

GUIDE THÉORIQUE ET PRATIQUE

L'opticien-lunetier

3^e édition

Coordonnatrice Caroline Kovarski

Tout-en-un : ■
les cours et
les applications
cliniques

Les bonnes ■
pratiques



Lavoisier
TEC & DOC

L'opticien-lunetier

Chez le même éditeur

Dans la collection « Guide théorique et pratique »

Le technicien d'analyses biomédicales. 2^e édition, Béraud J, Coord. 2014

Le préparateur en pharmacie. 2^e édition, Gazengel JM, Orecchioni AM, Coord. 2013

Dans la collection « Réussir son BTS opticien-lunetier »

Analyse de la vision

Tome 1 : vision monoculaire. Cazeaud P, 2013

Tome 2 : vision binoculaire. Cazeaud P, Vettese S, 2014

Exercices d'analyse de la vision. 2^e édition, Kovarski C, Daniel F, Lusson N, 2011

Exercices d'économie et gestion d'entreprise. 3^e édition, Analka T, Fekete JC, Thébaud G, 2010

Exercices d'étude technique des systèmes optiques. 2^e édition, Grienche L, Crozat N, Hurtevent F, 2011

Exercices d'optique géométrique et physique. 2^e édition, Gaudron B, Louvet R, 2013

Exercices de technologie et prise de mesures. Viards I, 2008

Dans la collection « Optique et vision »

Contactologie. 2^e édition, Barthélémy B, Thiébaud T, Coord. 2012

Avancées en ophtalmologie : apport de la conquête spatiale. Corbé C, Coord. 2012

Les lentilles de contact : optimisation de l'adaptation, utilisation et entretien. Michaud L, Breton L, Gagnon F, Simard P, 2012

Instruments d'optique ophtalmique. Hormière J, 2010

Éclairage d'intérieur et ambiances visuelles. Damelincoourt JJ, Zissis G, Corbé C, Paule B, 2010

Traiter la presbytie. Gilg AN, 2009

Dans la collection « Professions Santé »

Les anomalies de la vision chez l'enfant et l'adolescent. Kovarski C, Coord. 2014

GUIDE THÉORIQUE ET PRATIQUE

L'opticien-lunetier

3^e édition

Caroline Kovarski

Coordonnatrice


TEC & DOC

editions.lavoisier.fr

Direction éditoriale : Emmanuel Leclerc
Édition : Gilda Masset
Couverture : Isabelle Godenèche
Fabrication : Estelle Perez
Composition : STDI, Lassay-les-Châteaux
Impression et reliure : LEGO, Italie

Illustration de couverture :
Junger Mann beim Optiker oder Brillengeschäft
© Kzenon - Fotolia.com

1^{re} édition, 2005

2^e édition, 2009

© 2014, Lavoisier, Paris
ISBN : 978-2-7430-1996-9
ISSN : 2270-3810

Préface

Alors que la création d'un brevet de technicien supérieur opticien-lunetier date de 1954, il n'existait pas à ce jour d'ouvrage de synthèse susceptible d'aider les candidats à préparer leur examen. *L'Opticien-lunetier, guide théorique et pratique* est donc le premier ouvrage qui propose aux étudiants comme aux professionnels une synthèse de l'ensemble des domaines de compétence de l'opticien.

Les premiers pas

C'est en 1904 que fut créée une section de formation à la lunetterie dans le cadre de l'École pratique d'industrie de Morez, qui formait depuis 1895 des professionnels en mécanique, horlogerie, menuiserie et ébénisterie.

Jusqu'en 1917, date de la création de l'Institut d'optométrie à Paris, l'École pratique a seule assuré la formation nationale des opticiens-lunetiers.

Mais à partir de 1936, date de la création de l'École d'optique de Lille, et surtout de 1940, lorsque l'École d'optique appliquée met en place une section d'optique-lunetterie, la formation des opticiens s'élargit à de nombreux établissements publics et privés. Cent ans après l'ouverture de la première section, on dénombre près de cinquante établissements spécialisés dans la formation au métier de l'optique-lunetterie.

Bien entendu, cette profession s'est réglementée : lois des 5 juin 1944, 17 novembre 1952 et 5 novembre 1953 puis création d'un brevet de technicien supérieur opticien-lunetier le 29 janvier 1954.

L'évolution

Depuis, cette profession n'a cessé d'évoluer sous la pression de l'industrie dont les produits, verres et montures, ont énormément progressé, eux-mêmes tirés vers le haut par les besoins accrus des consommateurs demandeurs d'une qualité de vision optimale associée à une esthétique irréprochable.

Les moyens pour satisfaire à ces exigences se sont développés, qu'il s'agisse de ceux permettant d'évaluer la vision des sujets ou de ceux permettant de traduire ces besoins en un produit fini, une paire de lunettes constituée de sa monture et de ses verres.

Toutes ces nouvelles technologies nécessitent pour l'opticien une remise à niveau constante de ses connaissances. C'est ainsi que le référentiel du BTS a lui-même évolué pour couvrir, en six parties distinctes, toute la palette des connaissances maintenant nécessaires à l'opticien moderne.

L'ouvrage que Caroline Kovarski a coordonné avec une vingtaine d'auteurs détaille de façon extrêmement complète ces six grandes parties de la formation actuelle des opticiens-lunetiers.

La profession d'opticien et l'Europe

Pour unifier les différences de niveaux existant entre les professionnels européens et pour leur permettre une libre circulation, les instances européennes ont chargé le *European Council of Optometry and Optics* (ECOO), association qui représente les structures professionnelles de l'optique (opticiens-optométristes de tous les états membres), de mettre sur pied un programme d'enseignement, de le promouvoir et d'organiser un diplôme européen (DE) sous la surveillance du *World Council of Optometry* (WCO). Vingt-trois pays s'y sont engagés.

Ce DE est constitué de trois parties A, B et C qui peuvent se passer indépendamment. Chaque partie est constituée de deux épreuves, une épreuve théorique (QCM) et une épreuve pratique.

Les épreuves pratiques contiennent deux parties distinctes :

- des tests (pour évaluer la capacité des étudiants en matière de pratique clinique) ;
- une étude de cas (QCM illustrés) pour l'analyse clinique.

La partie A regroupe les sciences de l'optique (géométrie, physiologique, neurosciences et la lunetterie). La partie B regroupe les sciences cliniques (optométrie et contactologie). La partie C regroupe les sciences cliniques du dépistage oculaire.

Le BTS OL constitue donc le niveau de base du DE. Il est notamment indispensable pour préparer la partie A à 80 % mais aussi pour préparer la partie B à 50 %. Il est cependant nécessaire de parfaire cette formation par un enseignement complémentaire en sciences générales et neurosciences pour la partie A, en optométrie et en contactologie pour la partie B. Quant à la partie C, elle n'est pas abordée dans l'enseignement du BTS OL et doit être intégralement traitée.

Caroline Kovarski et ses coauteurs ont su réaliser cet ouvrage qui s'appuie sur le référentiel du BTS OL et s'attache à présenter tous les savoirs nécessaires pour en préparer l'examen. Ils ont su actualiser les notions les plus anciennes tout en exposant les plus récentes. Ils sont à féliciter pour cette importante contribution.

Ce livre constitue donc un document de travail indispensable pour les étudiants qui se présentent au BTS OL, un ouvrage de base dans le cadre de la préparation des deux premières parties du DE et également une référence pour les praticiens opticiens-optométristes dans leur travail au quotidien.

Bernard Barthélémy

Ancien maître de conférence associé à Paris XI en contactologie,
il est délégué France et Europe francophone auprès de l'IACLE,
délégué France auprès de l'ECOO
et membre du Board Organisation Management (BOM).

Thérèse Thiébaud

Ancienne directrice-adjointe de l'Institut et Centre d'optométrie,
elle a créé en 1989 l'École supérieure internationale d'optométrie.
Elle est membre du IACLE (International Association of Contact Lens Educators)
depuis sa création.

Liste des auteurs

[Taylor Anelka](#), professeur certifié, lycée Fresnel, Paris ; responsable du Bachelor de Manager en optique (BMO), ISO, Paris

[Bernard Barthélémy](#), ancien maître de conférences, responsable d'enseignement de contactologie à l'IUT Marseille et dans les établissements préparant le diplôme européen : institut Emmanuel d'Alzon, FS²O-AEPO Paris et ISO Strasbourg

[Jérôme Bret](#), opticien, Villetaneuse ; membre du jury des validations d'expérience (VAE), collège professionnel

[Philippe Blanc](#), Audioc-Optic 2000, département formation

[Patrick Bonne](#), professeur agrégé d'économie et gestion, lycée Fresnel, Paris

[Jessica Buhler](#), responsable produits et marketing, Maurice frères

[Michel Camus](#), IEP Paris, docteur d'État, Cabinet d'études techniques Michel Camus

[Brigitte Capelle](#), professeur agrégé de physique, école d'optique-lunetterie, Lille ; lycée Jean Perrin, Lambersart

[Pierre-Yves Cazeaud](#), opticien-audioprothésiste ; professeur certifié, Institut et centre d'optométrie (ICO), Bures-sur-Yvette

[Jean-Luc Chiapello](#), professeur agrégé, lycée du Rempart ; intervenant, université Paul Cézanne, Marseille

[Christophe Choquet](#), opticien, responsable de formation et professeur d'analyse de la vision et d'optométrie, Centre de formation Pasteur, Betheny

[Bruno Delhoste](#), opticien, Bayonne

[Gilles Demetz](#), président-directeur général Demetz SA, Villier-sur-Marne

[Bruno Fantony](#), consultant en lentilles de contact et optométrie, Espagne

[Caroline Faucher](#), optométriste et professeur agrégé à l'École d'optométrie de l'Université de Montréal, Québec, Canada

[Jean-Christian Fekete](#), professeur agrégé, Science-Po, Paris+, licence de Droit Panthéon – Assas II, Paris

[Christophe Fontvieille](#), enseignant-chercheur, Opto Plus, Lambesc

[David Gabay](#), enseignant, responsable de la filière BTS OL, ORT, Strasbourg

[Bénédicte Gaudron](#), professeur agrégé, lycée Fresnel, Paris

[Jean-Pierre Gervais](#), professeur certifié hors classe, lycée Fresnel, Paris

[Alain Gomez](#), directeur technique et directeur des relations médicales Lissac, Paris

[Didier Gormand](#), ancien directeur des formations en optométrie, université Paris-Sud 11, faculté des sciences, Orsay

[Laurent Grienche](#), professeur certifié, école d'optique-lunetterie, Lille

[Dominique Grondin](#), professeur agrégé de mercatique et communication, Pajara, Polynésie

[Joseph Hormière](#), docteur-ingénieur, ancien professeur certifié de physique, Institut et centre d'optométrie (ICO), Bures-sur-Yvette

