



CMBO 10 - Orthèses et prothèses

Science des matériaux
Techniques de finition
Protection au travail
Dossier d'atelier

Andres Yves
Benz-Negele Anika

Science des matériaux pour
orthèses/prothèses

Cuir

Les propriétés positives peuvent être:

souple, mou, extensible, indéformable, retient la chaleur, absorbant, agréable du point de vue du climat...

Les propriétés négatives peuvent être:

plutôt lourd, ne résiste pas aux intempéries, plutôt coûteux, peut devenir cassant...

Attention au type de tannage - La fonction doit être déterminée! Exemple:

Minéral/chrome: très résistant à la déchirure/à l'abrasion, pas très bien supporté par la peau

Chamois: très souple, fortement absorbant, très extensible (par ex. talon à 90° sans couture)

Végétal: forme stable, bien toléré par la peau, inhibe la formation de sueur

Textiles (produits fabriqués à partir de fibres tissables)

Les textiles sont disponibles à partir de fibres naturelles (végétales, animales, minérales), à partir de fibres chimiques (fibres synthétiques, fibres inorganiques, ...) et de mélanges de celles-ci.

Semi-fabriqués, par ex. fil

Produits fabriqués finis, par ex. étoffes, feutres, tissus, treillis, tricot

Articles finis, par ex. bas de compression

Propriétés importantes des fibres textiles

Finesse, résistance à la déchirure, tendance à se froisser, résistance à l'usure, absorption d'humidité, conductivité de la chaleur, élasticité, comportement envers les microorganismes/la lumière, potentiel allergène, ...

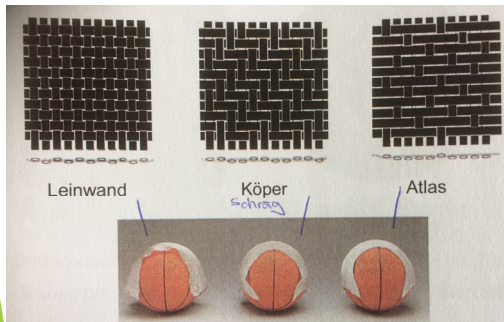
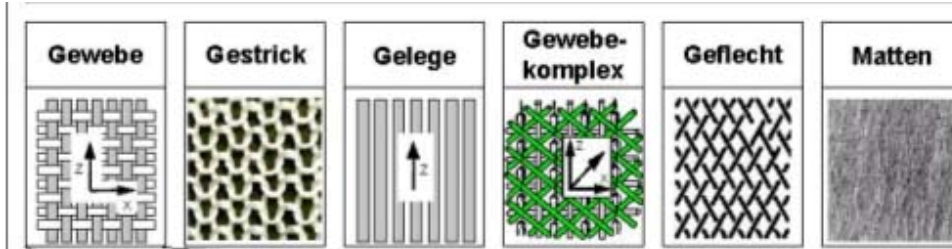
Indication du poids avec le «système Tex», unité métrique normalisée basée sur la masse et la longueur:

1Tex = 1g/1000m

Exemples de l'artisanat orthopédique:

- ▶ Coton/laine: tricot pour plâtre, matériau pour sangles, fils, linge chaud
- ▶ Argent: antimicrobien, dans les matériaux de référence et les bas de compression
- ▶ Viscose: la substance de base de la cellulose est modifiée chimiquement. Ex. pour les bas de compression et les bandages
- ▶ Polyester: fils, sangles...
- ▶ Polyamide: perlon, nylon, aramide, ex. dans les tuyaux en tricot, velcro/Mikroklett, ...
- ▶ ...

Types de surfaces textiles



Types de tissus

Trame en toile:
«non» flexible

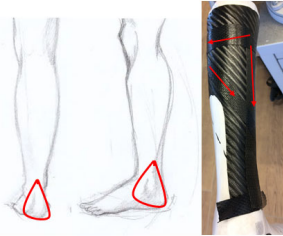
Trame en sergé:
la plus fréquente

Trame atlas:
le plus flexible, beaucoup de «restes»

