

ACHETER

Un logiciel de conception optique

Yan CORNIL
Light Tec, Hyères
yan.cornil@lighttec.fr

Les logiciels de conception optique (CAO optique) ont rapidement évolué ces dernières années et permettent maintenant à un large panel d'utilisateurs de spécialités aussi différentes que l'optique, l'électronique ou la mécanique, de concevoir des systèmes optiques pour des applications aussi diverses que la microscopie, l'astronomie, l'affichage, l'éclairage médical, urbain ou automobile.

Historique et présentation

Bénéficiant de l'augmentation des performances des ordinateurs, les logiciels de conception optique ont tous évolué, profitant des vitesses de calculs et des possibilités d'interfaces ou d'intégration avec les logiciels de conception mécanique. La multiplication des applications et des utilisateurs potentiels ont poussé les éditeurs de logiciels de calcul optique à produire des outils de conception plus accessibles, tant par leurs interfaces, que par leurs caractéristiques et leurs prix. L'avènement des LED a encore augmenté drastiquement le besoin d'outils logiciels, car autant il restait possible de construire sur un coin de table un système lampe/

réflecteur sans logiciel, autant il est impossible de concevoir sans logiciel un système LED/lentille.

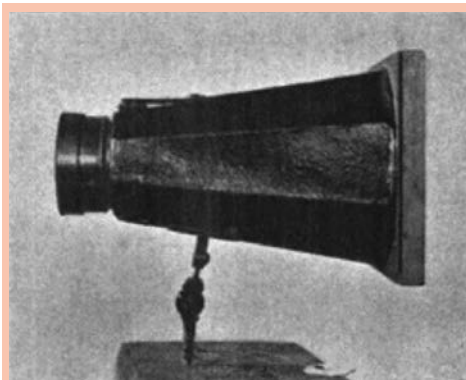
La conception et les optimisations deviennent plus puissantes et plus fines car la vitesse de calcul a suivi l'augmentation des cadences des processeurs, l'amélioration des calculs d'interception des rayons sur les surfaces étant étroitement liée aux performances offertes par les nouvelles cartes graphiques.

Notons que le calcul de l'intersection entre un rayon et une surface prenait deux minutes en 1944 (machine à carte perforée) alors qu'aujourd'hui un ordinateur portable classique peut en générer 20 000 par seconde, voire 2 millions sur un ordinateur multiprocesseurs équipé d'une carte graphique adaptée.

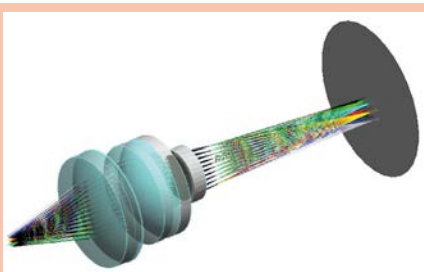
Tout d'abord, un petit rappel de définition : dans le propos qui suit, nous assimilerons un système optique à une fonction optique transformant un objet ou une source dans un espace image, à une fonction d'imagerie, d'affichage ou d'éclairage. Ensuite, avant toute démarche de conception d'un système optique, il faut déterminer la fonction intrinsèque de ce futur système.

- Soit il aura une fonction d'imagerie : c'est-à-dire de transformer une grille de points en une autre grille de points. On parle alors de **logiciel de calcul optique**.
- Soit il aura une fonction de transport ou de modification de flux lumineux émis par une source quelconque, ce qui est un calcul de photométrie. On parle alors de **logiciel de simulation optique**.

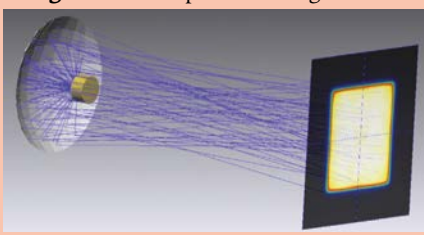
Dans les deux cas, le résultat escompté sera traité par un tracé de multiples rayons lumineux, en partant d'un point objet ou d'une source lumineuse, puis en recherchant les intersections rayons / surfaces rencontrées, jusqu'à atteindre le détecteur souhaité. Même si ces deux problèmes d'imagerie et de photométrie paraissent très similaires pour un néophyte, il se trouve qu'ils sont analysés à l'aide d'outils très différents. Nous ne traiterons pas dans cette publication les logiciels utilisant d'autres techniques



△ **Figure 1.** L'objectif de Petzval est le premier système optique calculé, par une équipe de dix officiers artilleurs doués en calcul numérique (1840).



