

Optiques polymères de précision

Récentes évolutions - nouveaux challenges

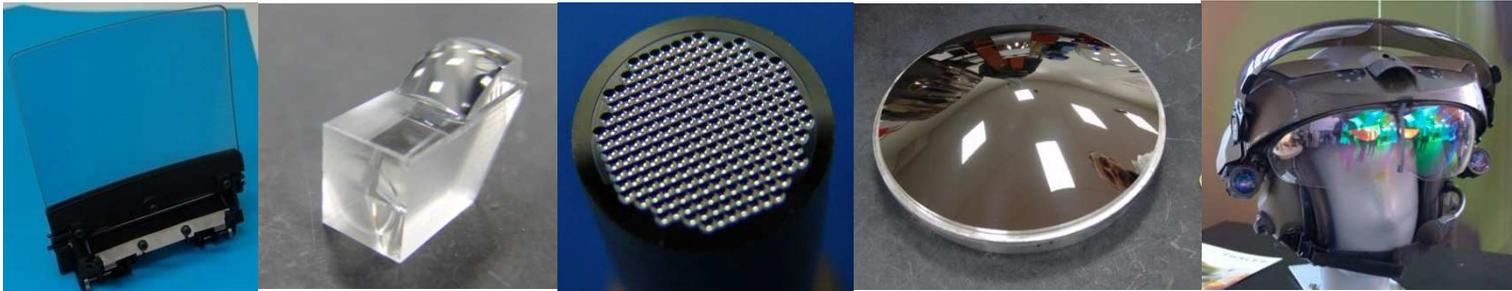
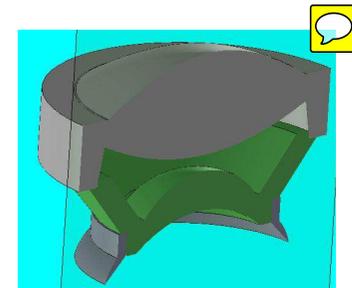
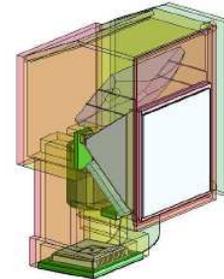
François HOUBRE
Directeur General SAVIMEX





Sommaire

- ▶ Marché et contexte
- ▶ Comparaison matériaux verre / polymères
- ▶ Les procédés clés
- ▶ Les applications
- ▶ Conclusion





Marchés et contexte

- ▶ Module Camera (portables)
- ▶ Oculaires
- ▶ Projection image (réelle / virtuelle)
- ▶ Capteurs (proche IR et Visible)
- ▶ Eclairage (optique LED)
- ▶ Protection / ophtalmique / ...

- ▶ Contexte favorable
 - ▶ Marché des matières plastiques / transformation
 - ▶ Nouvelles technologies de l'usinage d'ultraprecision
 - ▶ Intégration de fonctions (transmission / réflexion / diffractive / diffusion / guide / filtrage / mécanique / microstructures / matrices de lentilles)
 - ▶ coût série faible au-delà de qqes centaines d'unités