[Fabrice Hurtevent](#), professeur agrégé, lycée Anne Veaute, Castres

[Caroline Kovarski](#), chercheur associé, université Lumière Lyon2 ; professeur certifié, lycée Fresnel ; intervenante au CFA Paris et à l'ISO, Paris

[Laurent Laloum](#), ophtalmologiste, Paris

[Pierre Lautard](#), opticien-optométriste, Avignon ; professeur, lycée Emmanuel d'Alzon, Nîmes

[Rémi Louvet](#), professeur, Institut et centre d'optométrie (ICO), Bures-sur-Yvette

Marie Marland, professeur certifié honoraire, lycée Fresnel, Paris

Éva Martin, Trade Marketing Manager, Transitions Optical

Jean-Pierre Meillon, opticien, FAAO, consultant, Vision Contact, Paris

Langis Michaud, OD, MSc, FAAO, FBCLA professeur titulaire à l'École d'optométrie de l'Université de Montréal, Québec, Canada

Yves-Henri Navarre, professeur certifié, lycée Fresnel, Paris

Geneviève Prévost, opticienne-optométriste, Gif-sur-Yvette

Vincent Quiniou, ingénieur de l'École nationale supérieure des mines de Paris

Isabelle Riviere, opticienne-formatrice, IES-Institut

Olivier Sauvage, opticien, Cognac

René Serfaty, opticien-optométriste, Boulogne-Billancourt

Thérèse Thiébaud, ancienne directrice adjointe et professeur, Institut et centre d'optométrie (ICO), Bures-sur-Yvette

Isabelle Viards, professeur, lycée Fresnel, Paris

François Vilhelm, opticien-optométriste, Seclin

Karina Weintraub-Lejzerowicz, ancien professeur, Institut et centre d'optométrie (ICO), Bures-sur-Yvette

Remerciements

La coordonnatrice tient à remercier les sociétés et organismes suivants :

ACEP, Architectures-Face à Face, BBGR, Bourgeois, Briot International/Weco France, Carl Leiss Vision France/Sola, CLM Communication/« L'essentiel de l'optique », Ciba Vision, Codir SA, Coming, Cottet, Cristallin, EBC, Essilor, Essilor Academy, Eschenbach Optik SARL, Etex France, Fax International, Hoya, Ipro International, IVS-Activisu, 3M/Peltor, Laboratoires Alcon, Lycée Fresnel, Nidek, Ocular Sciences, Optic 2000, société O2R, Technolens, Telesensory, Transitions Optical,

ainsi que les personnes suivantes :

Céline Adrey, Jean-Charles Allary, Philippe Allieri, Pascal Arthuis, Bernard Barthélémy, Danielle Baud, Philippe Bensaid, Francis Berny, Patrick Boisgontier, Catherine Blanc, Joël Bourbon, Chantal Bruet, Martine Cabirol, Henri Cohen, Céline Coroas, Christelle Danion, Jean-Charles Davico, Christian Dazy, Laurent Destas, André Dreumont, Grégory Drivet, Jean-Luc Dubié, Carmen Ducotey, Olivier Dupont, Sébastien Fangeat, Bruno Fantony, Laurence Feuillu, Pascal Gallissot, Henrich Gentner, Daniel Girod, Pascal Godin, Didier Gormand, Gilles Hebert, Christophe Houdas, Pascal Jaulent, Valérie Joly, Xavier Lacroix, Gérard Larnac, Michel Lati-mier, Josiane Lebreton-Paulin, Jean-Philippe Lefèvre, Pierre Lesueur, Bradedine Madani, Myriam Maigrot, Catherine Martin, Thibault Mattlinger, Dominique Meslin, Xavier Morvan, Guy Moul-nier, Éric Pareillet, Michel Pavillon, Patricia Peley, Michel Poux, Peggy Preteceille, Michaella René, Pascal Rétif, Annie Rodriguez, Jean-Paul Roosen, Jean-Luc Roubinet, Adrien Sarfati, Jean-Philippe Sayag, Jean-Pierre Sgrillo, Laure Steve, Thérèse Thiebaut, Thierry Thomas, Annie Truong, Bernardo Vasquez, Christian Veremtschück, Philippe Verplaeste, François Vital-Durand, Daniel Wild,

et l'ensemble de ses étudiants pour leur participation active.

Cette liste n'est pas exhaustive et toutes les personnes non citées ayant apporté leur collabora-tion sont également remerciées.

Signes et abréviations utilisés

| | | | |
|-------|--|-------|--|
| A-C | accommodation-convergence | EG | écart gauche |
| ACL | aberration chromatique longitudinale | EOG | électro-oculogramme |
| AG | assemblée générale | ERG | électrorétinogramme |
| AK | kératomie astigmat | EURL | entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée |
| ALK | kératoplastie lamellaire automatisée | FDA | <i>Food and Drug Administration</i> |
| ALR | astigmatisme avec la règle (ou selon la règle) | FIFO | <i>first in, first out</i> |
| AMR | angle minimum de résolution | FRNG | fonds de roulement net global |
| ARN | accommodation relative négative | GAF | glaucome à angle fermé |
| ARP | accommodation relative positive | GIE | groupement d'intérêt économique |
| ATNC | agent transmissible non conventionnel | GMA | glycidylméthacrylate |
| AV | acuité visuelle | GPAO | glaucome primaire à angle ouvert |
| BFR | besoin en fonds de roulement | GPC | conjonctivite à papille géante |
| BTS | brevet de technicien supérieur | HEMA | hydroxyéthylméthacrylate |
| BUT | <i>break up time</i> (temps de bris lacrymal) | HK | kératomie hexagonale |
| CA | chiffre d'affaires ; conseil d'administration | IAD | <i>ion assisted deposition</i> |
| CAB | cellulose acétoburyate | IPM | inclinaison du plan de montage |
| CAF | capacité d'autofinancement | IR | infrarouge |
| CAMP | coût d'achat moyen pondéré | IS | impôt sur les sociétés |
| CCD | charge coupled device (dispositif de transfert de charge) | ISO | <i>International Standards Organisation</i> |
| CCR | cylindre croisé par retournement | KPS | kératite ponctuée superficielle |
| CE | comité d'entreprise ; communauté européenne | LASEK | kératomileusis épithélial au laser |
| CEL | compte d'épargne logement | LASIK | kératomileusis <i>in situ</i> au laser |
| CFE | centre de formalités des entreprises | LR | lentille rigide |
| CGL | corps genouillé latéral | LRD | ligne de regard de l'œil droit |
| CHSCT | comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail | LRG | ligne de regard de l'œil gauche |
| CIE | commission internationale de l'éclairage | LRPG | lentille rigide perméable aux gaz |
| CK | kératoplastie par conduction | LRPO | lentille rigide perméable à l'oxygène |
| CLE | exérèse en cristallin clair | LS | limite de séparation |
| CLR | astigmatisme contraire à la règle | LSH | lentille souple hydrophile |
| CMD | cerceau de moindre diffusion | MA | acide méthacrylique |
| CMUP | coût moyen unitaire pondéré | NIBUT | <i>non invasive break up time</i> |
| CP | cours préparatoire | NVP | N vinyl pyrrolidone |
| CS | conseil de surveillance | OD | œil droit |
| DAA | diacétone acrylamide | ODG | œil droit et œil gauche |
| DF | double foyer | OG | œil gauche |
| DMLA | dégénérescence maculaire liée à l'âge | OL | opticien-lunetier |
| DP | délégué du personnel | ON | ouverture numérique |
| DRCI | délai de récupération du capital investi | PEL | plan d'épargne logement |
| DS | délégué syndical | PEPS | premier entré, premier sorti |
| DVO | distance verre-œil | PEV | potentiel évoqué visuel |
| DVP | décollement du vitré postérieur | PIB | produit intérieur brut |
| EBE | excédent brut d'exploitation | PIO | pression intra-oculaire |
| ED | écart droit | PL | champ de pleine lumière |
| | | PMMA | polyméthacrylate de méthyle |
| | | PPA | <i>punctum proximum</i> d'accommodation |
| | | PPC | <i>punctum proximum</i> de convergence |

| | | | |
|------|--|--------|--|
| PRK | kératectomie photoréfractive | SNC | société en nom collectif ; système nerveux central |
| PRP | potentiel récepteur précoce | SR | seuil de rentabilité |
| PS | pouvoir séparateur | TF | triple foyer |
| PTK | photokératectomie thérapeutique | TIR | taux interne de rentabilité |
| RCS | registre du commerce et des sociétés | TRI | taux de rendement interne |
| RK | kératotomie radiaire | TPE | très petite entreprise |
| R/V | rouge/vert | TVA | taxe sur la valeur ajoutée |
| SA | société anonyme | URSSAF | Union pour le recouvrement des cotisations de sécurité sociale et d'allocations familiales |
| SAM | sens des aiguilles d'une montre | UV | ultraviolet |
| SARL | société anonyme à responsabilité limitée | va | verre additionnel |
| SAS | société par actions simplifiée | VA | valeur ajoutée |
| SCA | société en commandite par actions | VAN | valeur actualisée nette |
| SCI | société civile immobilière | VG | vraie grandeur |
| SCS | société en commandite simple | VI | vision intermédiaire |
| SEAL | lésion arciforme de la cornée supérieure | VL | vision de loin |
| SEC | sous-ensemble cinématique | VMP | valeurs mobilières de placement |
| SI | système international | VP | vision de près |
| SIAM | sens inverse des aiguilles d'une montre | YAG | yttrium, aluminium, garnet |
| SIM | système d'information marketing | | |
| SNA | système nerveux autonome | | |

Opticien-lunetier : les exigences du brevet de technicien supérieur

Introduction

L'ensemble de la formation dispensée aux futurs opticiens-lunetiers a pour objectifs, dans le cadre de l'exercice de la profession (défini par le Code de la santé publique, article L. 505 et suivants) de développer les compétences suivantes :

- se situer avec précision au sein des professions de santé dans le strict cadre de leurs compétences effectives d'auxiliaires médicaux ;
- collaborer efficacement avec les ophtalmologistes et les orthoptistes en respectant les limites d'intervention et les décisions de réorientation ;
- proposer et réaliser un équipement permettant d'offrir au client une compensation confortable respectant la prescription médicale ;
- communiquer dans les domaines scientifiques et techniques avec l'ensemble des professionnels concernés ;
- participer avec profit (communiquer, se former, s'informer) à des manifestations professionnelles nationales et internationales (compte tenu des différentes situations d'exercice rencontrées).

La mise en œuvre de ces principales compétences, dans le cadre de l'exercice de la profession, nécessite l'acquisition d'un ensemble complet de connaissances permettant à l'opticien-lunetier d'exercer avec maîtrise ses activités.

L'exécution, en cours de formation, d'actes relevant de la seule compétence des ophtalmologistes participe à la bonne formation des futurs opticiens-lunetiers mais ne vise en aucun cas à développer l'apprentissage de techniques en vue de leur application dans le cadre de l'exercice de la profession.