△ **Figure 2.** Conception en imagerie.



▷ **Figure 3.** Conception en photométrie.

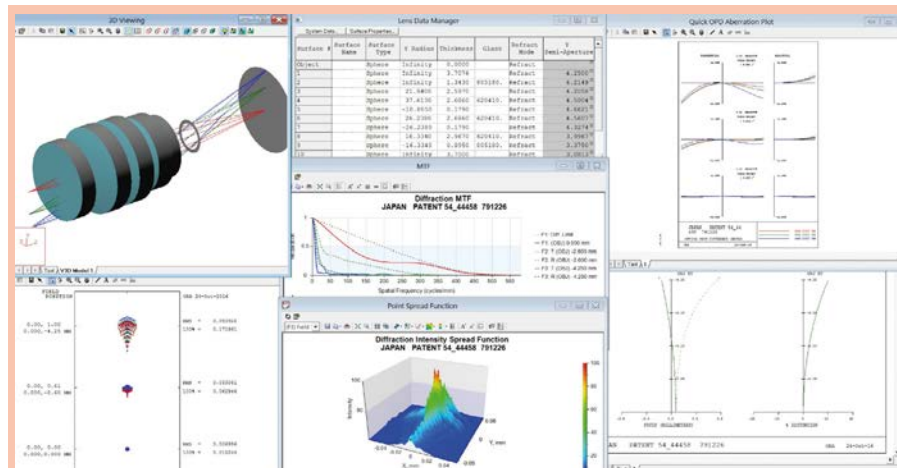


Figure 4. Écran typique d'une phase de conception incluant des analyses de MTF, d'aberration de sport diagramme et plus.

de propagation, conçus pour des applications très spécifiques :

- cas de faisceaux laser en approximation gaussienne (logiciels ABCD, Beam IV),
- cas des réseaux de diffraction (logiciels SOLVENET, OptiGrating, GratingMod),
- cas de propagation dans des composants dont la taille est de l'ordre de la longueur d'onde (ou plus faible) avec résolution des équations de Maxwell, permettant la propagation de faisceaux cohérents dans des micro optiques (logiciels Photon Design, Lumerical, Optiwave, RSOF) avec la reproduction de phénomènes diffractifs ou les interférences,

- d'autres logiciels abordent même la propagation dans les systèmes de télécommunication optique (logiciels VPI, OptSim, Optisystem) ainsi que la simulation de la propagation atmosphérique (logiciels LightTrans, WONAT).

Différences techniques

Les logiciels de calcul optique

Ces logiciels servent à créer une image à partir d'un objet, donc à analyser la propagation d'une distribution de rayons issus d'une surface objet jusqu'à l'obtention d'une surface image. Dans la mesure où les rayons suivent une