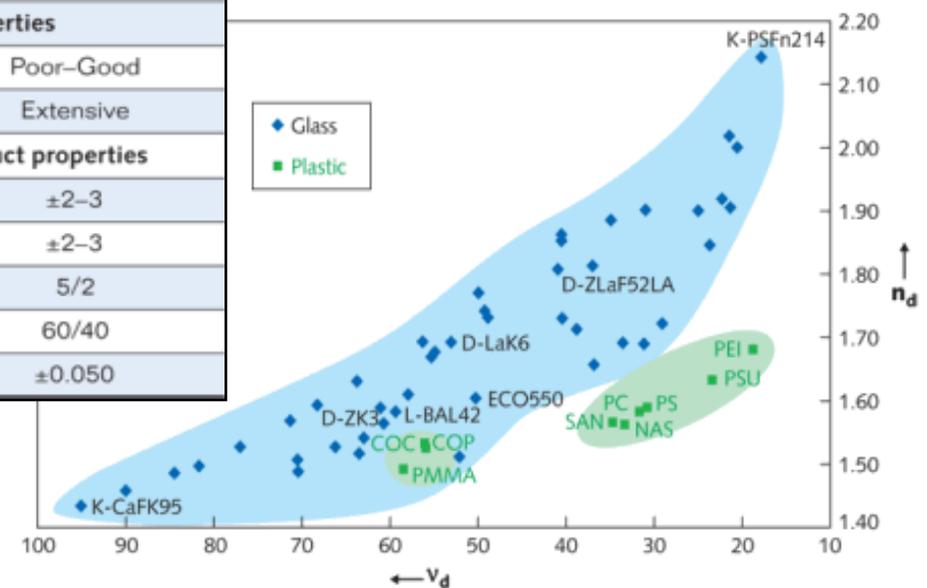




Comparaison minéral / Polymères

Comparison of key properties between molded glass and plastic optics

Property	Glass	Plastic
Available material options	>100	<10
Quantitative properties		
Index of refraction (n_d)	$1.434 < n_d < 2.144$	$1.491 < n_d < 1.682$
Abbe number (v_d)	$17.8 < v_d < 95.0$	$18.9 < v_d < 58.5$
CTE (α) ($10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)	$49 < \alpha < 160$	$558 < \alpha < 720$
Glass transition temperature (T_g) ($^{\circ}\text{C}$)	$288 < T_g < 618$	$77 < T_g < 210$
dn/dt ($10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	$10.9 < dn/dt < 23.4$	$-14.3 < dn/dt < -8.5$
Specific gravity (SG)	$2.4 < \text{SG} < 7.1$	$1.0 < \text{SG} < 1.3$
Qualitative properties		
Environmental durability	Excellent	Poor-Good
Integrated features	Limited	Extensive
Typical commercial product properties		
Focal length (%)	± 1	$\pm 2-3$
Radius of curvature (%)	± 1	$\pm 2-3$
Power/irregularity (fringes)	3/1	5/2
Scratch/dig	40/20	60/40
Center thickness (mm)	± 0.050	± 0.050





thermoplastiques



	Points forts	Points faibles	Applications
PMMA $n=1.492 @ 589$ nm; $V=58.5$	Transparence, faible biréfringence, tenue aux UV, V élevée	Reprise hydrique, tenue en température	Imagerie et éclairage
PC $n=1.586 @ 587.6$ nm; $V=30$	Transparence, indice élevé, tenue en température, résistance à l'impact	Reprise hydrique, V faible	Ecran de protection, combiner, éclairage
COP/COC $n=1.509 @ 587.6$ nm; $V=56.4$	Transparence, tenue en température, fluidité, densité faible, reprise hydrique	Prix matière	Imagerie
PEI	Tenue en température, rigidité, reprise hydrique, résistance à l'impact	Transmission visible	Miroirs

Autres matériaux : Polystyrène, Polyéthylène, Polysulfone, Styrene acrylonitrile, styrene copolymer, Polyester,



Thermoplastiques

Table 1 Properties of thermoplastics for optical application.

Polymer name	Brand name	n_D (587.6 nm)	Abbe number	Transmittance 3 mm (%)	Density (g/cm ³)	Water absorption (%) ISO 62	Deflect. temp. ISO75-2 (°C)	Coating adhesion ^a
PMMA	Plexiglas 6N, 7N, 8N	1.491	58	92	1.19	2.2	85	+
Methylmethacrylate copolymer	Plexiglas HW55	1.51	49	90	1.19	2.2	106	++
Poly(n-methyl methacryl imide)	Pleximid TT70	1.54	43	91	1.21	6	158	++
PC	Makrolon LQ2647	1.585	30	89	1.2	0.4	120	++
PC copolymer	Apec HT9351	1.572	30	88	1.15	0.3	159	+
Cycloolefin copolymer (COP)	Topas 5013	1.533	58	92	1.02	<0.01	123	+++
COP	Zeonex E48R	1.53	56	92	1.01	<0.01	122	+++
COP	Zeonex 480R	1.525	56	92	1.01	<0.01	123	+++
COP	Zeonex F52R	1.535	56	91	1.02	<0.01	144	+++
COP	Zeonor 1020R	1.53	56	92	1.01	<0.01	101	+++
COP	Zeonex 330R	1.509	56	92	0.95	<0.01	110	+
Polyether sulfone	Ultrason E2010	1.65	20	83	1.37	2.2	212	+++
Polyamide	Trogamid CX7323	1.516	45	89	1.02	3.5	122	+++
Polyester	OKP-4	1.607	27	88	1.22	0.15	105	+++





