



HAL
open science

Modélisation de l'éclairement naturel sous CODYRUN

Ali Hamada Fakra, Harry Boyer

► **To cite this version:**

Ali Hamada Fakra, Harry Boyer. Modélisation de l'éclairement naturel sous CODYRUN. Alizés : Revue angliciste de La Réunion, 2007, Colloque " Equilibres environnementaux, énergies renouvelables et développements urbains ", 29-II Sciences, pp.55-67. hal-02343105

HAL Id: hal-02343105

<https://hal.univ-reunion.fr/hal-02343105>

Submitted on 1 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation de l'éclairage naturel sous CODYRUN

Résumé

Les travaux que nous allons présenter portent sur l'introduction d'un code de calcul simplifié basé sur la méthode dite « Split Flux System » (Bre, 1996 et Cib, 1987) pour l'éclairage naturel à l'intérieur d'un local dans le logiciel de simulation en thermique du bâtiment CODYRUN. Nous ferons une comparaison avec un autre logiciel d'éclairage (DIALUX) en nous basant sur une procédure de validation mise en place par Maamari (Maamari, 04).

Mots-clés

Économie d'énergie, éclairage naturel, éclairage artificiel, bâtiment, modélisation, maîtrise de l'énergie.

Introduction

Nous avons besoin d'éclairer judicieusement l'intérieur de nos habitations afin d'y vivre confortablement (confort visuel) et d'économiser de l'énergie (éclairage naturel). Quelques logiciels de simulation (ADELINE, DIALUX, ECOTECH...) donnent le profil d'éclairage (artificiel et/ou naturel) en avant-projet au sein d'un local moyennant des modèles classés généralement en trois catégories qui sont :

— Les méthodes dites simplifiées (« Méthode Split Flux System », « Méthode Lumen »...)

- Les méthodes dites numériques (« Radiosité », « Tracer de rayon », « Modèles hybrides »...)
- Les méthodes dites expérimentales (« modèles réduites ou maquettes », « plate forme expérimentale *in situ* »...)

Ces logiciels nous permettent de gagner du temps lorsque l'on cherche à pré-dimensionner en avant-projet un bâtiment. Mais aussi, à affiner nos résultats lorsqu'il s'agit de faire une étude plus poussée sur un paramètre ou une variable précis liés à l'éclairage. Nous allons présenter à travers nos travaux le modèle simplifié dit « Split Flux System » utilisé dans CODYRUN (logiciel de simulation en thermique du bâtiment mis en place par le Laboratoire de Physique du Bâtiment et des Systèmes (L.P.B.S.) et qui nous permet de donner les valeurs d'éclairage naturel au sein d'un local. Ensuite nous confronterons les résultats de simulations analytiques obtenues à partir d'un cas test particulier (Maamari, 04) et ceux obtenus numériquement à partir de deux logiciels (CODYRUN et DIALUX) afin de mieux apprécier les limites de validation du logiciel que nous cherchons à améliorer, à savoir CODYRUN ((Boyer, 92) et (Boyer, 93)).

Les raisons qui nous ont poussés à choisir une méthode simplifiée sont que le modèle paraît être plus simple à mettre en place et beaucoup plus pratique pour simuler l'éclairage en un point quelconque à l'intérieur d'un local donné. De plus, l'outil simplifié nous permet de ne pas prendre en compte énormément de données d'entrée pour la détermination de cet éclairage. Et pour finir, le modèle s'adapte très facilement à l'environnement de programmation du logiciel CODYRUN.

Modélisation de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un local : la méthode « Split Flux »

Méthode élaborée par le *Building Research Establishment* (Bre, 1996) et publiée par la CIBSE (*The Chartered Institution of Building Services Engineers*) (Cib, 1987)