L'ensemble des enseignants amené à dispenser cette formation veillera avec un soin particulier à en informer les étudiants et à préciser lors de ces activités leur objectif strictement formatif, l'exercice de la profession d'opticien-lunetier devant respecter le Code de la santé publique (article L. 505 et suivants).

► **Remarque** : les textes ci-après ne se rapportent qu'aux matières techniques. Ils sont complétés par des enseignements en Français, langue vivante étrangère et mathématiques.

Le référentiel de septembre 1997 a été complété par le compte-rendu des trois journées relatives à la réforme du BTS OL du 19 février 1998.

1. Économie et gestion d'entreprise

1.1. L'entreprise

1.1.1. Définition et modes d'analyse, typologies, insertion dans le tissu économique (branche, secteur, filière)

1.1.2. Problèmes fondamentaux de la création et du fonctionnement

- positionnement de l'entreprise sur les marchés et choix du produit ;
- détermination des ressources nécessaires à la création et au fonctionnement ;
- mise en place d'une organisation et prise en compte des interdépendances des différentes fonctions ;
- relations avec l'environnement : rapports avec les administrations et les organismes professionnels.

1.2. Système d'information de l'entreprise

1.2.1. Coûts : composantes, analyse, prévision

- charges directes et indirectes ;
- charges fixes et charges variables ;
- marges sur coûts variables ;
- établissement de devis (notion d'imputation rationnelle des charges fixes) ;
- introduction à l'analyse des écarts.

1.2.2. Notions de gestion budgétaire

1.2.3. Notions relatives au choix et au financement de l'investissement

1.2.4. Synthèse des informations au niveau de l'entreprise : notions de bilan et de compte de résultat

1.3. Mercatique et communication commerciale

1.3.1. Esprit et démarche mercatique

1.3.2. Structure de la distribution

- formes de commerce et leur évolution.

1.3.3. Connaissance du marché

- informations générales sur le marché ;
- zone de chalandise ;
- clientèle actuelle et potentielle : les typologies de clients, les comportements d'achat, la segmentation.

1.3.4. Espace de vente

- assortiment ;
- politique de prix, de marque ;
- méthodes et techniques de vente ;
- critères de choix du positionnement de l'espace de vente.

1.3.5. Action vente

- découverte du client ;
- présentation et comportement du vendeur ;
- entretien de vente ;
- opérations matérielles et administratives liées à la vente.

1.3.6. Développement des ventes

- fixation des objectifs ;
- actions d'information de la clientèle ;
- techniques de développement des ventes.

1.4. Les hommes dans l'entreprise

1.4.1. Relations sociales

1.4.2. Politique du personnel

1.4.3. Valorisation des ressources humaines

1.5. Cadre juridique de l'activité

1.5.1. Notions de droit civil, commercial et fiscal

- notion de contrat : le contrat de vente ;
- notion de responsabilité ;

- protection de la propriété industrielle ;
- formes juridiques d'entreprise ;
- principe de la TVA et de l'imposition des bénéfices.

1.5.2. Droit social

- organisation des relations collectives (syndicats, conventions collectives) ;
- organisation des relations individuelles (le contrat de travail),
- réglementation du travail et contrôle de son application (salaire, durée du travail, congés, conditions de travail, CHSCT, inspection du travail) ;
- représentation du personnel ;
- conflits du travail, conseils de prud'hommes, conflits collectifs ;
- problèmes relatifs à l'emploi et à la formation ;
- protection sociale.

1.6. Traitement de l'information dans le cadre des activités professionnelles

- 1.6.1. Notions relatives aux outils d'aide à la décision
- 1.6.2. Opérations sur fichiers (manuels ou informatiques)
- 1.6.3. Saisie, diffusion, stockage d'informations en utilisant des supports divers et en recourant à des logiciels
- 1.6.4. Communication professionnelle
- 1.6.5. Logiciels de traitement de texte, gestionnaire de base de données, tableurs
- 1.6.6. Méthodes et outils de la planification

2. ■ Optique géométrique et physique

2.1. Lois fondamentales de l'optique

- 2.1.1. Émission de lumière
- 2.1.2. Propagation d'un signal dans un milieu
- 2.1.3. Description d'une onde
- 2.1.4. Principe de Huygens-Fresnel
- 2.1.5. Principe de Fermat

2.2. Postulats de l'optique géométrique

- 2.2.1. Propagation rectiligne de la lumière
- 2.2.2. Principe du retour inverse
- 2.2.3. Relation de Descartes : réfraction, réflexion
- 2.2.4. Théorème de Malus

2.3. Image d'un point lumineux formée par un système optique

- 2.3.1. Image d'un point objet
- 2.3.2. Définition du stigmatisme rigoureux
- 2.3.3. Condition de stigmatisme
- 2.3.4. Notions d'objets et d'images réels et virtuels
- 2.3.5. Systèmes simples rigoureusement stigmatiques
- 2.3.6. Extension du stigmatisme
- 2.3.7. Aplanétisme
- 2.3.8. Relation d'Abbe

2.4. Étude de l'approximation de Gauss

- 2.4.1. Nouvelle définition d'un rayon
- 2.4.2. Image d'un objet positionné sur l'axe
- 2.4.3. Image d'un objet en dehors de l'axe
- 2.4.4. Stigmatisme approché
- 2.4.5. Approximation de Gauss

2.5. Réflexion, miroirs plans, miroirs sphériques

- 2.5.1. Définitions, propriétés fondamentales
- 2.5.2. Image d'un objet plan
- 2.5.3. Déplacement de l'image d'un point fixe
- 2.5.4. Rotation d'un rayon réfléchi
- 2.5.5. Association de deux miroirs plans
- 2.5.6. Stigmatisme rigoureux et approché de deux miroirs sphériques
- 2.5.7. Étude des miroirs sphériques dans l'approximation de Gauss
- 2.5.8. Relations de conjugaison, formule de Lagrange-Helmholtz

2.6. Réfraction, dioptre plan, lame à faces parallèles, prisme

- 2.6.1. Définition, stigmatisme rigoureux et approché
- 2.6.2. Image d'un objet plan
- 2.6.3. Relations de conjugaison
- 2.6.4. Définition de la lame à faces parallèles
- 2.6.5. Déplacement latéral du rayon lumineux
- 2.6.6. Définition du prisme
- 2.6.7. Marche d'un rayon dans une section principale
- 2.6.8. Formules du prisme, conditions d'émergence
- 2.6.9. Étude de la déviation, minimum, mesure de l'indice

2.7. Dioptres sphériques

- 2.7.1. Définition, stigmatisme rigoureux et approché
- 2.7.2. Image d'un objet plan, construction géométrique
- 2.7.3. Relations de conjugaison (sommet, centre, Newton)
- 2.7.4. Formule de Lagrange-Helmholtz
- 2.7.5. Grandissements transversal, angulaire, axial

2.8. Systèmes centrés

- 2.8.1. Généralités, systèmes à foyers, systèmes afocaux
- 2.8.2. Plans principaux, foyers, distances focales, points cardinaux, vergence
- 2.8.3. Relations de conjugaison, grandissements
- 2.8.4. Image d'un objet plan, construction géométrique
- 2.8.5. Association de systèmes centrés dioptriques
- 2.8.6. Détermination des éléments cardinaux, formule de Gullstrand
- 2.8.7. Lentille mince, lentille épaisse
- 2.8.8. Systèmes catadioptriques, systèmes équivalents

2.9. Généralités sur les instruments d'optique

- 2.9.1. Classification et caractéristiques des instruments d'optique
- 2.9.2. Grandissement, puissance, grossissement

- 2.9.3. Champ des instruments, choix des espaces optiques
- 2.9.4. Recherche de la pupille, de la lucarne
- 2.9.5. Champ de pleine lumière, moyen et total
- 2.9.6. Champ de contour, transfert d'énergie
- 2.9.7. Diaphragmation du champ d'un instrument
- 2.9.8. Instrument à plusieurs diaphragmes
- 2.9.9. Position de l'oeil derrière un instrument
- 2.9.10. Présentation des principaux instruments d'optique

2.10. Radiométrie, photométrie

- 2.10.1. Grandeurs spectrales
- 2.10.2. Émission d'un rayonnement, sources lumineuses
- 2.10.3. Rayonnement à spectre continu, à spectre discontinu
- 2.10.4. Sensibilité spectrale de l'oeil
- 2.10.5. Système d'unités lumineuses et énergétiques
- 2.10.6. Autres récepteurs
- 2.10.7. Photométrie géométrique
- 2.10.8. Flux, intensité, luminance, éclairement
- 2.10.9. Relations photométriques
- 2.10.10. Collecteur de flux ; capteur d'images
- 2.10.11. Photométrie des collecteurs de flux, des capteurs d'images

2.11. Aberrations

- 2.11.1. Définition, classification
- 2.11.2. Aberration chromatique de position et de grandeur
- 2.11.3. Dispersion, constringence
- 2.11.4. Recherche de l'achromatisme (système mince, doublet)
- 2.11.5. Notions d'aberrations géométriques

2.12. Interférences

- 2.12.1. Phénomènes vibratoires
- 2.12.2. Composition de deux vibrations
- 2.12.3. Cohérence spatiale et temporelle
- 2.12.4. Interférences localisées (lame à faces parallèles, coin d'air, anneaux de Newton)
- 2.12.5. Traitement anti-réfléchissant des surfaces

2.13. Polarisation

- 2.13.1. État de polarisation
- 2.13.2. Polarisation par réflexion
- 2.13.3. Polariseur, analyseur
- 2.13.4. Loi de Malus
- 2.13.5. Introduction à la biréfringence
- 2.13.6. Lamme biréfringente, polariseur, analyseur

2.14. Diffraction, réseaux

- 2.14.1. Description du phénomène
- 2.14.2. Diffraction par une ouverture circulaire, tache d'airy

- 2.14.3. Diffraction par une fente fine
- 2.14.4. Notions de diffraction par réseaux

2.15. Pouvoir séparateur, limite de résolution

- 2.15.1. Définitions
- 2.15.2. Études des facteurs déterminant le pouvoir séparateur
- 2.15.3. Calcul de la limite de résolution oeil – instrument
- 2.15.4. Profondeur de champ

3. Étude technique des systèmes optiques

L'enseignement dispensé dans le cadre de l'étude technique des systèmes optiques doit permettre, outre la synthèse et la concrétisation des enseignements scientifiques et professionnels, de développer chez le futur technicien supérieur opticien-lunetier des connaissances technologiques solides permettant :

- d'analyser les attentes de la clientèle, l'assister pour définir précisément ses besoins, évaluer la faisabilité technique des solutions envisagées et conseiller dans le choix d'une solution appropriée ;
- de dialoguer avec les fournisseurs et les informer des attentes de la clientèle et des besoins techniques liés à l'exercice de la profession ;
- d'analyser et comparer les matériels et les produits concernés du marché ;
- d'évaluer l'intérêt professionnel des innovations technologiques ;
- d'analyser et exploiter les documentations techniques professionnelles ;
- de prévoir et assurer une maintenance des matériels utilisés et des produits commercialisés ;
- d'utiliser rationnellement et efficacement les matériels liés à l'exercice de la profession.