Autres polymers non recyclables

- ▶ Silicones injectables >> application haute température



Point faible (adhésion couches minces, indices liés au process) 

- ▶ Résines Thermodurcissables (CR 39, trivex,...)
 - ▶ Ophtalmique, longue durée de réticulation



Critères de conception

Matériaux :

- Indice
- V
- Dilatation thermique
- Tenue en température
- Transmission
- Compatibilité dépôt
- Tenue mécanique

Design :

- Surface diffractive
- Intégration mécanique
- Surfaces complexes
- Multisurfaces
- Microstructures
- Combinaison minérale/organique

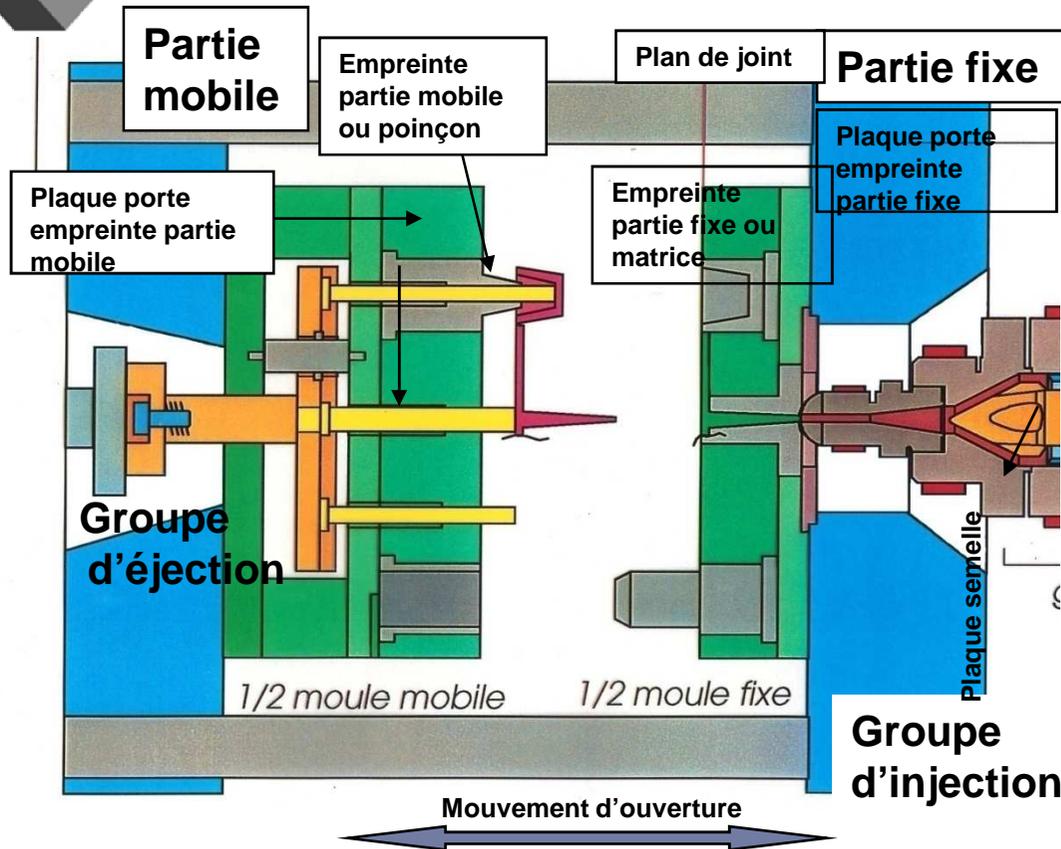
Procédés:

- Plan et faiblement courbe
- Biconcaves
- Epaisseur au bord
- Diamètre utile vs diamètre total
- Homogénéité
- Biréfringence





Le procédé d'injection



Décomposition d'injection:

1. Séchage matière
 2. Mise en trémie
 3. Plastification
 4. Fermeture moule
 5. Injection / commutation
 6. Maintient et refroidissement
 7. dosage
 8. Ouverture Ejection pièce(s)
- 1 cycle = étapes 4 à 8