Fibre de carbone / polymères renforcés PRFC

- ▶ Jointes à la matrice, les fibres confèrent solidité/rigidité
 - ▶ La résine confère de la stabilité aux fibres, elle transmet les forces et protège la fibre
 - ▶ 1kg de PRFC peut remplacer jusqu'à 5 kg d'acier...
 - ▶ **Les fibres doivent être tendues pour pouvoir absorber de la force**
 - ▶ Une orientation des fibres de 45° par rapport à la direction de la charge permet l'absorption de forces de cisaillement/torsion
 - ▶ **Une orientation des fibres de 0° et 90° dans la direction de la charge permet l'absorption de forces de flexion/traction/compression.**
 - ▶ Éviter ou prévoir les percements de trous
 - ▶ Ne pas utiliser plus de 5% de couleur
 - ▶ Résine époxy: solidité mécanique et résistance thermique la plus élevée, Duroplast
 - ▶ Résine acrylique: Thermoplast, peut se déformer à la chaleur (sans fibres de carbone, sinon la pièce travaillée se «délamine»).
- Disponible aussi comme résine molle**

La stabilité est davantage que la solidité des matériaux...



- ▶ Constructions triangulaires (penser en trois dimensions!)
- ▶ Variante la plus forte aussi en profil éventuel



- ▶ La stabilité est produite aussi par des «mainteneurs de distance»!

Exemple en orthopédie:

- Remplissage avec couches intermédiaires en tricot
- Profils en plastique ou matériaux de liaison en carbone

Plastiques et silicones

Classification des plastiques en fonction de leur comportement à la chaleur

- ▶ Thermoplastiques (passent dans le domaine plastique avec l'élévation de la température)
Exemples: polypropylène, polyéthylène (mou et dur), PVC, ...
- ▶ Duroplastiques (leur forme ne peut pas être durablement modifiée par la chaleur)
Exemple: polyuréthane

Silicones - sont fabriquées à partir de sable de quartz, de charbon, de chlore, d'acide chlorhydrique et de méthane

- | | |
|--|--|
| ▶ haute résistance au froid/à la chaleur | ▶ haute stabilité chimique |
| ▶ effet hydrofuge | ▶ non conductrices |
| ▶ très hygiéniques | ▶ faciles d'entretien |
| ▶ forme stable, guère déformables | ▶ difficilement combustibles |
| ▶ difficiles à travailler | ▶ résistantes à la température de -60°C à +200°C |



Métaux

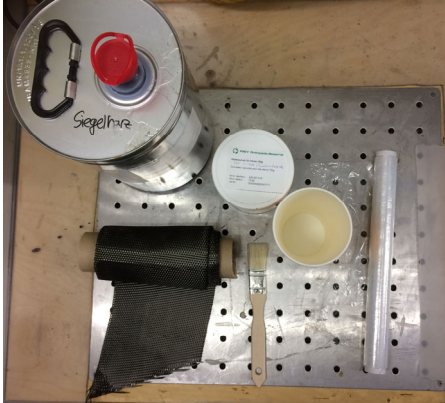
- ▶ Solidité élevée, bonne conductivité de l'électricité/de la chaleur
- ▶ Méthodes de travail en artisanat orthopédique: avoyer, scier, limer, rarement braser/souder
- ▶ Prudence lors du chauffage et du refroidissement - la solidité peut être altérée (par ex. durcissement)

Métaux utilisés en artisanat orthopédique:

- ▶ Aluminium: composant d'attelles et d'articulations, de colliers
- ▶ Acier: composant d'attelles et d'articulations ainsi que de supports de pied et de pieds artificiels (en outre, divers outils sont faits en acier à outils)
- ▶ Titane: composant d'attelles et d'articulations, plus léger que l'acier!
- ▶ Cuivre: rivetage

Diverses techniques de confection

«Laminé à la main»



Les couches de carbone sont appliquées l'une après l'autre sur la pièce, recouvertes de résine à sceller et enveloppées dans une feuille de film transparent. On peut encore éventuellement faire en outre le vide dans la Vacupress ou avec un sac en plastique.