Domaine et supports d'étude :

- l'œil et ses amétropies ;
- les systèmes compensateurs ;
- les matériels utilisés et commercialisés par l'opticien-lunetier.

Cet enseignement se fera en étroite coordination avec les formations dispensées en :

- optique géométrique et physique ;
- analyse de la vision ;
- étude, réalisation, maintenance d'équipements ;
- détermination, essais, adaptation d'équipements.

À partir des documents techniques (plan, schéma, nomenclature, cahier des charges fonctionnel, bibliothèque de données informatisées ou non, notice de maintenance...) et des documents commerciaux associés, l'étudiant devra compléter et développer ses connaissances technologiques afin d'être capable :

- d'analyser et d'exploiter les documents fournis ;
- d'expliquer la structure et le fonctionnement du système optique présenté ;
- de rédiger une notice technique ;
- d'évaluer les performances et la conformité vis-à-vis du cahier des charges du produit étudié.

Pour traiter ces applications, l'étudiant sera amené progressivement à choisir la méthode de résolution la plus adaptée aux résultats attendus et il sera largement fait appel aux possibilités des moyens informatiques de conception et de calcul.

3.1. Outils de la communication technique

3.1.1. Dessin

- dessin technique ;
- perspectives ;

- vue éclatée ;
- nomenclature.

3.1.2. Schéma

- schéma technologique ;
- schéma cinématique ;
- schéma optique.

3.1.3. Analyse fonctionnelle structurée

- typologie des fonctions ;
- caractérisation des entrées-sorties d'un bloc fonctionnel ;
- modélisation de la structure d'un système (diagrammes représentatifs).

3.1.4. Outils de description des systèmes

- cahier des charges fonctionnel.

3.2. Technologies du domaine mécanique

3.2.1. Liaisons mécaniques

- liaisons de base (encastrement, pivot, pivot glissant, glissière, hélicoïdale, rotule) ;
- principaux composants.

3.2.2. Actionneurs mécaniques

- différents types de vérins.

3.2.3. Transmission de puissance

- accouplements d'arbres ;
- poulies/courroies ;
- trains d'engrenages ;
- embrayages et freins.

3.2.4. Transformations de mouvement

- système bielle manivelle ;
- excentriques et cames ;
- roue et vis tangente.

3.3. Technologies du domaine de l'optique

3.3.1. Principales fonctions optiques

- former une image (objectif) ;
- dévier un faisceau (prismes, miroirs) ;
- filtrer un faisceau ;
- polariser un faisceau ;
- diaphragmer un faisceau ;
- comparer (réticule), mesurer (micromètre) ;
- séparer un faisceau (lames traitées, prismes) ;
- recevoir une image (écran, cellule, dépoli, oeil) ;
- transporter, redresser une image (véhicule, prismes) ;
- observer une image (oculaire, loupe) ;
- traiter une image.

3.3.2. Structure des systèmes optiques

- transmission optique ;
- système centré ;

- système dioptrique ;
- système catadioptrique.

3.3.3. Composants optiques

- matériaux (performances optiques) ;
- lentilles minces, épaisses (dioptries plans, sphériques, cylindriques, toriques) ;
- prismes ;
- miroir ;
- lames à faces parallèles.

4. ■ Analyse de la vision

4.1. Anatomie et physiologie oculaire

4.1.1. Anatomie

- anatomie détaillée du globe oculaire et de ses annexes ;
- neuro-anatomie de la rétine, de l'encéphale et des voies visuelles.

4.1.2. Physiologie oculaire

- neurophysiologie, le message sensoriel et son élaboration ;
- physiologie musculaire :
 - mécanismes de protection ;
 - mécanismes d'accommodation et de convergence ;
 - mécanismes de fixation ;
- système lacrymal.

4.1.3. Performances et évolution du système visuel

- photométrie visuelle ;
- seuils de perception ;
- perception de l'intensité lumineuse ;
- champ visuel ;
- vision des couleurs :
 - notions sommaires sur la trivariance visuelle ;
 - colorimétrie et anomalies de la vision colorée ;
- acuité visuelle.

4.2. Optique physiologique

4.2.1. Vision monoculaire

4.2.1.1. Œil immobile

▶ ÉTUDE OPTIQUE DE L'ŒIL THÉORIQUE DANS LES CONDITIONS DE GAUSS

- biométrie ;
- image rétinienne, tache de diffusion ;
- accommodation - parcours d'accommodation.

▶ AMÉTROPIES SPHÉRIQUES

- classification et causes ;
- vision de l'amétrope non compensé :
 - pseudo-image et acuité visuelle ;
 - parcours d'accommodation ;
- compensation des amétropies sphériques :
 - principe ;
 - les deux systèmes : lunettes, lentilles ;

- influence du système compensateur sur :
 - l'image rétinienne ;
 - l'accommodation nécessaire et le parcours d'accommodation.

► ŒIL ASTIGMATE

- causes, classification ;
- vision de l'astigmatisme non compensé ;
- vision de l'astigmatisme compensé :
 - principe de compensation : lunettes, lentilles ;
 - influence de l'accommodation sur la qualité de la compensation (accommodation, parcours, astigmatisme résiduel de près) ;
 - image rétinienne et son extériorisation (anamorphoses, déclinaisons).

► PRESBYTIE

- définition - causes ;
- principe de la compensation ;
- divers équipements ;
- parcours d'accommodation VL et VP.

► ŒIL APHAQUE ET ŒIL PSEUDOPHAQUE

- notions sommaires sur les techniques chirurgicales ;
- compensation de l'œil aphaque et de l'œil pseudophaque ;
- influence du système compensateur ;
- principe du calcul de la puissance d'un implant.

► AMBLYOPIE ORGANIQUE

- causes ;
- principe de compensation ;
- différents systèmes d'aide.

4.2.1.2. Œil en mouvement

- mouvements de l'œil ;
- champ de regard ;
- influence de la compensation.

4.2.2. Vision binoculaire

4.2.2.1. Vision binoculaire normale

- développement de la vision binoculaire et proprioception ;
- unification spatiale (correspondance rétinienne) ;
- les trois degrés de la VB et leur interprétation ;
- perception de l'espace : acuité stéréoscopique ;
- mouvements des yeux en vision binoculaire et influence de la compensation ;
- perception du mouvement ;
- liaison accommodation-convergence.

4.2.2.2. Anomalies de la vision binoculaire : définition, causes, mise en évidence et mesure, moyens d'amélioration

- anisométrie (non compensée et compensée) ;
- hétérophories et disparités de fixation ;
- amblyopie fonctionnelle ;
- aniséiconie ;
- notions sommaires sur les strabismes.

4.2.3. Connaissances complémentaires

- 4.2.3.1. *Notions sommaires sur les techniques chirurgicales de correction des amétropies*
- 4.2.3.2. *Notions sommaires sur les pathologies oculaires*

4.3. Optométrie théorique

4.3.1. Méthodes objectives

- skiascopie statique et dynamique (principe) ;
- kératométrie ;
- réfractométrie ;
- ophtalmoscopie.

4.3.2. Échelles d'acuité

- les différentes échelles ;
- influence des conditions d'utilisation.

4.3.3. Tests d'astigmatisme

- principe des tests et des méthodes de recherche de l'astigmatisme subjectif ;
- principe d'utilisation des cylindres croisés pour la vérification.

4.3.4. Tests duochromes

- aberrations chromatiques de l'oeil ;
- applications en optométrie : tests duochromes.

4.3.5. Tests de vision binoculaire

4.3.6. Étude de la vision des couleurs et de la perception des contrastes

- tests de vision colorée les plus courants et leur utilisation ;
- tests utilisés pour la mesure de la sensibilité au contraste.

4.3.7. Basse vision

- méthodes de mesure de l'acuité visuelle résiduelle ;
- les divers systèmes d'aide visuelle pouvant être proposés.

4.4. Optométrie pratique

4.4.1. Étude de cas et tests préliminaires

4.4.2. Emmétropisation en vision de loin

En fin de formation, l'étudiant devra connaître et savoir utiliser les matériels et tests les plus courants. Il devra connaître les différentes méthodologies de recherche pour choisir la plus appropriée au cas présenté. Il devra être capable d'analyser les résultats obtenus aux différents tests pour en tirer une conclusion correcte.

4.4.3. Compensation en vision de près

- sujet non presbyte ;
- sujet presbyte.

4.4.4. Étude de la vision binoculaire

En fin de formation, l'étudiant devra connaître et savoir utiliser les tests lui permettant :

- la réalisation de l'équilibre perceptif et accommodatif ;
- d'étudier la vision simultanée et la fusion ;
- de mesurer les phories, une disparité de fixation ;
- de mettre en évidence une anisétropie ;
- de mettre en évidence et d'évaluer la stéréocularité ;
- d'analyser le fonctionnement de la liaison accommodation-convergence.

4.4.5. Interprétation

En fin de formation, l'étudiant devra être capable, à partir des gênes, des besoins, de l'ancienne compensation et de l'ensemble des résultats obtenus aux tests de proposer une compensation confortable au client.

4.5. Lentilles de contact

4.5.1. Introduction

- historique de l'optique de contact ;
- rappels physiologiques (cornée, paupières, larmes) ;
- métrologie de la cornée.

4.5.2. Étude générale des lentilles de contact

- description des différents types et géométries ;
- les différents matériaux utilisés ;
- les procédés de fabrication ;
- métrologie et contrôle.

4.5.3. Aspects techniques de l'adaptation

- indications et contre-indications d'emploi ;
- critères de choix (anatomiques, optiques) ;
- les tests préalables ;
- adaptation de la lentille sur l'œil ;
- contrôle de l'adaptation : essais de géométrie, essais de tolérance ;
- formulation de la commande.

4.5.4. Entretien des lentilles de contact

- étude des différents produits (principes actifs) et des procédés ;
- risques encourus en cas de mauvais entretien ;
- conseils d'utilisation.

4.5.5. Étude de l'influence du port de lentilles

- dioptrique ;
- sur les structures oculaires (larmes, cornée...).

5. Étude, réalisation, maintenance d'équipement

5.1. Composants

5.1.1. Verres : sphériques, astigmatés, asphériques, à simple foyer, multifocaux et progressifs

- matières : fabrication et utilisation ;
- caractéristiques physiques et optiques ;
- différentes géométries des surfaces : fabrication, contrôle et utilisation ;
- puissances : définitions, mesures et contrôle ;
- réduction d'épaisseur : précalibrage, verres à facettes et ouverture optique réduite ;
- différents traitements de surface : fabrication et utilisation ;
- teintés : fabrication et utilisation ;
- sécurisation, renforcement du verre : traitements thermique, chimique, etc. ;
- décentrement et effets prismatiques : les différentes solutions techniques pour la réalisation.