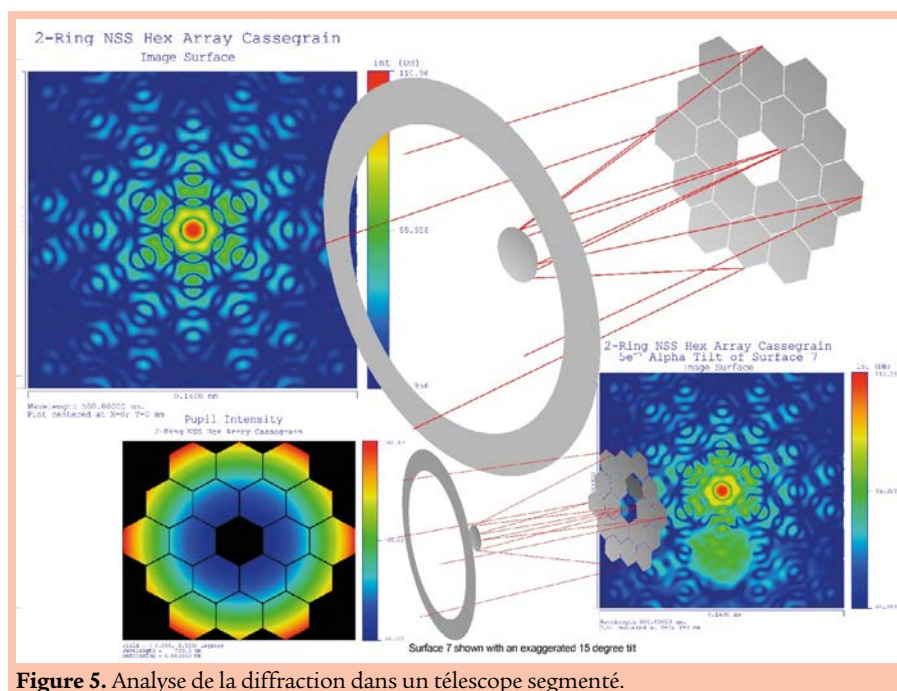


Figure 5. Analyse de la diffraction dans un télescope segmenté.



Les solutions NIT pour la vision artificielle intelligente



La révolution de la vision des machines face à l'utilisation de l'image par l'homme va se généraliser aux objets l'entourant grâce à l'avènement de l'intelligence artificielle et des possibilités d'internet. Nombre d'innovations s'inspirent de la biologie des animaux (calcul dans le pixel, système optique et surtout dynamique logarithmique). NIT - inventeur du pixel « native WDR » - cumule les avantages liés à cette dernière approche ; compression liée à la fonction log, contraste constant sur la plage dynamique, stabilité d'image et invariance à l'illumination globale, consistance des couleurs, pas de réglages nécessaires (temps d'exposition, gain, balance des blancs), absence de détérioration d'images avec la température, détection de mouvements dans le pixel. Un autre intérêt de cette technologie est son extension au proche infrarouge (900 - 1700nm) avec l'InGaAs log proposé en caméra WiDi SWIR. NIT fournit plusieurs fabricants d'applications dites de « computer vision » dans le domaine des caméras stéréo (mesure 3D sur bras robot, comptage de personnes), de la détection de mouvements (éclairage intelligent, automobile), du soudage (guidage de tête de soudure), de la biométrie.

CONTACT

New Imaging Technologies

Tél. : +33 (0)1 64 47 88 58

info@new-imaging-technologies.com

www.new-imaging-technologies.com

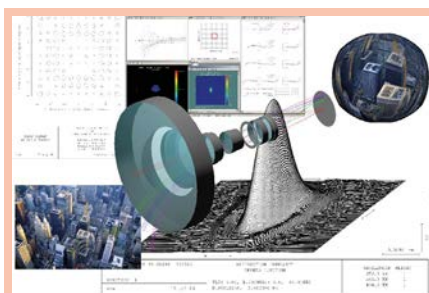
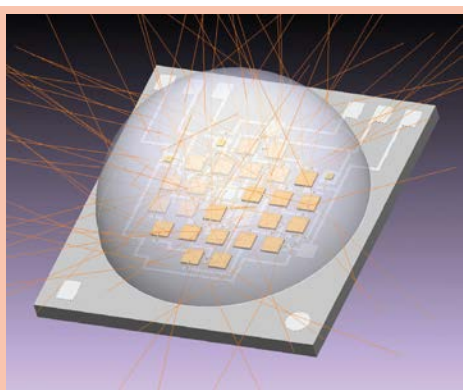


Figure 6. Simulation d'image au travers d'un objectif type fish eye.

▷ Figure 7. Source LED multi chips.



séquence de surfaces *a priori* connues, la propagation des rayons est dite « séquentielle ». Il s'agit d'applications incluant la microscopie, l'astronomie, les caméras visible et infrarouge, la micro optique. Les logiciels disponibles actuellement sont Code V, LensView, Optalix, Oslo, Synopsys et Zemax.

La conception de ces logiciels est basée sur les calculs d'optique géométrique et sert, à l'aide de puissants algorithmes, à minimiser l'impact des nombreuses aberrations géométriques créées par le système optique parfois complexe (aberration sphérique, coma, distorsion, astigmatisme, chromaticisme, etc.). Il permet donc au concepteur de réaliser un système optique donnant une image de très bonne qualité. Bien que les logiciels soient performants (et conviviaux parfois !), il est préférable que le concepteur maîtrise les notions d'optique géométrique et d'aberrations s'il veut aller plus vite dans sa démarche. L'optimisation peut faire une grande partie du travail, mais l'ingénieur peut l'aider à aller plus vite par une bonne appréhension de l'optique géométrique.