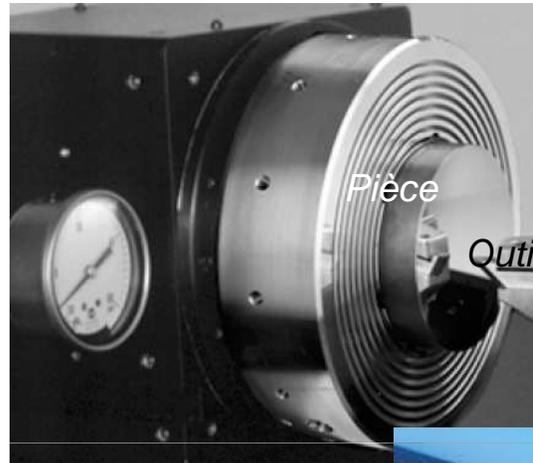
Un machine avec axes numériques
Une cycle asservi en temps réel
Un outillage de précision régulé et contrôlé in situ



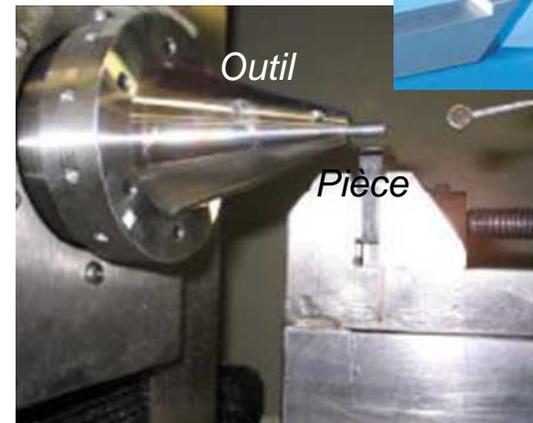
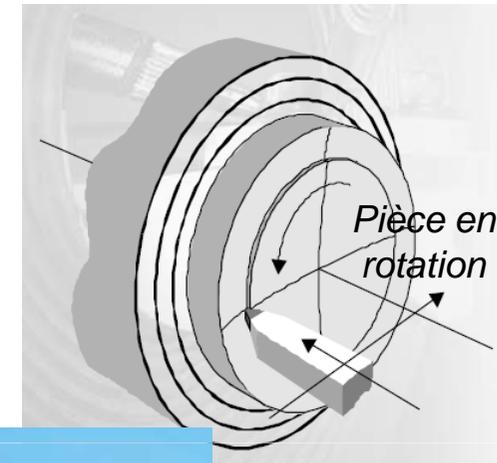
Les inserts usinés diamant



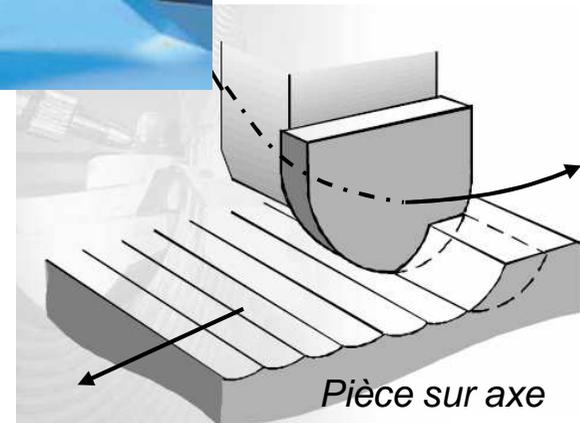
- ▶ Rugosités typiques de quelques nm
- ▶ Profondeur de passe de quelques microns
- ▶ Pointe diamant à 100 nm de défaut de forme
- ▶ Asservissement dynamique sur machine asservie au nm dans l'espace de travail