5.1.2. Montures : plastiques et métalliques

- matières : techniques de réalisation, qualité et utilisation ;
- caractéristiques physiques et mécaniques ;
- fabrication des montures ;

- conception, production, contrôle ;
- nomenclature des montures ;
- traitements de surface : fabrication et utilisation ;
- corrosion des montures ;
- rhabillage des montures.

5.1.3. Matériels

- fonctionnement et utilisation du matériel de mesure et de contrôle des verres ;
- fonctionnement et utilisation du matériel de montage : les meules diamantées, rainées, machines automatiques, perceuses, etc. ;
- fonctionnement et utilisation du matériel et de l'outillage nécessaires au montage, à la transformation et à la réparation des montures.

5.2. Acquisitions pratiques nécessaires à la réalisation des montages et maintenance d'équipement

L'étudiant devra maîtriser :

- les techniques de mesure et de contrôle : des puissances, de l'axage et des effets prismatiques ;
- les techniques et règles d'utilisation des meuleuses automatiques, du matériel et de l'outillage utilisés lors du montage ;
- les techniques et règles de montage des verres suivant :
 - leur type ;
 - leur matière ;
 - leur épaisseur ;
 - les formes des calibres ;
 - l'existence ou non d'un calibre ;
- les techniques de montage des différentes montures :
 - montures métalliques ;
 - montures plastiques (recommandations de montage en fonction des matériaux) ;
 - montures glaces ;
 - montures mixtes ;
 - et tout autre nouveauté ;
- les techniques de remontage de verre à l'aide d'une meuleuse automatique ;
- les techniques de remontage et rectification manuelle des verres (utilisation des meules à main).

L'étudiant devra savoir apprécier l'état des montures :

- juger de leurs qualités et défauts ;
- apprécier les possibilités de remise en état.

L'étudiant devra maîtriser les techniques et règles d'utilisation du matériel et de l'outillage nécessaires :

- à la rectification ;
- à la modification ;
- et au rhabillage des montures.

6. Détermination – Essais – Adaptation d'équipement

6.1. Connaissances théoriques

6.1.1. Anatomie de la tête en relation avec les montures

- les os du crâne ;
- les os de la face ;
- les muscles de la tête ;
- le système nerveux ;
- le système sanguin ;
- la peau.

6.1.2. Pathologie

- de la peau ;
- traumatologie due aux lunettes mal adaptées ou mal ajustées ;
- notions de pharmacologie (remarque : ces notions sont abordées dans la partie 4, « Analyse de la vision »).

6.1.3. Morphologie

- typologie ;
- étude des différents éléments du visage et de leur relation avec les montures ;
- valeurs moyennes ;
- dissymétrie faciale ;
- posture ;
- port de tête.

6.1.4. Technique

- verres correcteurs ;
- mesures nécessaires au montage en fonction du type de verre choisi ;
- principes et fonctionnement du matériel de prise de mesures ;
- incidence du type de verre sur le choix de la monture ;
- techniques d'ajustage ;
- incidence du type de verre sur l'ajustage ;
- incidence de l'ajustage sur le confort visuel et postural.

6.2. Acquisitions pratiques

L'étudiant devra mettre en œuvre les techniques de communication nécessaires à l'établissement d'une relation de confiance et de collaboration avec son client.

L'étudiant devra savoir lire et interpréter les prescriptions.

L'étudiant devra savoir rédiger :

- une commande ;
- une fiche de synthèse ;
- une fiche de montage ;
- les documents nécessaires à la prise en charge ;
- un courrier destiné à un autre spécialiste de la santé.

L'étudiant devra choisir ou être capable d'aider au choix d'une monture en fonction de ses observations :

- morphologiques ;
- esthétiques ;
- techniques.

L'étudiant devra connaître et savoir utiliser le matériel de prise de mesures nécessaire :

- à la commande des verres ;
- au montage des verres ;
- à la réalisation d'une monture sur mesure ;
- à la transformation et modification d'une monture ;
- au contrôle des équipements.

L'étudiant devra connaître et savoir utiliser l'outillage nécessaire :

- au préajustage avant prise de mesures ;
- à l'ajustage de la lunette à la livraison ;
- aux rectifications de cet ajustage afin d'optimiser le confort visuel et postural du client.

L'étudiant devra donner les conseils pour :

- l'adaptation au nouvel équipement ;
- la bonne utilisation de l'équipement ;
- l'entretien de l'équipement.

5^e partie

**Étude – Réalisation
– Maintenance d'équipement**

Introduction

L'ensemble des informations traitées dans cette partie dresse un descriptif des différents matériaux, de leur mode de fabrication et de leurs traitements. Il est complété par une revue des principaux matériels utilisés par l'opticien. Compte tenu de l'évolution permanente des technologies, il est capital pour tout bon professionnel de s'informer régulièrement. Cette partie n'est donc en aucun cas exhaustive.

L'épreuve de réalisation technique dure 30 minutes. Trois sujets différents sont proposés au candidat. En début d'épreuve, il tire au sort l'un des trois, se voit donner une péniche comprenant une monture ou des éléments de monture, des verres et un sujet et dispose alors de 30 minutes pour procéder à la réalisation conformément au sujet.

L'épreuve de contrôle d'équipement dure 30 minutes. En début d'épreuve, le candidat tire au sort un numéro d'équipement. Il lui sera alors remis une péniche comprenant un équipement terminé, une fiche de montage correspondante et une fiche de contrôle à remplir, ainsi que tout le matériel dont il peut avoir besoin pour le contrôle (frontofocomètre, tensiscope, catalogues des fournisseurs, échantillons de verres teintés...). Il doit alors procéder au contrôle de l'équipement et rédiger la fiche de contrôle.

Conception des verres sphériques, astigmatés, asphériques, simple foyer, multifocaux et progressifs

*Isabelle Riviere, Isabelle Viards, Yves-Henri Navarre,
Alain Gomez, Jessica Buhler, Éva Martin*

L'œil humain peut présenter plusieurs défauts de réfraction : la myopie, l'hypermétropie, l'astigmatisme et, avec l'âge, la presbytie. Ces défauts, sources de déficit visuel, sont le plus souvent corrigés par verres de lunettes (*cf.* partie 4, « Analyse de la vision »).

Le verre de lunetterie a pour rôle de compenser les différents défauts de l'œil en respectant l'intégralité de la fonction visuelle. Les matériaux qui le constituent doivent posséder des propriétés qui permettent d'obtenir cette compensation optimale.

1. Matières

1.1. Verre minéral

1.1.1. Généralités et composition

Le verre contient environ 60 % de silice (SiO_2) et environ 40 % d'oxydes divers. C'est sa composition et son mode de fabrication qui confèrent au verre ses propriétés. C'est une substance :

- amorphe¹ ;
- isotrope² ;
- inoxydable ;

1. Non cristallisée.

2. Dont les propriétés physiques sont identiques dans toutes les directions.

- difficilement rayable ;
- très stable à température ambiante ;
- de faible résistance mécanique¹.

Le verre minéral devient solide sans se cristalliser par un abaissement régulier de sa température, après sa mise à température à environ 1 500 °C : c'est la **vitri-fication**. La composition, ou mélange vitrifiable, est introduite dans un four sous forme de matières premières très pures.

1.1.2. Familles de verres

1.1.2.1. Verre minéral d'indice $n \approx 1,5$

Le « *crown* » contient 60 à 70 % de silice, ainsi que des oxydes de calcium, de sodium et bore. Il fait partie de la famille des sodocalciques. Il est de faible indice et de constringence élevée :

- indice : $n_c \approx 1,525$;
- constringence : $\gamma \approx 59$;
- masse volumique : $MV \approx 2,6 \text{ g/cm}^3$.

1.1.2.2. Verre minéral d'indice $n \approx 1,6$

L'augmentation de l'indice est obtenue par adjonction de titane ou de bore, famille des borosilicates :

- $\gamma \approx 41$;
- $MV \approx 2,63 \text{ g/cm}^3$.

Le verre « *flint* » est un verre d'indice élevé et de faible constringence.

1.1.2.3. Verres de hauts indices

Les verres hauts indices 1,7 – 1,8 – 1,9 sont obtenus, aujourd'hui, par adjonction d'oxyde de titane et d'autres éléments tels que le niobium, le zirconium, et le lanthane dont la fonction est l'ajustement des propriétés optiques :

- $n \approx 1,7$; $\gamma \approx 42$; $MV \approx 3,21 \text{ g/cm}^3$;
- $n \approx 1,8$; $\gamma \approx 35$; $MV \approx 3,65 \text{ g/cm}^3$;
- $n \approx 1,9$; $\gamma \approx 30$; $MV \approx 3,99 \text{ g/cm}^3$.

1.2. Verres organiques

Depuis les années 1950, les verres minéraux ne sont plus les seules substances amorphes du marché. Des matières organiques constituées majoritairement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène sont aussi utilisées comme verre optique. Comparativement aux verres minéraux, ces verres sont beaucoup plus légers, leur résistance mécanique est supérieure mais ils sont facilement rayables et leur structure est moins stable dans le temps.

1. Fragile à la casse. Sensible aux chocs thermiques et mécaniques.

1.2.1. Verres organiques thermodurcissables¹

1.2.1.1. Organique 1,5 ou CR39[®]

Une grande partie des verres en matière organique encore vendus aujourd'hui ont pour base le bis-allyldiglycol carbonate, qui est un liquide thermodurcissable connu sous le nom de « CR39[®] »² qui est devenu un nom générique.

Le monomère qui sert à la fabrication du CR39[®] est le bis-allyldiglycol carbonate. Il se présente sous forme de liquide et est durci par polymérisation³ sous l'action de la chaleur à l'aide d'un initiateur de polymérisation radicalaire (généralement un peroxyde organique).

Le CR39[®] est un polymère réticulé, dont les chaînes de polymères sont liées entre elles par des liaisons chimiques et forment un réseau tridimensionnel, ce qui lui confère :

- son infusibilité ;
- sa résistivité au solvant (son insolubilité) ;
- sa stabilité dimensionnelle (indéformable à chaud).

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- $n \approx 1,5$;
- $MV \approx 1,32 \text{ g/cm}^3$;
- $\gamma \approx 58$.

1.2.1.2. Organiques hauts indices $n \approx 1,6$ et $n \approx 1,7$

L'augmentation de l'indice est obtenue par deux procédés :

- soit par modification de la structure électronique de la molécule par adjonction de structures aromatiques ;
- soit par ajout dans la molécule d'atomes lourds (des halogènes, comme le chlore, le brome) ou le soufre.