Cette méthode utilise le Facteur de Lumière du Jour (FLJ en français ou DC en anglais qui signifie *Daylight Factor*). En effet, nous décomposons notre éclairage intérieur en trois sources (dites

aussi composantes) : composante direct FLJ_{direct} (notre FLJ est dû à l'éclairage provenant directement du ciel par ciel couvert) ; composante réfléchie externe $FLJ_{ref,ext}$ (provenant des obstacles extérieurs qui peuvent empêcher la lumière naturelle directe de pénétrer le local) et enfin la composante réfléchie interne $FLJ_{ref,int}$ (dû à la quantité de lumière naturelle réfléchie par les parois intérieures d'un local). On remarquera que l'étude est faite uniquement pour des types de ciel couvert (norme CIE). En additionnant ces FLJ (direct, réfléchie externe et réfléchie interne) et en multipliant la somme par l'éclairage horizontal extérieur au local, nous pouvons tirer l'éclairage horizontal à l'intérieur du local à partir de la relation de référence suivante (Bodart, 99) :

$$FLJ = \frac{E_i}{E_o} \quad (1)$$

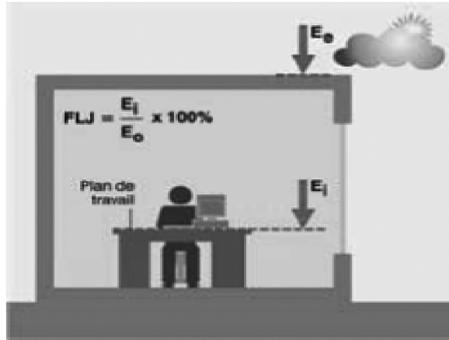


Fig 1. Illustration de calcul du FLJ à partir de l'éclairage extérieur et intérieur (Bodart, 99)

D'autre part, nous pouvons calculer le FLJ à partir de la relation suivante (André & Co, 05) :

$$FLJ = \left(FLJ_{direct} + FLJ_{ref,ext} + FLJ_{ref,int} \times FC \right) \times MF \times FR \times GL \times MG \quad (2)$$

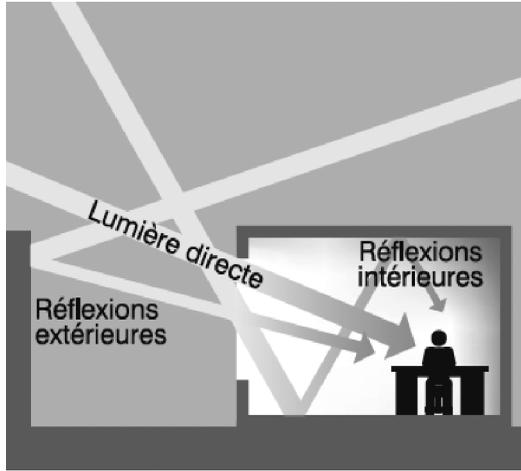


Fig 2. Les trois composantes du FLJ : directe, réfléchie interne et réfléchie externe (Bodart, 99)

A partir de la relation (1) et (2) nous pouvons tirer l'éclairage naturel en un point quelconque d'une surface utile à l'intérieur du local. Une étude plus détaillée sur les calculs des composantes du FLJ ainsi que les coefficients (MF, FR, GL, MG et FC) est faite par Bernard Paule (Paule, 99).

Architecture du bâtiment et données photométriques (cas test avec référence analytique)

La géométrie du local étudié dans ce cas test est une pièce de dimension 4m×4m×3m avec une source surfacique de 1m×1m située au centre du plafond.

La source possède une photométrie parfaitement diffuse (Lambertiennes) avec un pas de 10 degré pour les angles verticaux et avec une symétrie axiale. Les caractéristiques de la source sont données par le tableau qui suit :

Intensité maximale pour $\Phi=0^\circ$ (angle incident) en cd	318,31
Flux lumineux total émis (Lm)	1000
Exitance (Lm/m^2)	1000
Luminance (constant en cd/m^2)	318,31
Eclairement (Lx)	35,367

Tab 1. Caractéristiques photométriques du cas test de Maamari (Maamari, 04)

Les points de mesures sont positionnés comme indiqué sur la figure suivante :

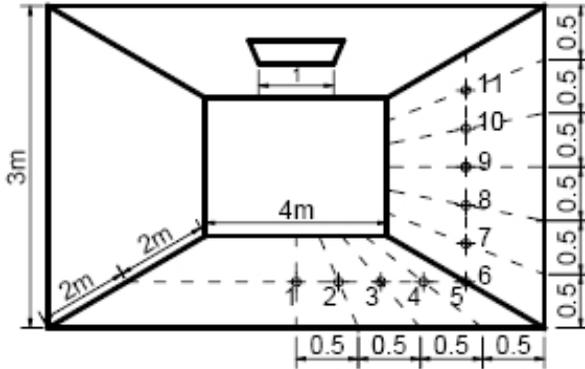


Fig 3. Description de la géométrie et des points de références pour le cas test des sources surfaciques (Maamari, 04)