Diamond turning



Flycutting

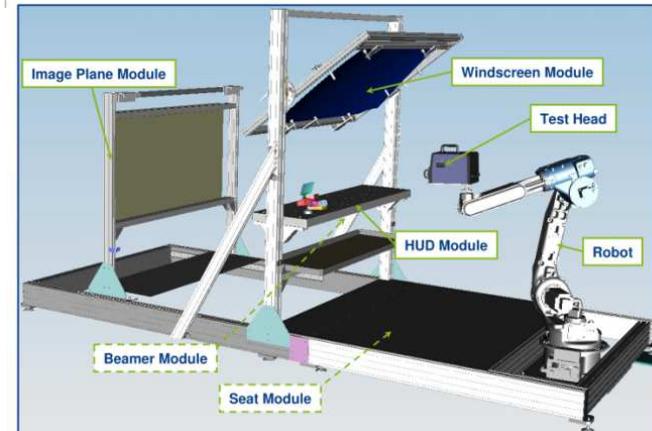




Autre procédés clés

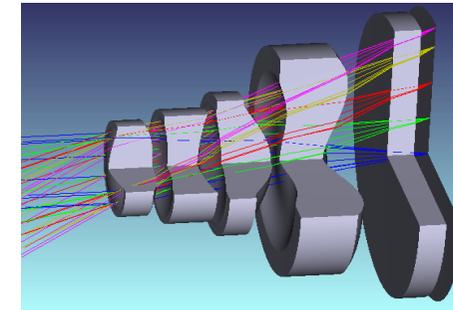
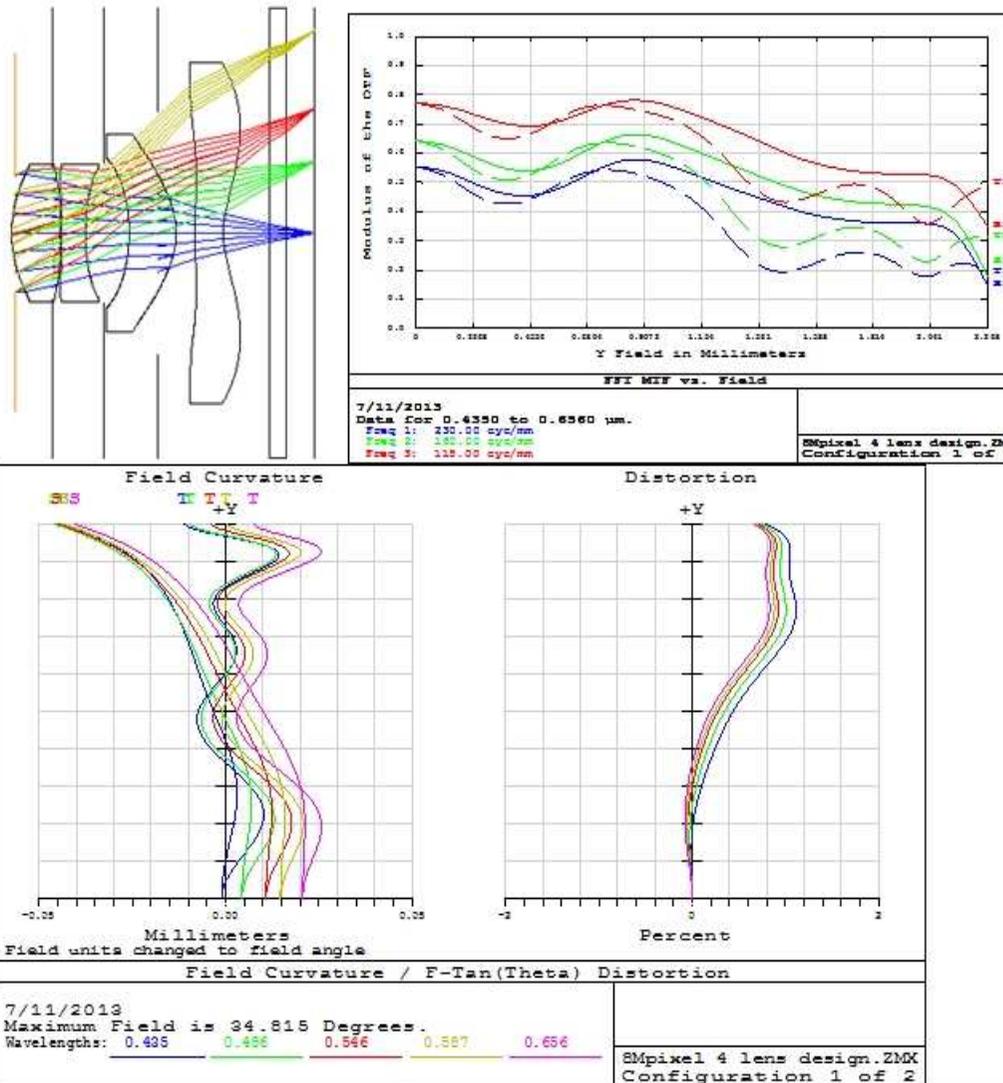


