



L'Association des membres
de l'Ordre
des Palmes Académiques



L'Association Française pour le
Développement
de l'Enseignement Technique

PROJET PLURIANNUEL DE COOPERATION TECHNOLOGIQUE

PRODUCTION D'ELEMENTS DE PROTHESES ET CONCEPTION D'UNE PROTHESE PROVISOIRE DE GENOU



FaYS



Ce projet répond à un double besoin:

- besoin de pièces pour compléter les prothèses récupérées par **Handicap international**
- accroître la motivation des élèves et étudiants en leur proposant **des travaux utiles pour des populations en détresse**

LES LYCEES PARTICIPANT AU PROJET

Lycée Hector Guimard Lyon 7^{ème}
(établissement coordonnateur du projet)

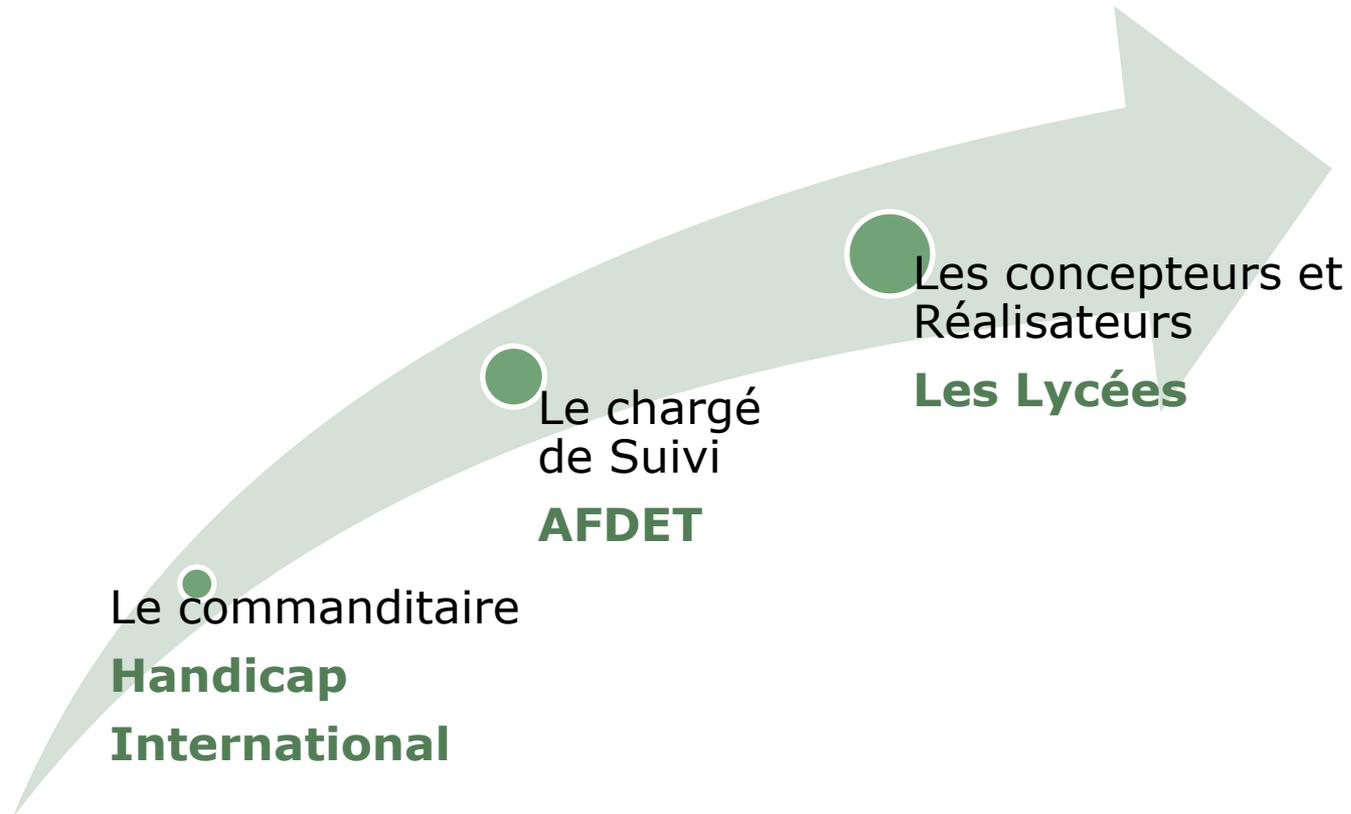
Lycée Frédéric Faÿs Villeurbanne

Lycée Albert Camus Rillieux la Pape

LP Fernand Forest Saint Priest

LP Joseph-Marie Carriat Bourg en Bresse

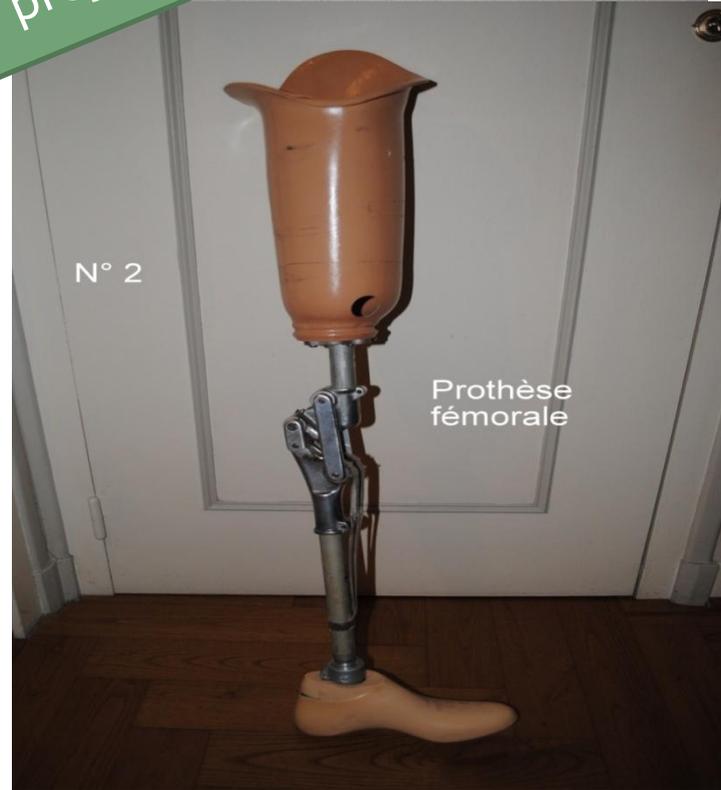
ce projet est cadré par une convention
de coopération technologique



Avec l'aval des autorités académiques
et le suivi des inspecteurs disciplinaires



Prothèse fournie
support du projet.



**UN PROJET
A DEUX
COMPOSANTES**

Projet A

Dessins de définition et fabrication de **pièces détachées pour Tibia/Chevilles**

pour répondre aux besoins les plus urgents d'Handicap International

Les Lycées Professionnels
Et les section d'enseignement professionnel
Et leurs Bac Pro

Projet B

Modélisation d'une **prothèse simple de genou** existante & conception d'une prothèse dérivée

Et production de prototypes

Les Lycées technologiques et polyvalents
et leurs BTS

Projet A :

Le rôle de chaque Bac Pro dans le projet

Dessin et cotation des pièces à partir d'exemples physiques

Fabrication de prototypes pour validation par Handicap international

Choix des matériaux dans ceux dont ils disposent (alu, acier)

Mise au point du process de fabrication de chaque pièce

Répartition sur les différents établissements des séries de pièces à fabriquer , y compris les traitements thermiques

Projet B : Une coopération technologique qui s'inscrit dans un projet pédagogique

Les nouveaux référentiels des BTS de la mécanique intègrent la nécessaire collaboration entre le BTS de conception (CPI) et les BTS procédés (fonderie et CPRP), notamment à travers une épreuve de projet collaboratif d'optimisation d'un produit.