Les valeurs d'éclairages obtenues analytiquement sont données par les deux tableaux qui suivent :

Points	1	2	3	4	5
Eclairage (lx)	34.11	32.41	27.99	22.36	16.91

Tab 2. Variation de l'éclairage direct au sol pour le cas test des sources surfaciques

Points	6	7	8	9	10	11
Eclairage (lx)	10.99	14.74	19.46	24.29	26.08	18.74

Tab 3. Variation de l'éclairage direct au mur pour le cas test des sources surfaciques

Résultats des simulations numériques et comparaisons

Hypothèses :

- Dans CODYRUN :

L'interface graphique qui nous permettrait de visualiser l'éclairement au sein d'un local à partir de CODYRUN étant en cours de construction, nous ne pourrions faire une comparaison de la répartition lumineuse au sein du local. De plus dans ce cas test, le but étant de donner les valeurs en des points bien spécifiques, il n'est pas utile de connaître les valeurs d'éclairement en tout point de la salle. Nous allons donc présenter les résultats numériques obtenus par le logiciel pour les points définis dans le cas test uniquement. Il est à noter que CODYRUN possède plusieurs types de modèles d'éclairage. Le modèle que nous avons choisi pour ce test est le « Split Flux System » (modèle simplifié utilisé dans le cas de ciel couvert). Nous avons pris la source de production de lumière comme étant naturelle et fixe, d'éclairement égal à 35,367 lx. Cette source traverse une ouverture horizontale (au plafond) de dimension 1m×1m et ne possédant aucune vitrage (Transmission lumineuse égale à 1). Un facteur de correcteur est appliqué pour les éclairagements très éloignés de la source (voir le principe de la méthode « Split Flux System »). Nous verrons plus loin un récapitulatif des résultats obtenus lors de la simulation dans le cas test considéré.

- Dans DIALUX :

En ce qui concerne DIALUX, nous pouvons visualiser l'éclairement en tout point de la salle (cas test). Les figures qui suivent nous donnent la répartition d'éclairement au sol et sur le mur pour le cas test.

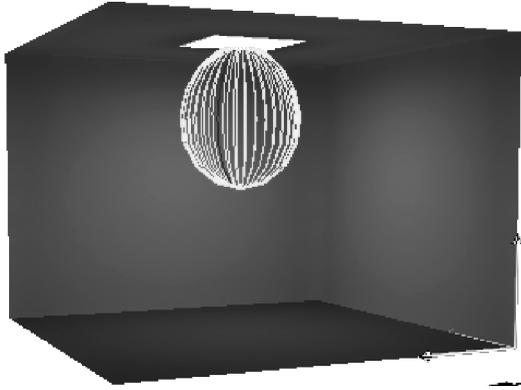


Fig 4. Vue en 3D du local test dans DIALUX (Dialux, Web)

Nous avons choisi de prendre une source surfacique artificielle pour faire notre test car nous ne pouvions fixer l'intensité lumineuse d'une source naturelle dans DIALUX. En effet, ce dernier dépend énormément des conditions climatiques donc du fichier météorologique que nous lui appliquons. Or, nous n'avons aucune idée de l'intensité lumineuse naturelle que le soleil pourrait fournir lors de la simulation, ce qui ne nous permet pas de fixer cette intensité par rapport à la valeur constante donnée dans le cas test c'est-à-dire 35,367 lx dans le cas d'éclairage naturel. De plus le fichier météorologique généré empiriquement par le logiciel DIALUX utilisé pour l'éclairage naturel n'est pas accessible.