Le procédé de fabrication de ces verres est analogue à celui du CR39[®] (le durcissement est généralement obtenu par irradiation UV de forte intensité suivie d'une post-cuisson thermique). Ils présentent des propriétés semblables au carbonate de diallylglycol. Néanmoins, ils sont plus sensibles à la chaleur et à la rayure, mais leur absorption dans l'UV est généralement supérieure.

1. Matériau ayant la propriété de durcir au-dessus d'une certaine température, et de ne plus pouvoir ensuite être déformé à chaud.

2. Marque déposée par Pittsburg Plate Glass Industries. CR39[®] = Columbia Resib n° 39. La société Columbia qui a inventé le CR39[®] a été rachetée par PPG dans les années 1950.

3. Réaction qui, à partir de monomères (molécules de faible masse moléculaire), induit la formation de liaisons pour constituer une macromolécule (le polymère).

1.2.2. Verres organiques thermoplastiques¹

1.2.2.1. Polycarbonate

Les premiers verres organiques étaient en PMMA ou Plexiglas[®]. Ils présentaient une résistance à l'abrasion insuffisante et une résistance aux chocs médiocre. Ils furent abandonnés au profit du CR39[®] (dans les années 1950). Si le polycarbonate est utilisé depuis relativement longtemps pour les solaires bas de gamme, c'est seulement depuis 1985 qu'il est employé comme produit optique (solaire ou non).

Le polymère se présente sous forme de granulés. Le polycarbonate, est un polymère qui est obtenu par polycondensation², notamment par la réaction des dérivés sodés d'un di-alcool aromatique, le bisphénol A sur du phosgène.

Il présente une résistance aux chocs dix fois supérieur au CR39[®], une bonne coupure UV, une faible masse volumique et une bonne résistance à la chaleur. En revanche, il est très sensible aux rayures (il est toujours recouvert d'un vernis protecteur), et aux solvants comme l'acétone. Il se colore difficilement par imprégnation et sa constringence est relativement faible. Hormis la fin de la finition, le polycarbonate peut se meuler à sec. Les nouvelles machines automatiques sont munies d'une meule spéciale, à gros grains, pour le polycarbonate (il encrasse et altère la meule prévue pour l'organique traditionnel).

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- $n_e = 1,59$;
- $MV = 1,2 \text{ g/cm}^3$;
- $\gamma = 31$.

1.2.2.2. PNX[®]

Le PNX^{®3} est un matériau⁴ commercialisé par Hoya depuis juin 2003. Comme le polycarbonate, il est très léger, sensible à la rayure et résistant au choc. Il est possible de le colorer par imprégnation. Sa constringence est meilleure. Il ne réagit pas à l'acétone. Il ne présente pas de contrainte interne.

Il faut toutefois faire attention de bien régler la machine automatique sur le mode « polycarbonate » et « verre fragile » lors du meulage de verres en PNX[®], au risque que la matière rentre en fusion. Son mode de fabrication est analogue à celui du polycarbonate, ce sont les composants qui diffèrent.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- $n_e = 1,53$;
- $MV = 1,11 \text{ g/cm}^3$;
- $\gamma = 43$.

1. Matériau polymère qui se ramollit sous l'action de la chaleur et se solidifie en se refroidissant de manière réversible.

2. Réaction qui, à partir de molécules d'espèces chimiques différentes, conduit à la formation de polymère par réaction spontanée (sans initiateurs chimiques aux UV).

3. Nom déposé par Hoya.

4. Inventé par PPG et appelé Trivex[®]. C'est un copolymère polyméthane polyuréé.

2. ■ Techniques de fabrication des différents verres correcteurs

2.1. Verre minéral blanc

Les ébauches de verres ou palets bruts sont obtenues selon un procédé continu de fabrication, par pressage direct d'une paraison de verre en fusion (cf. figure 29.1)

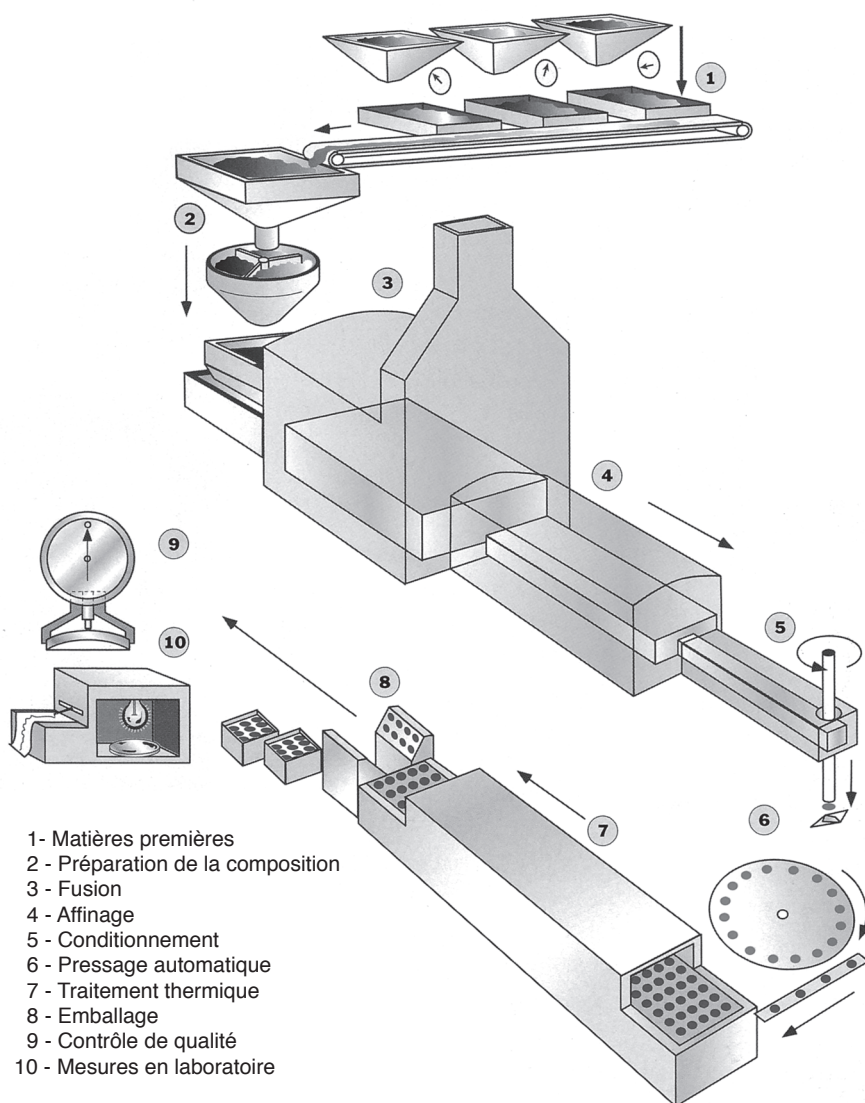


Figure 29.1. Ligne de production des moulages bruts pour lunetterie

Source : Corning.

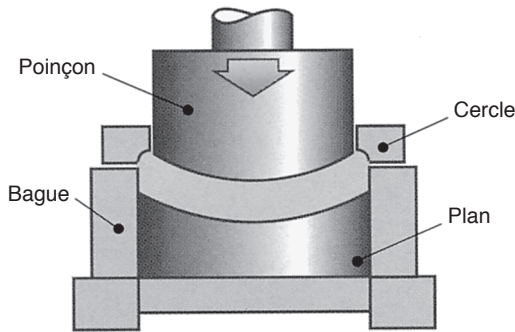


Figure 29.2. Outillage de fabrication d'un moulage de lunetterie

Source : Corning.

Il existe une gamme très étendue de moulages qui permet de réaliser les différents verres du marché (cf. figures 29.2 et 29.3).

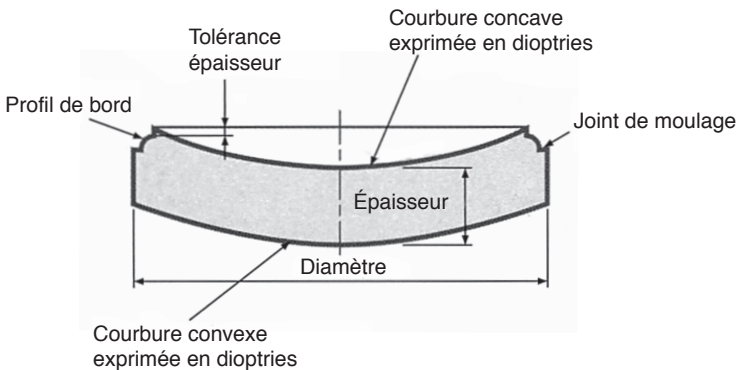


Figure 29.3. Principales caractéristiques d'un moulage

Source : Corning.

Les palets bruts sont ensuite usinés.

2.1.1. Verres sphériques

L'usinage ou le surfacage des verres (face avant et arrière) est réalisé en trois phases (cf. figure 29.4) :

- l'**ébauchage** : c'est l'opération qui consiste à usiner le verre pour lui donner ses côtes finales approchées. L'ébauchage se fait sur un moulage choisi en fonction de la courbure du verre à réaliser, du diamètre et de l'épaisseur ;

- le **doucissage** : cette opération permet de finaliser l'ébauchage, sans modification des rayons de courbure. Le verre est abrasé sur une contreforme en fonte douce. La partie abrasive, fixée sur la contreforme, est formée de palet constitué de grains très fins de diamant noyés dans un liant de bronze fritté. À la fin du doucissage, le verre est lisse mais dépoli et présente les caractéristiques voulues en diamètre, courbures et épaisseur ;

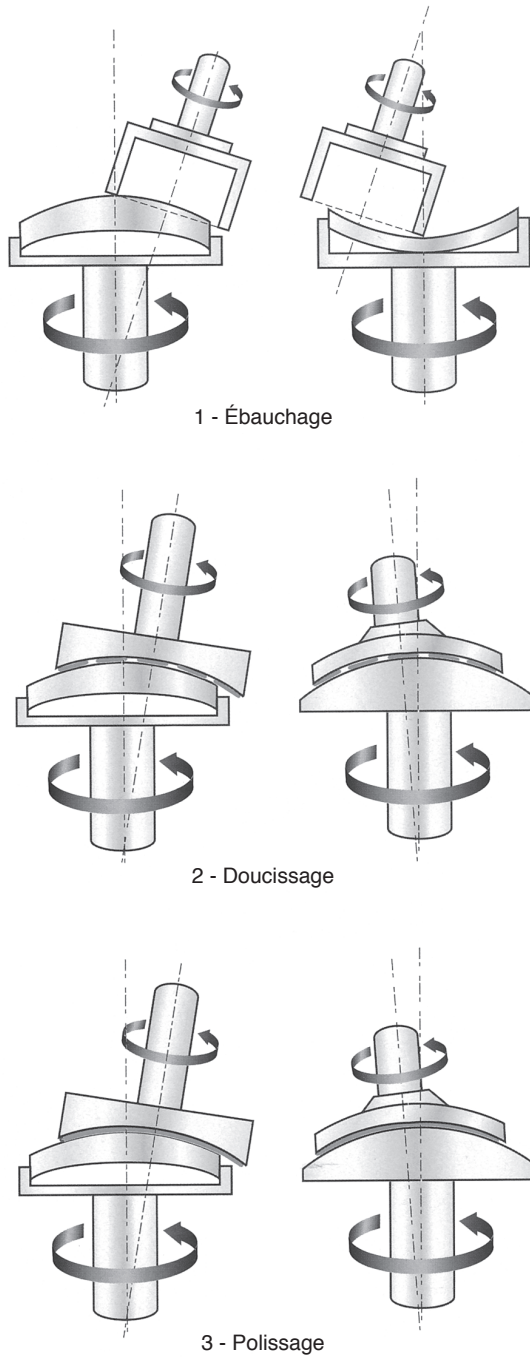


Figure 29.4. Principe de surfacage (convexe et concave)
Source : « Matériaux », *Cahiers d'optique oculaire*, Essilor®.