L'analyse de la qualité d'un système se fait via des outils comme les spots diagrammes (impacts dans le plan

image des rayons issus d'un point de l'objet et couvrant la pupille), les courbes des différentes aberrations ou la fonction de transfert de modulation (capacité du système à transmettre une fréquence spatiale avec un bon contraste). Pour aller plus loin, la réponse percussionnelle et l'analyse du front d'onde dans le plan image sont également disponibles. Certains logiciels peuvent même propager une onde cohérente dans le système et afficher une carte d'éclairement montrant les différents effets de la diffraction par les pièces optiques et mécaniques (figure 5). Ils peuvent aussi offrir un rendu assez réaliste de la formation d'une image à partir d'un objet (figure 6).

Au-delà de l'analyse, ces logiciels offrent des possibilités d'optimisation du système (choix de paramètres pouvant varier, de résultats servant de fonction de mérite), utilisant différents algorithmes locaux ou globaux. Ils sont capables également d'analyser la sensibilité au tolérancement mécanique du système en prenant en compte des possibilités de réglage du système après fabrication des pièces optiques et mécaniques (tilt, décentrement, offset). Il est même maintenant possible de prendre en compte

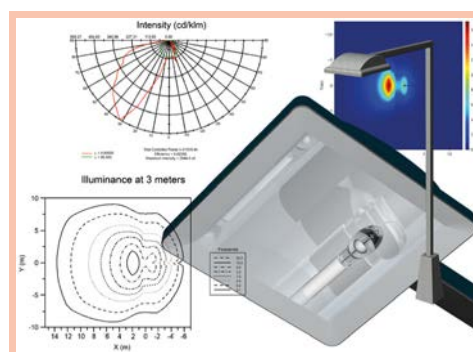
le tolérancement comme contrainte dans l'optimisation de manière à avoir moins de rejet lors de la fabrication.

Logiciels de simulation optique

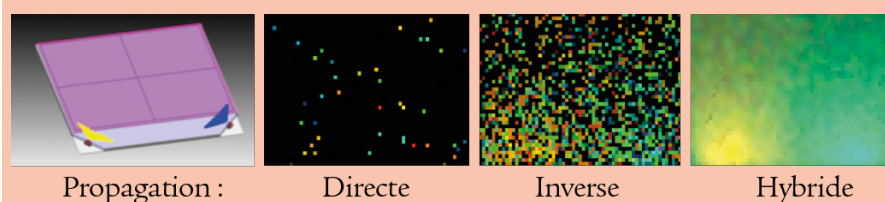
Cette deuxième catégorie de logiciel permet d'étudier le comportement d'un système opto-mécanique avant sa réalisation, donc de faire du prototypage virtuel. Dans la mesure où les rayons se propagent au milieu d'objets et de surfaces sans prédétermination de leur ordre, la propagation des rayons est dite « non séquentielle ». Les logiciels les plus diffusés dans ce domaine actuellement sont APEX, FRED, LightTools, LucidShape, Photopia, SPEOS, TracePro, Virtual Labs, et Zemax.

L'émission et la propagation des rayons lumineux se font sous forme de tirages aléatoires du type « Monte Carlo », pondéré par les propriétés optiques des sources et matériaux. L'envoi de plusieurs millions de rayons permet d'obtenir des simulations différant de quelques % des mesures faites en laboratoire sur les prototypes. Ces différences constatées proviennent en général d'un manque de connaissance des propriétés physiques des matériaux ou des sources utilisées lors de la simulation, ou d'un nombre de rayons tracés insuffisant.

Les méthodes de propagation se font en général depuis les sources vers les détecteurs (méthode qualifiée de **propagation directe**), mais de manière à augmenter la vitesse d'obtention du résultat, d'autres méthodes existent. D'abord en traçant les rayons depuis les détecteurs vers les sources (qualifiée de **propagation inverse**), utiles lorsque les détecteurs sont petits par rapport aux sources. Ensuite

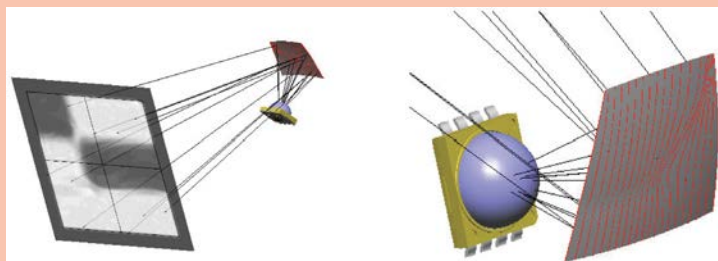


◁ Figure 8. Conception d'un luminaire d'éclairage routier.