Les fichiers en éclairage que nous fournit le logiciel commercial DIALUX sont de la forme suivante :

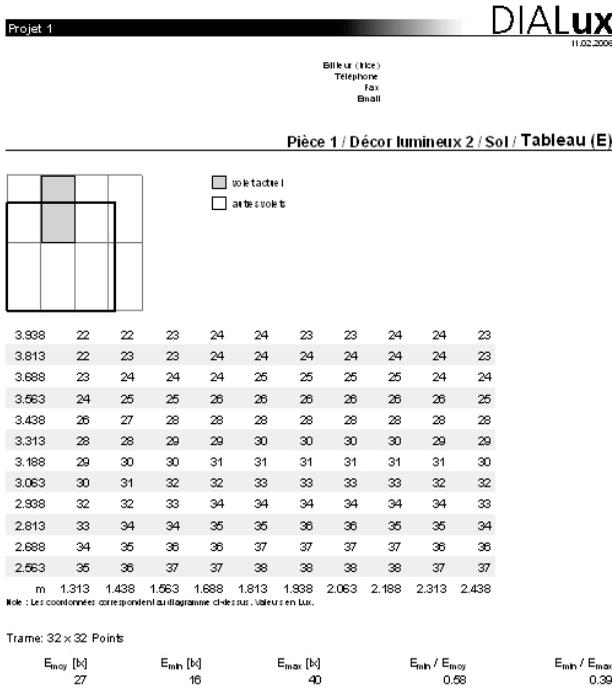


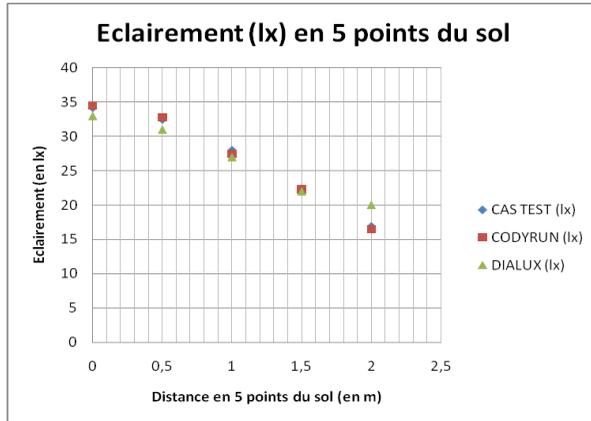
Fig 5. Illustration d'un fichier résultats en éclairage naturel sous Dialux (Dialux, Web)

Récapitulations des résultats obtenus et discussion :

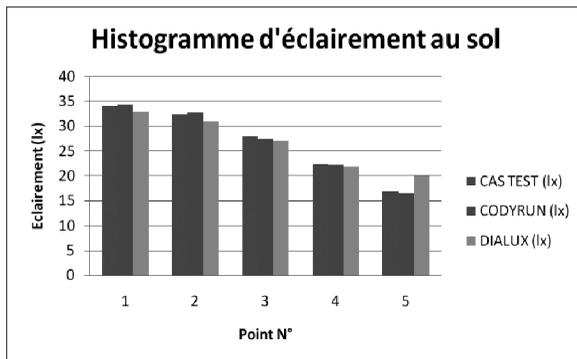
Nous allons présenter les résultats de mesures de chaque logiciel et faire la comparaison avec les résultats analytiques donnés par le cas test. Les erreurs relatives de calcul d'éclairément de chaque logiciel par rapport aux valeurs de références (CAS TEST) seront exprimées.

Cas au sol

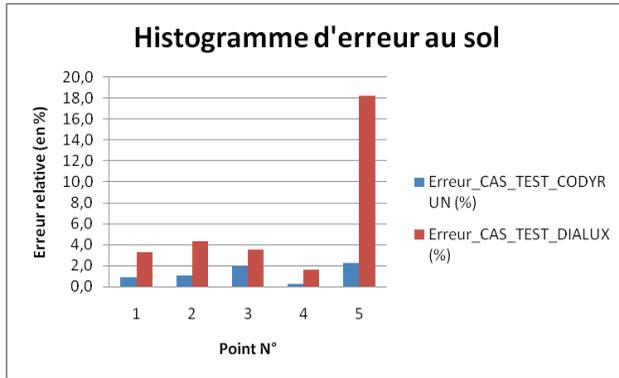
Dans le cas des points tests situés au sol nous avons les courbes et histogrammes suivants :



Dans le cas de CODYRUN, nous voyons que de manière générale les valeurs calculées par le logiciel se rapprochent des valeurs analytiques de référence. Ainsi que pour DIALUX. On observe toutefois que les valeurs données par CODYRUN se rapprochent beaucoup des valeurs analytiques.