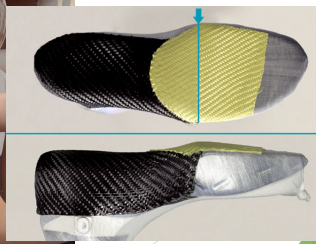
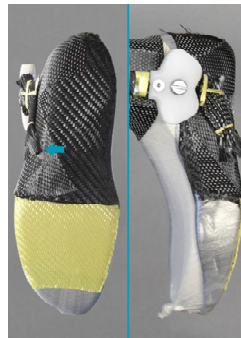
- ▶ Stabilité relativement faible car la fibre n'est pas étendue et il reste trop de résine et d'«air»
- ▶ Pour les réparations (allonger)
- ▶ Quand les capitonnages etc. ne doivent pas être comprimés à cause de la basse pression



11

Couler

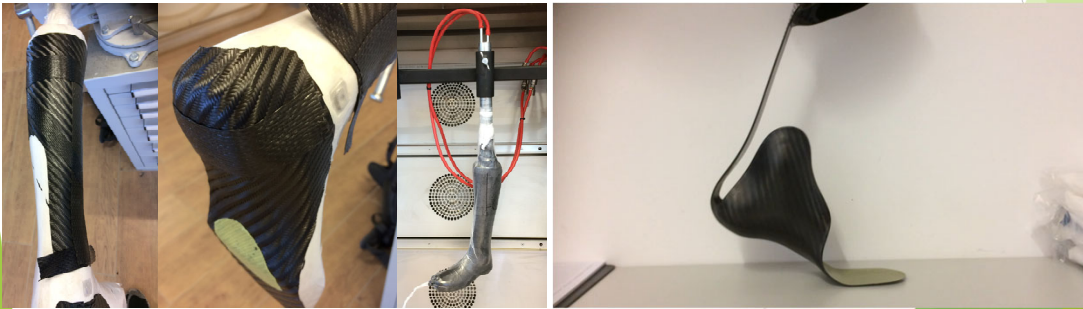
- ▶ Modèle en plâtre sec!
- ▶ Modèle en mousse suffisamment dur!
- ▶ Avec armature en fer/vis
- ▶ Capitonnage non thermoplastique
- ▶ Éventuellement retourner + aspirer le film inférieur (PVA)
- ▶ Faire l'armature selon le plan
- ▶ Aspirer et poudrer le film supérieur
- ▶ Mélanger résine/durcisseur/couleur, ajouter
- ▶ Répartir, s'il faut refroidir, jamais avec de l'eau mais avec de l'acétone
- ▶ Laisser durcir
- ▶ Découper avec Oszillant
- ▶ Poncer



CMBO Orthèses/prothèses

Prepreg

- ▶ Le tapis de carbone pré-imprégné, ainsi que le kevlar et le dynema (congelé) sont appliqués «décongelés» sur le modèle avec un film de PVA (sous traction!)
- ▶ Appliquer la chaussette d'aspiration et le second film de PVA
- ▶ Cuire au four environ 8 h à 100° (sous basse pression!)
- ▶ Légèreté et stabilité maximale, bonnes possibilités de combinaison de matériau souple, flexible et très dur
- ▶ Non thermoplastique! Éventuellement seulement construction du cadre en Prepreg et les fourreaux en matériau déformable?



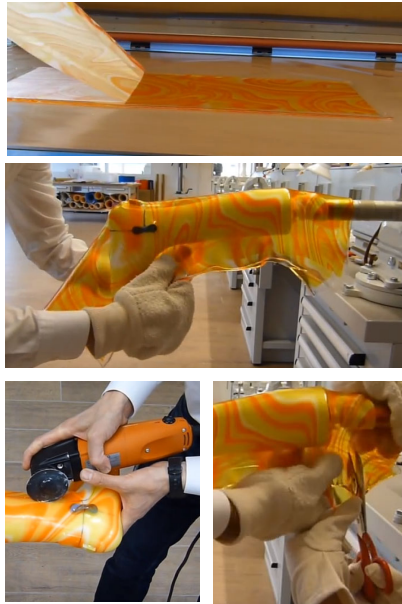
Easypreg

- ▶ «Prepreg» dans la Vacupress
- ▶ Du carbone pré-imprégné est appliqué entre deux tapis de silicone. Une dépression est générée entre les deux tapis de silicone.
- ▶ Les tapis de carbone sont chauffés et emboutis sur le modèle positionné exactement.
- ▶ Voir: <https://www.youtube.com/watch?v=nyqU-WZW7lg>
- ▶ <http://www.ortholocher.ch/uploads/PDF/Easypreg/Arbeitsanleitung%20EASYPREG.pdf>