– le **polissage** : c'est l'opération de finition qui donne au verre sa transparence. Elle est analogue à la précédente, mais l'abrasif est plus fin (oxyde de cérium ou de titane) et la contreforme est recouverte de feutre à polir ou d'une feuille de polyuréthane spécial, pour les verres de série.

2.1.2. Verres toriques

Les surfaces toriques sont aujourd'hui réalisées sur la face concave (arrière) du verre. La face convexe (sphérique) du verre torique est totalement surfacée, puis le verre est fixé sur un outil (cf. figure 29.5) par l'intermédiaire d'un métal à bas point de fusion.

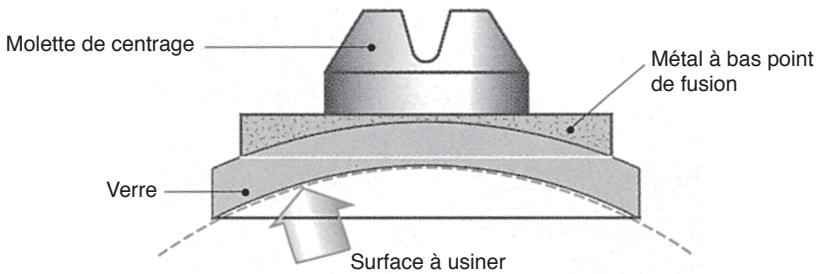


Figure 29.5. Bossage de fixation et de centrage pour usinage de la face concave
Source : Corning.

Pour ébaucher la surface torique, on utilise une meule diamantée qui génère une surface à deux rayons de courbures. Pour réaliser les opérations de doucissage et de polissage, on utilise une forme convexe présentant des rayons de courbures identiques à ceux de l'ébauche (complémentaires du tore). Le verre est animé d'un mouvement tel que les rayons de courbures complémentaires restent parallèles.

Au niveau de la fabrication, on distingue :

- les **verres de stock** totalement surfacés par usinage en série ;
- les **semi-finis**¹ (certains verres toriques, asphériques, multifocaux et progressifs).

2.1.3. Doubles foyers fusionnés

Pour les doubles foyers fusionnés (cf. figure 29.6), l'addition des verres multifocaux fusionnés est obtenue par adjonction d'oxyde de baryum $n = 1,588$ à $1,750$. Les étapes de la fabrication des doubles foyers sont les suivantes :

1. Verres dont la face convexe est usinée en série, et dont la face concave est usinée par la suite selon la prescription, à la commande.

1) **préparation du moulage** servant à la correction vision de loin, indice $n = 1,523$, dans lequel on va réaliser une dépression (face avant) qui recevra la lentille additionnelle de vision de près ;

2) **surfaçage** :

- ébauchage de la dépression sur la face avant ;
- doucissage de la dépression ;
- polissage de la dépression ;
- repérage de la dépression ;

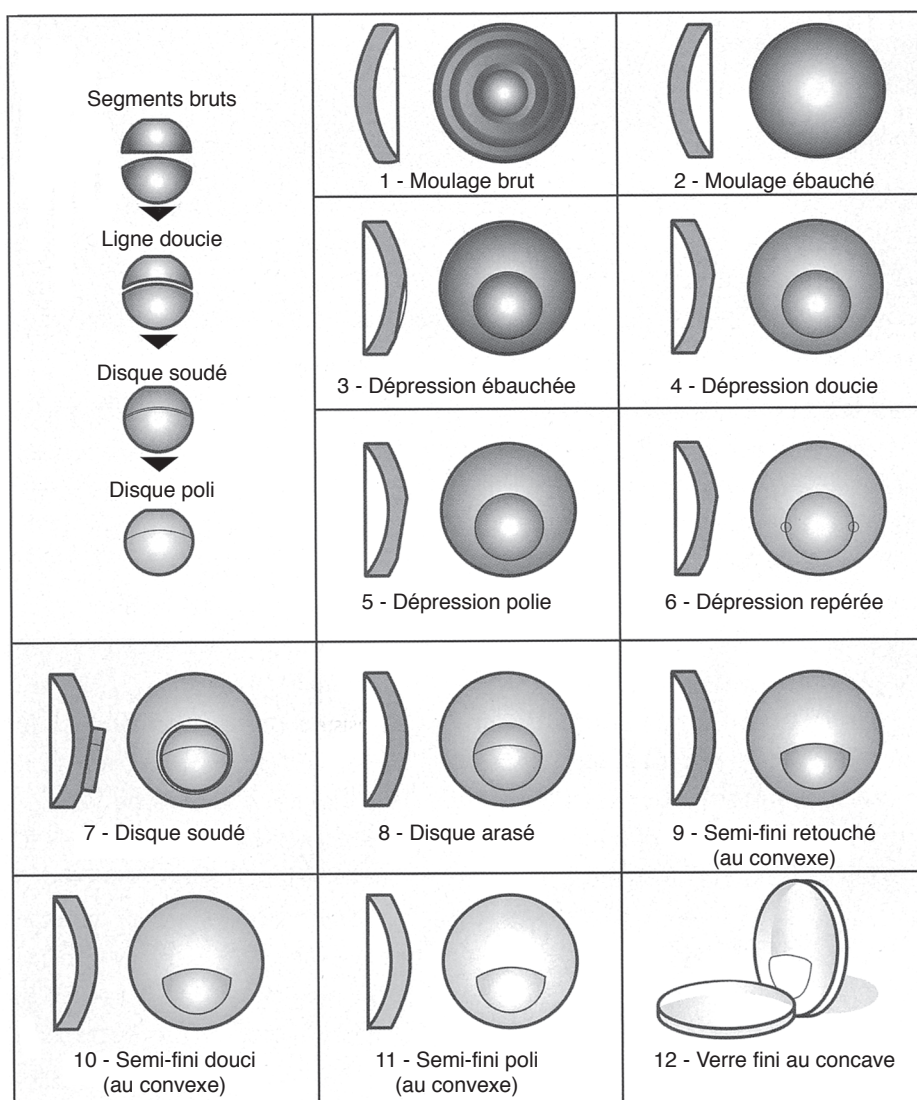


Figure 29.6. Étapes de fabrication d'un bifocal fusionné

Source : Corning.

3) **fusion de la lentille additionnelle** : la lentille est de forme ronde et présente deux parties complémentaires (pour les bifocaux). Un segment est réalisé selon l'indice du verre vendu ($\approx 1,5$ ou $\approx 1,6$) et l'autre segment, celui de l'addition, en indice plus élevé :

- les deux segments sont positionnés dans la dépression et la fusion de l'ensemble est réalisée dans un four tunnel ;
- le surfaçage complet de la face bifocale est finalisé, ainsi que celui de la face concave ;
- on effectue les contrôles qualités.

Ces verres peuvent être stockés en semi-finis (pour les toriques) ou finis (pour les sphériques).

► **Remarque** : pour les trifocaux, la fabrication est identique, la lentille additionnelle est en trois parties.

2.1.4. Verres progressifs

Pour les verres progressifs, deux techniques sont utilisées :

- le surfaçage, en copiant le modèle de la surface progressive ;
- le **thermoformage** : la surface progressive est réalisée dans un matériau réfractaire. Le verre est chauffé et épouse en se ramollissant la surface progressive, la surface progressive est alors transférée sur la face polie du verre.

2.2. Verres minéraux photochromiques

Lorsque le verre est en fusion, il y a ajout d'halogénures d'argent. Un recuit à environ 600 °C est alors indispensable afin d'obtenir les propriétés photochromiques. Cette méthode présente les mêmes inconvénients qu'un minéral teinté dans la masse (variation de la teinte selon l'épaisseur du verre), c'est pourquoi les photochromiques minéraux d'indice 1,7 peuvent être obtenus par polymérisation sur la face avant du verre d'une fine couche de minéral 1,6.

2.3. Verres organiques thermodurcissables

La fabrication des verres organiques thermodurcissables se déroule en plusieurs étapes. On mélange d'abord le monomère filtré et dégazé avec l'initiateur. Le mélange est introduit dans des moules.

Les moules sont constitués de deux parois de verre ou de métal entouré d'un joint à usage unique qui détermine l'épaisseur au bord du verre. Les deux parois sont maintenues par un clip. Le joint peut être remplacé par un film adhésif.

La polymérisation s'effectue dans une étuve dont la température s'élève de 65 à 115 °C pendant plusieurs heures et pour certaines matières (verres de moyen et haut indices) sous rayonnement UV pendant quelques minutes.

Une fois l'ensemble refroidit, on procède au démontage.

Selon la forme du moule ; toutes les géométries de verres peuvent être fabriquées par ce procédé, qu'ils soient finis ou semi-finis.