- ▶ Procédés Solgel (antirayure)
- ▶ Usinage 3axes / 5 axes
- ▶ Couches minces
 - ▶ Dépôt à froid
 - ▶ Adhérence et stress interne
- ▶ Procédés métrologie
 - ▶ Profilométrie / scan 3D
 - ▶ Deflectométrie / analyse image
- ▶ Caractérisation environnement
 - ▶ Thermique
 - ▶ Vieillissement solaire
 - ▶ abrasion





Module Camera pour téléphone portable

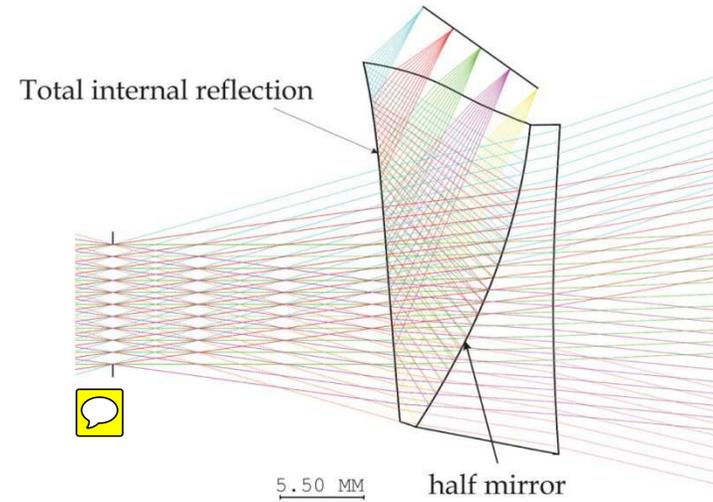
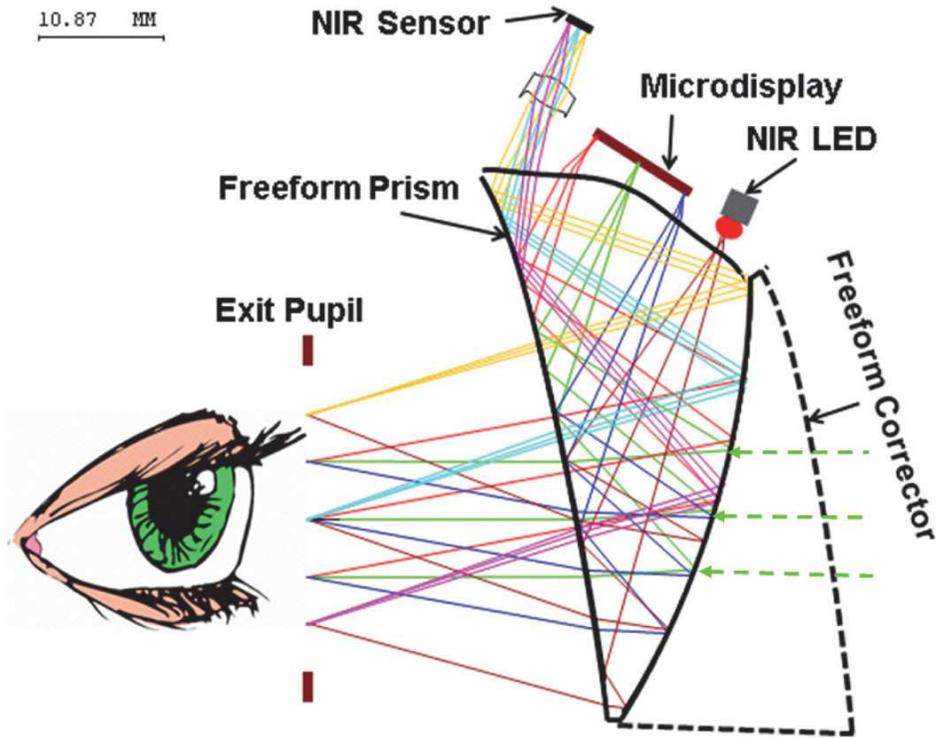


- ▶ **8 Mpixel, F2.4, 4.54mm sensor diagonal**
- ▶ **Design complet polymère**
- ▶ **Diamètre lentille 2 à 3 mm**
- ▶ **Production type / qqes millions**
- ▶ **Coût global / fonction 3 – 5 €**



Lunette informative

Grand champ sur l'axe ($\pm 20^\circ$)
Pupille 7 mm
Suivi temps réel de l'axe de visée