«Emboutissage», aspiration

- ▶ Raccorder le modèle au tuyau d'aspiration
- ▶ Recouvrir de tricot (meilleure aspiration, pas de «choc de froid» pour le matériau)
- ▶ Découper la plaque (PE ou PP), la nettoyer, l'égavurer
- ▶ Chauffer la plaque selon les indications du fabricant
- ▶ Colorer la plaque au besoin
- ▶ Emboutir, retirer comme premier angle-pli de l'articulation tibio-tarsienne
- ▶ Presser ensemble, découper le matériau excédentaire avec des ciseaux et «souder»
- ▶ Raccorder au tuyau
- ▶ Laisser refroidir, ne pas mettre au froid!
- ▶ Découper avec Oszillant et polir



15

Travail du métal



Modéliser, «couler»

- ▶ Rincer éventuellement le négatif en plâtre avec de l'eau savonneuse ou appliquer du talc
- ▶ Préparer le plâtre, consistance de yogouth ☺, laisser reposer brièvement pour faire remonter les bulles d'air.
- ▶ Ajouter éventuellement du Vermex ou un produit similaire
- ▶ Modeler selon la forme voulue
- ▶ Éventuellement dessiner la verticale
- ▶ Contrôler les mesures
- ▶ Pour affiner utiliser une éponge ou de la gaze ainsi que des serviettes pour plâtre
- ▶ Dessiner le parcours des arêtes du moyen auxiliaire
- ▶ Recouvrir de tricot (=moins de taches de plâtre sur la future place de travail)



17

Fermeture Boa



Le mode de fonctionnement de la fermeture Boa: en tirant le bouton rotatif vers le haut, on desserre les lacets et la **chaussure peut s'ouvrir** dans la mesure nécessaire pour la mettre ou la retirer. Le réglage du laçage est fixé par enfoncement du bouton rotatif.

En tournant le bouton rotatif vers la droite, on peut resserrer a chaussure par paliers de 1 mm. La conception du fil en acier sur la chaussure permet une **répartition uniforme de la pression** et un ajustement individuel à la forme du pied, **d'une seule main**.

Le lacet en acier lui-même est composé de 49 fils minces en acier inoxydable (7 faisceaux de 7 tresses), enveloppés de nylon.



<http://www.freyortho.ch/wp-content/uploads/2017/07/AS-Play-BOA-Verschluss-Anleitung-Kabel-ersetzen.pdf>

Liens divers...

Articulation Tamarack

- ▶ <http://www.freyortho.ch/wp-content/uploads/2017/07/Tamarack-Anleitung.pdf>
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=GZl9m0-VY8Y>

Mettre le liner

- ▶ <http://www.freyortho.ch/wp-content/uploads/2017/07/WillowWood-Liner-Gebrauchsanweisung-f%C3%BCr-Patienten.pdf>

Papier colorant de contact/substances de laminage

- ▶ <http://www.freyortho.ch/wp-content/uploads/2017/06/Kontaktf%C3%A4rbepapier-richtig.pdf>

Fabrication d'une orthèse, plâtres, anamnèse du patient...

- ▶ <https://www.fior-gentz.de/orthesenbau/online-tutorials/herstellung-der-orthese.html>

Protection au travail

Protection contre:

- ▶ Blessure
- ▶ Infection et intoxication
- ▶ Surmenage psychique/physique
- ▶ Protection de l'environnement

Dangers dans le travail manuel d'orthopédie

- ▶ Combustibles (durcisseurs)
- ▶ Inflammables (acétone, résine)
- ▶ Toxiques (désinfectants)
- ▶ Irritants (solvants)



Dans tous les travaux de décollage de copeaux



En cas d'intensité sonore supérieure à 85 décibels environ



- Protection contre la chaleur
- Protection avec les objets tranchants/pointus (par ex. ponçage du carbone)
- Protection contre les infections, plaies, maladies contagieuses



Masque à poussière versus masque à gaz (fibres de carbone!)



