents	41
Applications de la fluorescence	42
Fluorescence de la quinine	42
Chimiluminescence, L'oxydation du luminol	44
Applications de la chimiluminescence	44
La bioluminescence	45
L'immunofluorescence	47

Quiz - Vrai ou Faux ? 46

ONDES : SONS et LUMIÈRES

en physique

Une onde, c'est quoi ?

Une onde est une perturbation qui se propage dans le temps et dans l'espace.



Le surfeur utilise la propagation d'une déformation à la surface de l'eau

Avant d'entrer et de voyager dans le monde fascinant des ondes, il est nécessaire de se rappeler des notions fondamentales concernant les **mouvements périodiques**.

Le **mouvement circulaire uniforme** [1] est un exemple classique de mouvement périodique, quand un mobile M tourne à vitesse constante sur une trajectoire circulaire.

Si ω est la **vitesse angulaire** (exprimée en radians par seconde), le temps **T** de parcours de la circonférence est appelé **période** du mouvement ($T = 2\pi / \omega$) et s'exprime en secondes (s).

La **fréquence** ν du mouvement ($\nu = 1/T$) s'exprime en hertz ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$) et représente le nombre de tours effectués en 1 s.

Considérons le mouvement effectué par la projection P d'un point M sur un diamètre quelconque BB' (Fig. 1).

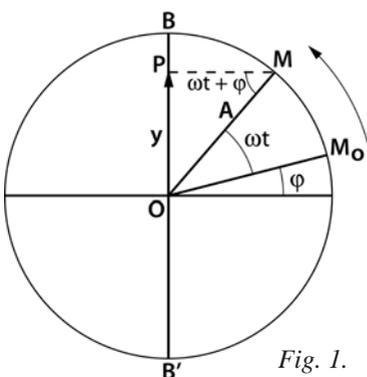


Fig. 1.

Si, à l'instant t ,

- y est la distance OP du centre du cercle au point P,
 - ω est la vitesse angulaire du mobile,
 - M_0 et M sont les positions respectives du mobile aux temps zéro et t ,
- l'**élongation** y vaut :

$$y = A \sin(\omega t + \varphi) ;$$

A est appelée **amplitude** du mouvement ; ω est sa **pulsation** ; φ correspond à la **phase à l'origine** ; $(\omega t + \varphi)$ est l'**angle de phase** au temps t de vibration de P .

Des ondes sont couramment produites à la surface d'un liquide.



Fig. 2. Rides circulaires à la surface de l'eau. Le milieu ne se déplace pas avec l'onde ; c'est la perturbation qui se propage.

Ainsi, la chute d'une pierre dans une eau tranquille donne lieu à des rides circulaires concentriques à la surface de l'eau, s'éloignant du point de chute à une vitesse v (Fig. 2). C'est une image simple de la propagation d'une **onde circulaire**, où chaque point de la surface de l'eau atteint par l'onde se met à vibrer verticalement.

Afin d'éviter que les ondes ne s'amortissent rapidement à cause des forces de frottement, elles doivent être entretenues.

Une onde transporte de l'énergie sans transporter de matière et, à la surface d'un liquide, on observe de petits déplacements locaux et éphémères des molécules d'eau qui supportent l'onde, mais pas de transport global de ces éléments.

Les ondes sonores et lumineuses

Tous les sons et toutes les lumières sont des ondes, mais elles n'ont pas la même nature.

- **les sons** font partie des **ondes matérielles** qui ont besoin d'un support matériel (fluide ou solide) pour se propager comme les vagues dans l'eau ou les ondes sonores dans l'air. Les ondes matérielles ne se propagent donc pas dans le vide;
- **les ondes lumineuses** font partie des **ondes électromagnétiques**, lesquelles n'ont pas besoin de support de propagation.

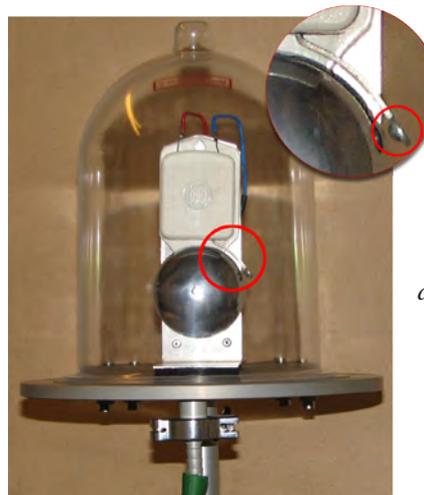


Fig. 3. Le marteau frappe sur le timbre d'une sonnette placée dans une cloche vidée de l'air qu'elle contenait.

Aucun son ne nous parvient car la vibration produite ne peut se déplacer dans le vide.