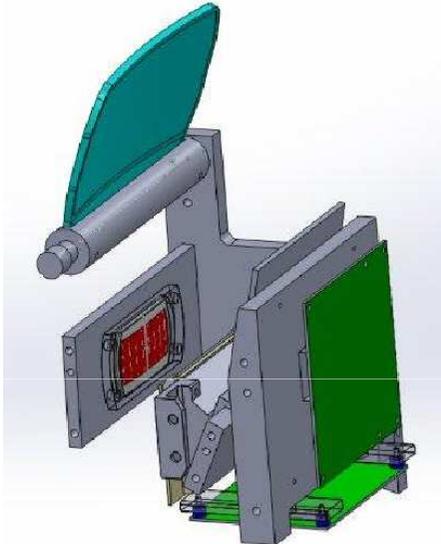


C

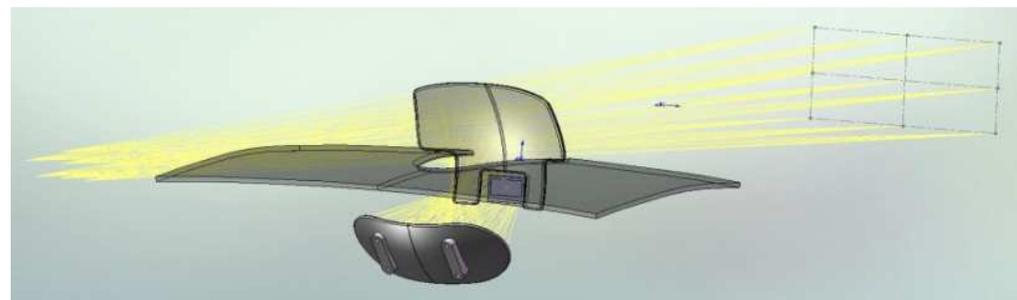


Projection sur lame semi transparente

Design



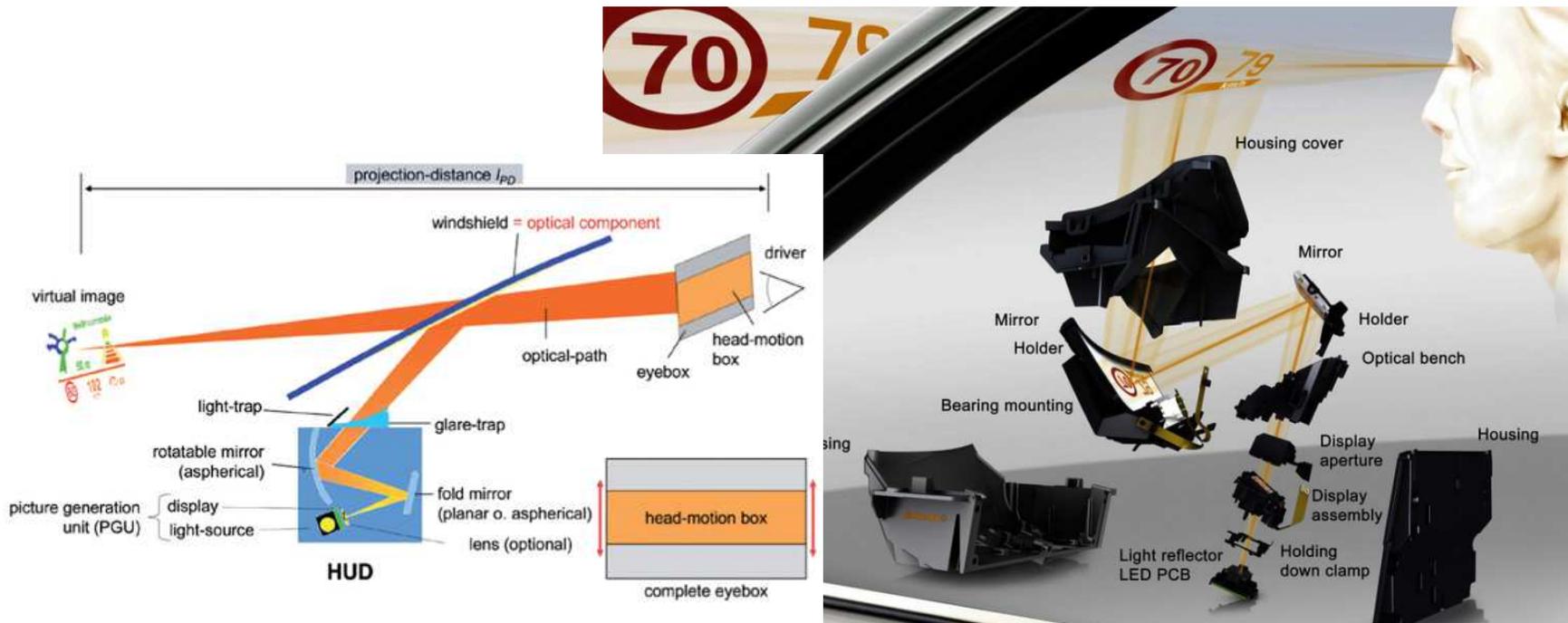
Applications





Projection Pare Brise automobile

- ▶ Projection d'informations « fixes »
- ▶ Affichage tête moyenne + correction pare brise
- ▶ Boite à œil $\sim 120 \times 60$ + réglage hauteur
- ▶ Volume type ~ 4 ltr / champ $5 \times 2^\circ$
- ▶ 2 Miroirs free form





Lampe opératoire à LED

Conforme aux exigences de la Norme ISO 9680:2007(E) :

Pas d'aberrations chromatique en zone A et B