Désinfection, en principe après chaque contact avec un patient
Désinfection des surfaces versus désinfection du corps

Autres sous-domaines de la protection du travail:

- ▶ Entreposage de substances toxiques/explosives: ne pas dépasser la plus grande quantité autorisée!
- ▶ Entretien régulièrement les machines
- ▶ Les issues de secours ne doivent pas être bloquées!
- ▶ Les articles de premier secours doivent être rapidement disponibles pour tous!
- ▶ Où est l'extincteur? Où est le point de rassemblement?

- ▶ Posture ergonomique également lors du service à la clientèle...
- ▶ Évaluation des accidents pour une future prévention

Qui est le responsable?

- ▶ Employeur: mettre l'EPI (= équipement de protection individuelle) à disposition, avertir, fonction d'exemple, information correspondante
- ▶ Collaborateurs: utilisation systématique des divers EPI, entretien des EPI, annonce de machines défectueuses,...

Dossier d'atelier

À quoi sert le dossier d'atelier?

- ▶ **Reproductibilité** (aussi pour les nouveaux collaborateurs)
- ▶ Compréhension lors de questions ultérieures
- ▶ Compréhension lors de défauts antérieurs («effet d'apprentissage»)

Comment/où y a-t-il un dossier d'atelier?

- ▶ Déposé sous format papier (manuscrit/imprimé), dans le registre des clients ou dans les travaux

ou

- ▶ Sous forme digitale, déposé dans le dossier appartenant au patient

Qu'y a-t-il dans un dossier d'atelier

Données du client, numéro d'exécution ...

Date de la finition, numérotation par année (organismes payeurs/réparations)

Photos pendant la production, photos du produit fini

Esquisses avec notes

Étapes de fabrication

Caractéristiques du produit fini *Établir le formulaire d'atelier?!*

Fournisseurs des matériaux/parties, éventuellement numéros d'articles

Épaisseurs des matériaux utilisés

Évaluation du produit fini, longueur de la fermeture, hauteur des talons, ressort,...

Fait pour quelle chaussure?

...

Exemple d'un dossier d'atelier «Chausson interne»



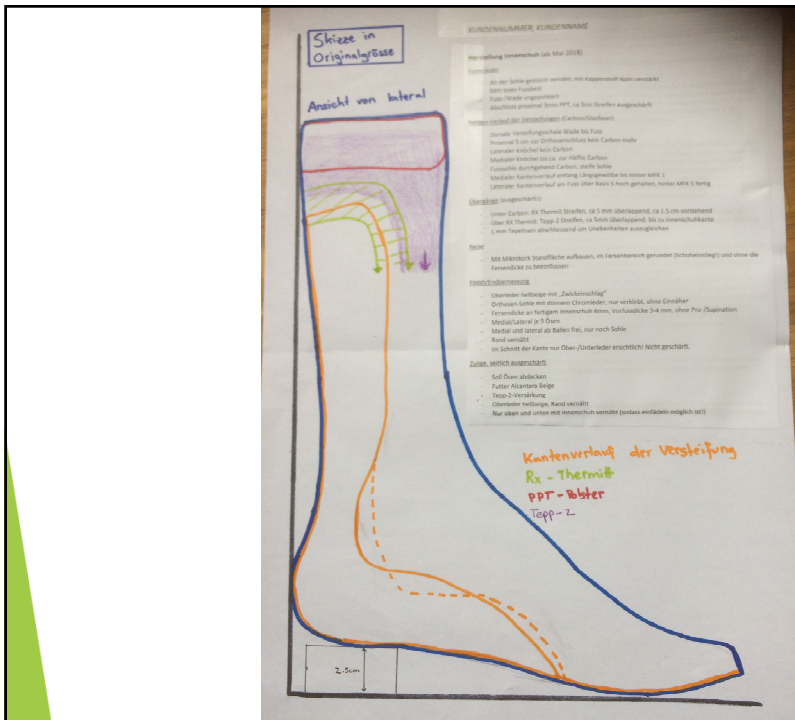
- ▶ Étiqueter éventuellement les matériaux déjà pendant la production et les photographier ainsi



Semelle en cuir chromé



- ▶ Images sous diverses perspectives
- ▶ Étiqueter éventuellement les images
- ▶ Ajouter éventuellement une échelle de référence aux images