△ Figure 9. Simulation d'un LCD rétro éclairé par deux LED jaune et verte. Luminance vue par un détecteur type œil. Résultats obtenus pour un même temps de calcul, 10 secondes.

▷ **Figure 10.**
Photo et rendu réaliste d'un guide de lumière automobile.



◁ **Figure 11.**
Calcul de surface libre.

en utilisant les deux techniques en même temps, mélangeant la propagation directe et inverse (qualifiée de **propagation hybride**). Cette dernière méthode, la plus récente, est de loin la plus rapide (figure 9).

L'application la plus en vogue concerne la simulation de sources de type LED ou lampe, dans des composants type réflecteur, lentille ou guide de lumière. Tous ces logiciels possèdent des bibliothèques de sources (LED, lampe tungstène, halogène à décharge), de matériaux (plastique, verre), de qualité de surfaces (réflecteur, filtre, diffuseur, texture), et sont capables d'échanger des fichiers avec les logiciels de CAO, par l'intermédiaire de fichier STEP ou IGES. Les détecteurs possibles dépendent des logiciels, mais incluent au moins la possibilité d'obtenir des cartes d'éclairement (équivalentes à la mesure avec un luxmètre) et des distributions d'intensité (équivalentes à la mesure avec un goniophotomètre). Les autres détecteurs possibles sont les luminancemètres, les colorimètres, les spectromètres et même des caméras permettant l'obtention d'un rendu réaliste (figure 10).

Si l'ensemble des logiciels est capable de prédire les caractéristiques photométriques d'un système, certains sont capables de calculer ou d'optimiser la forme des surfaces de manière à obtenir le résultat souhaité. Récemment, de nouveaux algorithmes permettent même de calculer

des surfaces dites « formes libres » de manière à obtenir des distributions très complexes (figure 11).

Comment faire son choix ?

Avant de se lancer dans des évaluations de logiciels, les 4 questions suivantes se posent : un logiciel pour quoi faire ? Utilisé par qui ? Pour étudier quelles phases de la conception ? Et enfin est-ce que le besoin d'un outil logiciel est ponctuel ou pérenne ?

Un logiciel pour quoi faire ?

Laser, éclairage LED, objectif de caméra, viseur tête haute, éclairage médical, couplage fibre optique, phare automobile, éclairage routier, image parasite : il n'existe pas de logiciel qui fasse tout ! Il est aussi difficile de dire qu'un logiciel est meilleur qu'un autre. Chacun a ses avantages et ses inconvénients et fera bien la tâche pour laquelle il a été développé. Mais ceci dit, tous les logiciels sont en général capables de traiter d'autres fonctions (qui pourront peut-être suffire à l'utilisateur) que la fonction première pour laquelle ils ont été pensés, mais ils ne lui apporteront pas la possibilité de concevoir rapidement et au mieux car ils n'auront pas les fonctions d'autres logiciels plus spécifiques : les logiciels de calcul optique traditionnels (CodeV, Oslo, Zemax) sont capables de faire de l'illumination, mais n'ont pas été prévus au départ pour cela, donc le traitent moins bien que

Plateforme OSICS

Créez vos bancs de test



avec nos modules OSICS

Lasers DFB



**Grande stabilité
P & λ**

DFB DWDM
1529 à 1611 nm

DFB CWDM
1270 à 1650 nm

Nouveau

DFB LANWDM
1295,56 nm
1300,05 nm
1304,58 nm
1309,14 nm

Yenista OPTICS

Tél. : +33 (0)2 96 48 37 16

sales-emea@yenista.com

www.yenista.com

les logiciels comme APEX, Light Tools, Photopia, TracePro, qui eux font aussi du rendu réaliste, mais pas aussi bien que des logiciels comme LucidShape ou SPEOS. Il est à noter que certains logiciels (ASAP, Comsol, Fred, TracePro, Virtual labs) ont été développés comme des boîtes à outils généralistes.

Un logiciel utilisé par qui ?