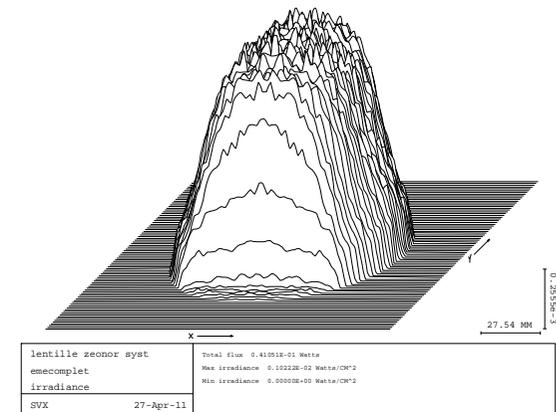
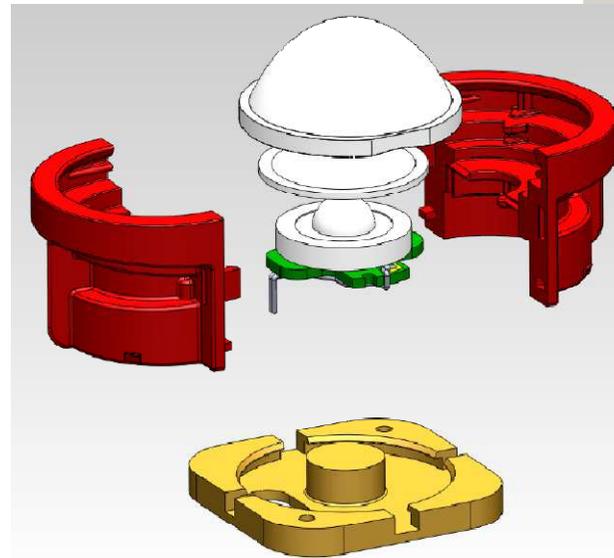
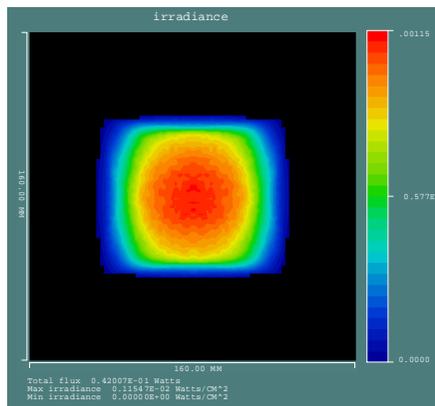
Eblouissement 0 à 60 mm du champs opératoire

Indice de rendu des couleurs > 85

Lumière froide : $E < 350 \text{ W/m}^2$ de 0,3 à 2,5 μm

Réduction de l'ombre portée

UV réduits : $< 0,008 \text{ W/m}^2$ de 180 à 400 nm pondérés





Conclusion

Fort Potentiel des optiques polymères

- Choix matière et formule
- Design système intégré
- Des outillages adaptés
- De l'injection plastique
- Des traitements solgels
- Des dépôts couches minces
- Des process d'assemblage
- Une métrologie