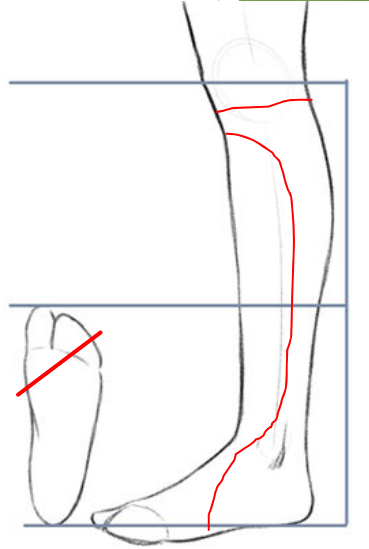


Ou avec une fiche de travail (interne à l'entreprise)

Fiche de travail orthèse de la jambe

Sans articulation	Articulation du releveur du pied	Tamarack
x		
Carbone	Polyéthylène	Cuir
	x	
Chausson interne	Pas de fermetures sur le pied	Courroie simple de coup-de-pied
	x	

*...ou quelque chose de similaire
Prière d'être soi-même créatif ©*



Lors du coulage: plan de l'armature

- ▶ Par ex. orthèse de la jambe avec articulation, coulée avec de la résine acrylique, avec l'armature suivante:

1x Nyglass

1x tapis C complet jusqu'à l'arête de déroulement

1x unidirectionnel sous les articulations

1x tricot de Perlon

1x tapis C sous articulations à 45°

Articulations et décoration finale

Articulations du pied «étrier» de C

1x tapis C par-dessus les articulations à 45°

1x tricot de Perlon

1x unidirectionnel

1x tapis C à 90° jusqu'à l'arête de déroulement

3x Nyglass

Avant-pied en partie flexible! (aussi bien possible dans du Kevlar)

4 „gouttes“ du tapis C à 45°, commencer par le plus court!




2 „gouttes“ du tapis C à 90°




1x tapis mat optique complet/final



<p>1</p> <p>Orthèse de la jambe, carbone</p> <ul style="list-style-type: none"> - coulage avec résine acrylique, résine C - avant-pied flexible/kevlar - compensation debout intégrée/lit plantaire - tissu de décoration, capitonnage EVA. - guidage du condyle - enveloppement du pied avec fermeture-éclair <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Toutes les parties en carbone découpées, tissu de décoration cousu. Fermetures/capitonnage, y compris lit plantaire, terminés. Enveloppement du pied avec protection du bout/fermeture-éclair terminés.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Coulage, rivetage des fermetures/Umlenkung, collage du capitonnage, finition</p> <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative, compensation debout/lit plantaire intégrés</p>	<p>2</p> <p>Orthèse de la jambe, carbone</p> <ul style="list-style-type: none"> - coulage avec résine époxy - partie antérieure - avant-pied rigide, lit plantaire intégré - fermeture intégrée, capitonnage en maillage - coulage avec Carbon-Optik <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Toutes les parties en carbone découpées. Fermetures et fermetures factices terminées. Capitonnage en maillage préparé.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Coulage, rivetage des fermetures, collage du capitonnage, finition</p> <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative, Carbon-Optik</p>	<p>3</p> <p>Orthèse de décharge de Charcot</p> <ul style="list-style-type: none"> - emboutir le PE avec le profil dorsal - emboutir la partie couvrante - boucles de chaussures de ski - aspect avec papier thermique <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Coque dorsale emboutie comprise (évent. intégrée?) Barre et semelle profilée, meulée. Capitonnage devant/derrière préparé. Fermeture de chaussure de ski/boucles, préparées.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Emboutir la partie couvrante, monter les boucles de chaussure de ski et finition</p> <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative, boucles de chaussure de ski</p>
---	---	--