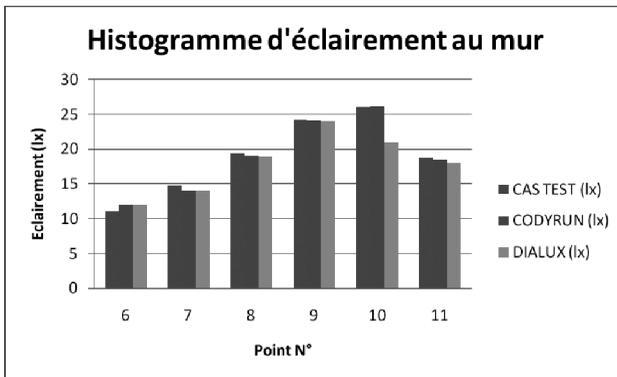
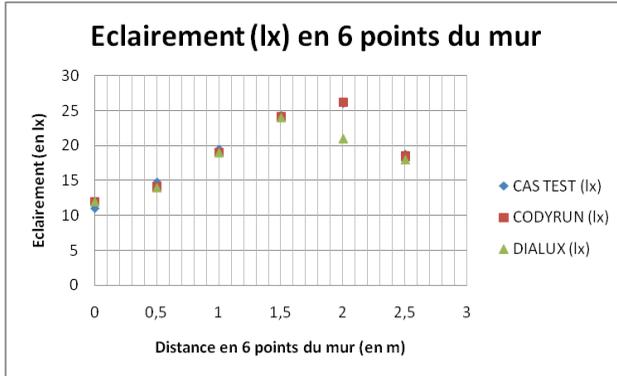
Nous confirmons notre hypothèse, en analysant l'erreur relative du calcul d'éclairément en ces points et pour chaque logiciel. Nous voyons effectivement que la plus grande erreur relative que commet CODYRUN vis-à-vis des valeurs de référence données par le cas test en calcul d'éclairément au sol n'excède pas les 2,2% (point N°5) alors que DIALUX commet une erreur relative maximale allant jusqu'à 18,3% (toujours au point N°5) par rapport aux valeurs de références.



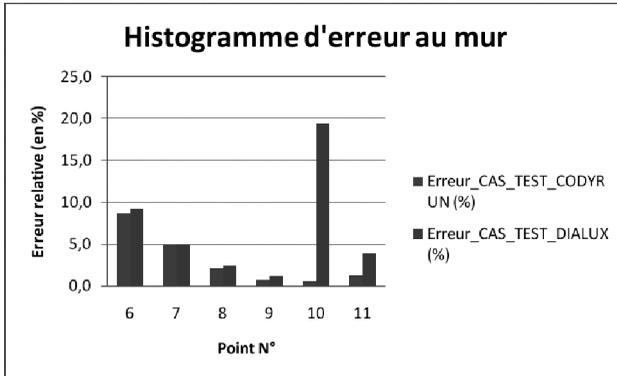
Dans les deux cas, nous constatons que la valeur d'éclairément au point N°5 (au rebord du sol et du mur) est mal prise en compte par les deux logiciels (à des degrés près). Ceci s'explique par le fait que plusieurs phénomènes physiques tels que le facteur de forme ou encore les effets de bord influencent beaucoup plus l'éclairément à ces niveaux. Sachant que nous avons appliqué la méthode simplifiée « Split Flux System » dans CODYRUN (pour un ciel couvert) il est évident que nous avons négligé certains de ces paramètres qui jouent un rôle majeur sur le flux d'éclairément au point N°5. En ce qui concerne DIALUX, nous ne pouvons donner d'explications tangibles aux résultats obtenus. Toutefois, sachant que DIALUX est un logiciel commercial qui n'est donc pas suffisamment rigoureux en termes de calcul, il est fort probable que derrière le modèle de calcul d'éclairément de ce dernier, il soit appliqué une autre méthode encore plus simplifiée et moins précise. Il est à souligner qu'un tel logiciel n'est pas sans utilité. En effet, DIALUX peut être un outil très intéressant dans le cas d'étude d'avant-projet où des valeurs approximatives sont tolérées. Alors que le modèle utilisé dans CODYRUN pourrait faire l'objet d'études plus approfondies, dans le domaine de la recherche par exemple. Nous soulignons aussi que DIALUX donne des valeurs exactes alors que CODYRUN nous donne les valeurs approximatives et se rapproche beaucoup plus de la réalité.