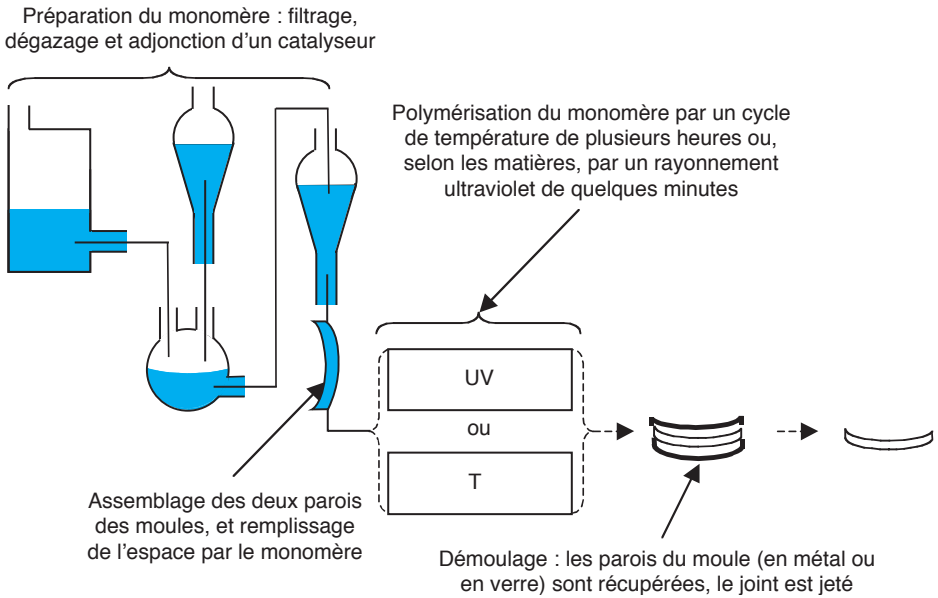


Figure 29.7. Principe de fabrication des verres en résine thermodurcissable

Source : « Matériaux », *Cahiers d'optique oculaire*, Essilor®.

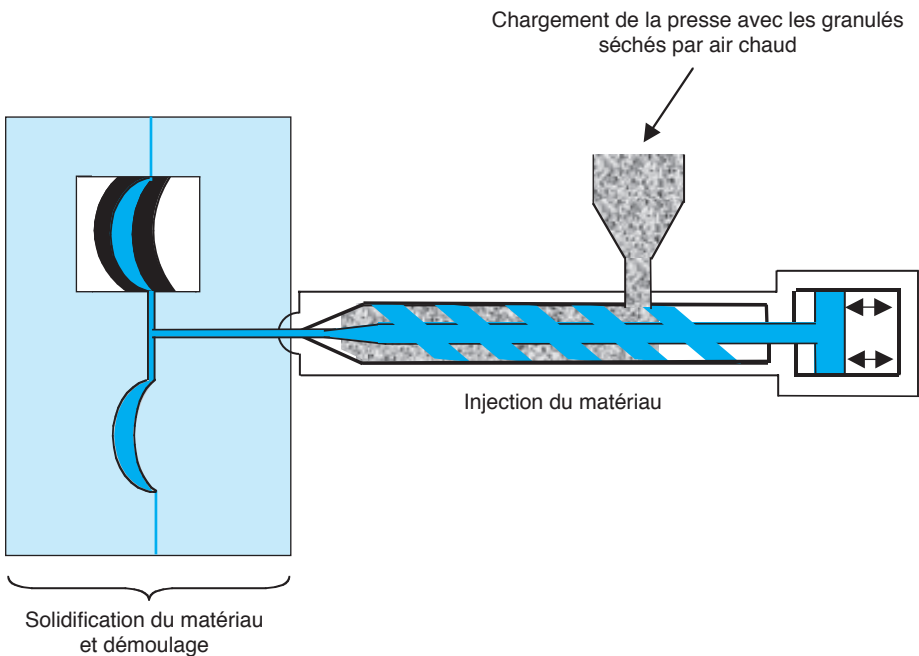


Figure 29.8. Principe de fabrication des verres polycarbonates

Source : « Matériaux », *Cahiers d'optique oculaire*, Essilor®.

2.4. Verres organiques thermoplastiques

Le monomère sous forme de granulés est ramolli par chauffage à environ 300 °C et injecté par des canaux dans plusieurs moules en verre ou en métal (Inox). La vis d'extrusion procède à la plastification et joue le rôle de piston. Après refroidissement, on démoule l'ensemble des verres en ouvrant la presse.

Selon la forme du moule, toutes les géométries de verres peuvent être fabriquées par ce procédé, qu'ils soient finis ou semi-finis.

► **Remarque :** le polycarbonate et le PNX[®] doivent être systématiquement durcis (*cf.* paragraphe 6, « Réduction d'épaisseur »).

2.5. Verres organiques photochromiques

Les procédés chimiques pour la réalisation des verres photochromiques organiques reposent dans leur grande majorité sur le traitement de la face avant des verres en lui appliquant une couche de pigments photochromiques. Selon les fabricants, il existe deux types de procédé : l'imprégnation et le traitement en surface.

Les verres organiques sont plongés dans un bain et des molécules photochromiques sont introduites à environ 0,15 mm d'épaisseur sur le dioptre avant. Lorsqu'elles sont exposées à un rayonnement ultraviolet, la surface des verres s'assombrit. Une autre méthode consiste à ajouter les substances photosensibles réagissant aux ultraviolets aux différents monomères, il s'agit d'un traitement dans la masse.

1) Le procédé d'imprégnation est exclusivement utilisé par la société Transitions Optical[®], pionnière, en 1990, de la technologie de traitement sur la face avant des verres organiques. Ce procédé concerne les verres d'indices inférieurs à 1,56 et passe par trois étapes clés :

- application des pigments photochromiques sur la face avant du palet semi-fini par le procédé de *spin-coating* (figure 29.9 schéma a) ;
- pénétration en profondeur (environ 150 µm) des pigments photochromiques dans le substrat grâce à l'effet de la chaleur (dépôt des verres dans un four à haute température – figure 29.9 schéma b) ;
- application d'une couche de protection afin de protéger la surface du verre lors des expéditions aux verriers (figure 29.9 schéma c).

2) Le procédé du traitement en surface concerne les verres de haut indice ainsi que le polycarbonate car ce sont des matériaux ne laissant pas les pigments photochromiques pénétrer aussi profondément le substrat. Ce procédé implique des étapes de préparation de la surface à traiter et également l'application d'un revêtement multicouches :

- accroche des pigments photochromiques associés à un revêtement à la surface du verre ;
- condition importante : le revêtement incluant les pigments photochromiques (épaisseur allant de 10 à 30 µm) doit bien adhérer au substrat, être assez souple pour l'activation/désactivation rapide des molécules photochromiques mais aussi

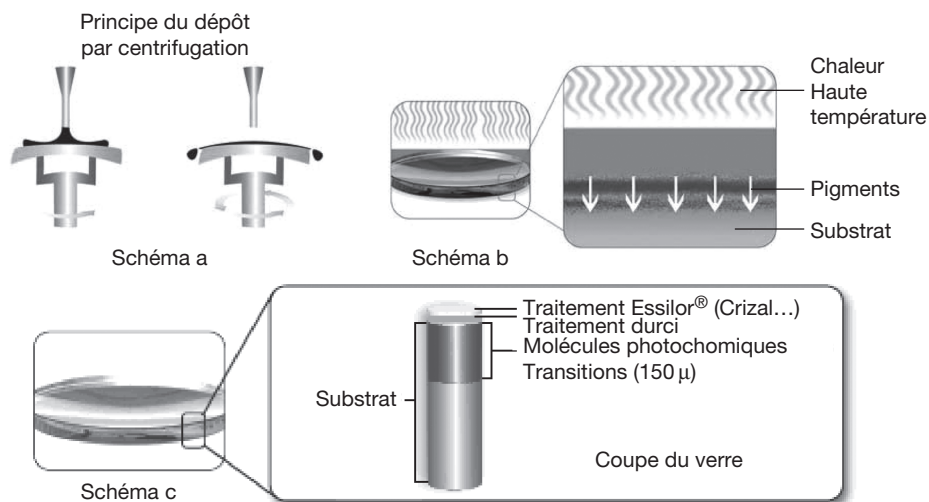


Figure 29.9. Procédé d'imprégnation

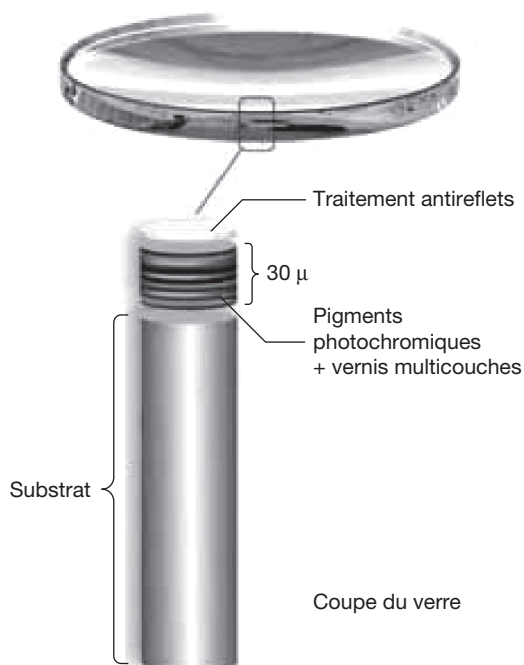


Figure 29.10. Exemple Transbonding

assez solide et résistant pour constituer une bonne base à l'ajout ultérieur d'un traitement durci ou antireflet.

Le leader mondial des verres photochromiques organiques fait évoluer au fil des années ses pigments et molécules. Depuis 2011, elles sont capables de réagir à la fois aux UV et à la lumière visible. Ceci permet une activation du verre derrière

un pare-brise de voiture qui coupe les UV et une teinte beaucoup plus foncée à l'extérieur car les deux réactions s'accumulent (Transitions® XTRActive®).

3) Une autre méthode consiste à ajouter les substances photosensibles réagissant aux ultraviolets aux différents monomères. Il s'agit d'un traitement dans la masse (procédé Japonais/INDO/Rodenstock). Ce procédé, contrairement aux verres photochromiques minéraux, n'induit pas de variation selon l'épaisseur des verres grâce à des coefficients d'extinction molaire élevée des molécules photochimiques.

3. ■ Caractéristiques optiques et physiques

Cf. partie 2, « Optique géométrique et physique » et partie 6, chapitre 35, « Verres ».

3.1. Propriétés optiques

Le verre correcteur est transparent. Il laisse passer les rayons lumineux en modifiant leurs directions : c'est ce qu'on appelle la réfraction.

3.1.1. Indice de réfraction

Les indices de réfraction des matériaux utilisés en optique varient de 1,5 à 1,9. Plus l'indice est élevé, plus la déviation du rayon est importante à géométrie de verre égale¹ :

- pour les verres minéraux, l'indice varie de $\approx 1,5$ à $1,9$;
- pour les verres en résines thermodurcissables, l'indice varie de $\approx 1,5$ à $1,7$;
- pour les verres en polycarbonate, l'indice est de $1,59$;
- pour le PNX®, l'indice est de $1,53$.

3.1.2. Phénomène de dispersion

Le phénomène de dispersion correspond à la décomposition de la lumière blanche lors de la réfraction de celle-ci. Ce phénomène est dû à la variation de l'indice de réfraction avec la longueur d'onde.

La **constringence** ou le **nombre d'Abbe** caractérise l'aptitude d'un verre à disperser plus ou moins la lumière. La constringence des verres de lunetterie varie de 60 à 30.

1. « n » est d'autant plus élevé que la longueur d'onde est courte.