<p>4</p> <p>Confection sur mesure d'une orthèse de releveur du pied</p> <ul style="list-style-type: none"> - coulage avec cambriion, unilatéral - velcro pour la jambe avec capitonnage mobile - région du pied simple/mince - rigide jusqu'au niveau sous-capital - coulage (acryle) avec couleur <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Toutes les parties en carbone découpées, cambriions avoyés et cousus. Fermetures/capitonnage préparés.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Coulé, cambriions découpés, finition</p> <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative</p>	<p>5</p> <p>Orthèse de correction d'un varus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prepreg sans cambriions - avec incision de torsion, aspect carbone - capitonnage factice en PE - colle élastique sans boucle retour <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Capitonnage factice en PE remonté (non ouvert à la scie, couture meulée). Fermetures et capitonnage final préparés. EVA pour talon latéralisé/égalisation debout</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Prepreg, fermetures et finition</p> <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative</p>	<p>6</p> <p>Chausson interne, classique</p> <ul style="list-style-type: none"> - doublure en peau de chamois, sans couture - renforcement du tissu du bout - dessus en cuir, boutons en caoutchouc/Elast - fermeture Boa - aspect à choix <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Doublure en peau de chamois. renforcements fixés sans transition, dessus en cuir et semelle d'orthèse pincés/cousus. tirette en caoutchouc/Elast et Boa préparés à l'avance</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Finition avec boutons en caoutchouc/Elast, derrière et latéralement, fermeture Boa</p> <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative</p>
---	--	---

<p>7 Orthèse de redressement (la nuit)</p> <ul style="list-style-type: none"> - en PP, enveloppement dorsal, papier-couleur - Cambrions Tamaraga, guidage de condyle - Chausson interne avec 1 velcro - 2 directions de traction - fretttes en caoutchouc avec bouton en pelote/tige <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Chausson interne (cicatrice sur le côté du pied), cambriures factices et capitonnage ainsi que fretttes en caoutchouc/fermetures/tige préparés à l'avance. PP, papier couleur + „plaquettes“ découpés, EVA pour égalisation debout/semelle d'orthèse en caoutchouc</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Emboutissage, découpage du Tamaraga, montage de la tige et des fermetures, semelle en caoutchouc, finition</p>  <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative</p>	<p>8 Orthèse de jambe avec articulation librement mobile</p> <ul style="list-style-type: none"> - articulation avoyée et rivetée sur fonte sans carbone - garniture en cuir avec colle <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Coulé et poncé. Garniture en cuir préparée. Vis et rivets préparés.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Avoyer/riveter les cambrions, garniture, finition</p>  <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative (au lieu de coque de mollet, seulement „collier“ de mollet avec garniture, sans sandale)</p>	<p>9 Orthèse de raccourcissement de jambe</p> <ul style="list-style-type: none"> - coque en carbone (dans sac en plastique) - double talon en mousse dure PUR - ortells empliés, obliquement <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Doublure remontée, avant-pied placé, coque en carbone finie et découpée</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Double talon, housse, finition avec laçage d'une seule main</p>  <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative</p>
--	---	--

<p>10 Prothèse de Bellmann</p> <ul style="list-style-type: none"> - coque en Ercotex avec renforcements correspondants - ortells Asti-Tec <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Prothèse fabriquée, placée à la verticale, avec renforcement du talon, sans partie de l'avant-pied. Housse éventuelles préparées. Plâtre pour ortells Asti-Tec préparé.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Ortells Asti-Tec et finition/housses</p>  <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative (ortells Asti-Tec)</p>	<p>11 Prothèse de Chopart</p> <ul style="list-style-type: none"> - coque en taminé main (Vakupress) - lit plantaire souple, séparé - rabat de soutien et pince de talon - avant-pied avec 2 duretés Shore <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Lit plantaire souple, séparé. Rabat de soutien/pince de talon et rabat de soutien-capitoné.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Coque en taminé main, remplacement de l'avant-pied et finition</p>  <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative</p>	<p>12 Orthoprothèse, tige de jambe et pied artificiel</p> <ul style="list-style-type: none"> - coque en carbone, coulage mou à l'avant, avec laçage, coulage dur à l'arrière, ancrage incorporé dans le coulage, adaptateur/ pied SACH, non capitonné. <p>Préparation jusqu'à la seconde partie du cours</p> <p>Capitonnage construit ou expansé avec lit plantaire pour positionnement de l'ancrage. Parties en carbone, couches de tricot et bandes de trilène (pour rabat) préparés, œillets préparés.</p> <p>Étapes de travail dans la seconde partie du cours</p> <p>Coulage avec deux résines diverses et rabat, positionnement de l'ancrage, construction et possibilités d'ajustement, œillets (Finition éventuelle avec cosmétique, de façon indépendante après la fin du cours.)</p>  <p>La figure ne sert qu'à l'illustration approximative, avec laçage sans cosmétique</p>
--	---	---