Cas au mur

Pour ce qui est des points tests situés au mur, nous aurons le tableau :



Une fois encore, nous constatons que CODYRUN prend mieux en compte l'éclairément par rapport à DIALUX. Cependant, nous voyons à quel point l'éclairément sur les murs est moins précis qu'au sol. En effet, l'erreur relative du calcul d'éclairément augmente sur le mur par rapport aux valeurs d'erreurs obtenues au sol. On retrouve des écarts (erreurs relatives) de l'ordre de 8,3% pour CODYRUN (interception sol/mur) et 19,3% (point situé sur le mur et très proche du plafond). L'explication à ces erreurs se trouve toujours au niveau des abords et des cotes de chaque surface (verticales et horizontales) du local. Que ce soit dans DIALUX ou CODYRUN, les modèles ont du mal à prendre en compte les valeurs en ces points.



L'erreur relative sur CODYRUN est maximale au point N°6 (de l'ordre de 8,7%) alors que l'erreur relative maximale que DIALUX commet se situe au point N°10 (environ 19,4%). Par rapport au sol, nous voyons que l'erreur relative de chaque logiciel étudié est devenue importante sur le mur.

Conclusions et perspectives

Nous venons, à partir d'une procédure de validation (cas test avec référence analytique pour une source surfacique) mise en place par Maamari, de valider un cas de figure en éclairage dans un local. Ceci nous a donné une idée des limites et des points forts de nos logiciels. Nous avons vu que CODYRUN nous donne des résultats beaucoup plus proches des valeurs de références que DIALUX. La différence cruciale réside dans le fait que DIALUX est un logiciel purement commercial alors que CODYRUN en plus de pouvoir être commercial se veut avant tout être un logiciel de simulation numérique adapté à la recherche et donc beaucoup plus rigoureux. Dans les deux cas, nous constatons que les deux logiciels répondent plus ou moins au test visant à estimer l'éclairage en des points intérieurs du local test étudié. Nous comptons, par la suite, améliorer CODYRUN en adaptant d'autres modèles en éclairage basés sur la radiosité et le « tracé de rayons ».

Fakra Ali Hamada, Harry Boyer¹

¹ Laboratoire de Physique du bâtiment et des Systèmes, Faculté des Sciences de l'Homme et de l'environnement, Université de La Réunion (Campus Sud).

References

- Bodart, Magali. « Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel ». Ministère de la Région Wallonne, DGTRE - Division Énergie, 1999, Belgique. 197 pages.
- Boyer H. « Simulation numérique à l'aide du logiciel CODYRUN », TP thermique du Bâtiment GC2, IUT de Saint-Pierre : Université de La Réunion (Réunion), Mai 2002.
- Boyer, H. « Conception thermo-aéraulique de bâtiments multizones. Proposition d'un outil à choix multiple des modèles ». Thèse Sci. : INSA de Lyon, France, 1993.
- British Research Establishment. *Estimating Daylight in Building: Part 1-2*; Digest 309, 310. Garston, Watford, Hertfordshire WD2 7 JR, England : Building Research Station, 1996.
- CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers). *Window Design, Application Manual*. London: Delta House, 222 Balham High Road, London SW12 9BS, 1987.
- De Herbe, André et Alain Liébard. « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ». ADEME – Commission européenne, programme Lernet / Alternet ; Observ'ER 2005, 2005, France.
- Maamari, Fawaz. « la simulation numérique de l'éclairage, limite et potentialités ». Thèse Sci : INSA de Lyon, 2004, France.
- Paule, Bernard. « Application de la logique floue à l'aide à la décision en éclairage naturel », thèse N°1916, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPLF), 1999, Suisse.
- Dialux : logiciel libre. <<http://www.dialux.com>>.