Le profil de l'utilisateur est également important. Un service « mécanique » standardisé sur un logiciel de CAO mécanique aura intérêt à utiliser, par simplicité, un logiciel d'optique intégré à leur logiciel mécanique. Il en existe plusieurs comme APEX (dans SolidWorks), Photopia (dans SolidWorks), LucidShape (dans CATIA) et SPEOS de loin le plus intégré (dans CATIA, ProEngineer Creo, NX, SolidWorks). Ces logiciels sont faciles à apprendre, mais ne possèdent pas autant de fonctionnalités que les logiciels développés dans leur propre environnement. Donc si l'utilisateur a un profil « optique », il trouvera plus de puissance de conception dans les logiciels non intégrés.

Pour étudier quelle phase de la conception ?

Certains services ont besoin de simulations simples dans des pièces mécaniques, et donc n'utilisent un logiciel d'optique que pour faire des vérifications. D'autres ont besoin de vraiment concevoir un système du début à la fin. Tous les logiciels ne répondront pas de la même manière aux besoins de conception. Un logiciel intégré dans une CAO se prête bien à une simulation simple, un outil développé pour une application répondra mieux aux attentes d'un « concepteur ».

Est-ce un besoin ponctuel ou un besoin pérenne ?

Dans le cas d'un besoin ponctuel, le plus simple est de prendre le logiciel dont le coût est le plus faible à l'achat, voire à la location pour une courte période.

Si le besoin est pérenne, il faut faire attention à la crédibilité des développeurs du logiciel, et de l'éditeur.

Qui se souvient des logiciels POSD (j'ai appris le calcul optique en perçant des cartes perforées...), Sigma

2000, OptikWerk, OMS, Solstis, Apilux, Ray Cad, Optica, Opticad – autant de logiciels, tous performants à leur époque, et tous disparus aujourd'hui. Ces logiciels ont disparu pour deux raisons :

- soit ils étaient intégrés dans un logiciel de CAO qui a disparu ou n'est plus utilisé, comme Opticad, Ray CAD, Optram. Rares sont ceux qui, comme Photopia, ont pu changer de plateforme (Autocad vers SolidWorks) ;
- soit ils ont été développés par des sociétés « unipersonnelles » ou de quelques employés qui n'ont pas eu les moyens de continuer : Sigma 2000, OptikWerk, OMS, Optica. Et du coup certains ont choisi de mettre leur logiciel en accès libre : Beam IV, Oslo EDU, WinLens3D.

Donc un investissement pérenne doit être privilégié auprès de sociétés solides : sur la vingtaine d'éditeurs cités ci-dessus, la plupart sont des sociétés de une à 10 personnes. Seules quatre d'entre elles dépassent les 20 personnes et deux... les 100 personnes (Optis et Synopsys).

Logiciel	Type de conception	Fabricant	Fournisseur	Contact
APEX	Illumination	Breault Reseach Organization		Donna Hart dhart@breault.com 170 28 48 80 08
ASAP	Illumination	Breault Reseach Organization		Donna Hart dhart@breault.com 170 28 48 80 08
FRED	Illumination	Photon Engeniring	Laser 2000	Bernhard Dauner b.dauner@laser2000.de 498 15 34 05 17
ZEMAX	Imagerie et illumination	Zemax Development		Nicolas Gosseaume nicolas.gosseaume@zemax.com 4412 79 81 09 11
CODE V	Imagerie et illumination	Synopsys	Light Tec	Yan Cornil sales@lighttec.fr - 04 94 12 18 48
LightTools	Illumination	Synopsys	Light Tec	Yan Cornil sales@lighttec.fr - 04 94 12 18 48
Virtual Labs	Illumination	LightTrans	Scoptique	Oksana Ibisova-Bate oksana.ibisova@scoptique.com 09 72 37 93 94
LucidShape	Illumination	Synopsys	Light Tec	Laurence Perrimond sales@lighttec.fr - 04 94 12 18 48
OSLO	Imagerie	Lambda Research		sales@lamdares.com
Photopia	Illumination	LightTing technologies	HITEX	Thierry Audet taudet@hitex-international.com 08 74 50 99 90
SOLSTIS Odysee	Imagerie et illumination	OPTIS		Christian Hesse info@optis-world.com 04 83 77 04 85
SPEOS	Illumination	OPTIS		Christian Hesse chesse@optis-world.com 04 83 77 04 85
Tracepro	Illumination	Lambda Research		Corinne Cupillard sales@lamdares.com 06 26 34 20 01

Tableau. Guide d'achat logiciel.