Cette commande d'Handicap International, nous a fourni un support idéal à ce travail collaboratif entre les 3 établissements concernés. Il permet à nos étudiants de s'impliquer sur l'ensemble d'un processus de conception et de réalisation de produits.



Projet B : cahier des charges

LA PROTHESE

Cette prothèse provisoire permettra d'équiper des personnes en attente de prothèse définitive.

Elle doit répondre à 4 principaux critères :

- ❖ **Simplicité**
- ❖ **Solidité**
- ❖ **Facilité de fabrication et de maintenance**
- ❖ **Résistance suffisante pour être utilisée en milieu humide et/ou poussiéreux.**

Elle doit aussi pouvoir être fabriquée dans des établissements de formation.

Projet B : Le rôle de chaque BTS



BTS Conception des Produits Industriels :
Reconception et définition de la prothèse



BTS Fonderie :
conception du processus et fabrication des pièces brutes de fonderie (prototype ou série)



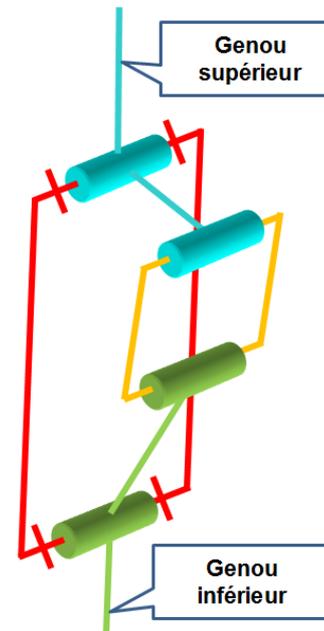
BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits :
Conception du processus et usinage des pièces à partir des pièces brutes de fonderie

Optimisation
produit / processus

LA REALISATION PEDAGOGIQUE

Projet A

2016/2017
Modélisation du mécanisme



Réalisé par les Bac Pro EDPI
du Lycée H. Guimard

Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

Contexte initial du projet :

- Afin de répondre à une sollicitation de l'association "Handicap international", tous les établissements du département du Rhône, étendus à l'ensemble des établissements de l'académie de Lyon, possédant une filière "Technicien d'usinage", se sont mobilisés afin de réaliser des productions de pièces usinées.

Objectif du projet pour la voie professionnelle

- Réaliser par usinage, sur des machines-outils à commande numérique, des lots de pièces permettant d'assurer la maintenance d'une prothèse de jambe ("*pièces d'usure*").

Étapes du projet

1 - Réalisation des maquettes numériques des pièces à réaliser.

Les dessins de définition ont été réalisés par la filière "Bac.Pro. Étude et définition de produits industriels" (Bac.Pro.EDPI) du Lycée Hertor GUIMARD.

2 – Qualification de la production.

2.1 - Quatre lycées professionnels ont été chargés de réaliser le dossier de fabrication, les programmes d'usinage, les programmes de contrôle, les définitions des outils et des porte-pièces à utiliser ;*

2.2 – Une première pièce a été réalisée pour valider chaque process ;

2.3 – Envoi des process dans les établissements de l'académie (voir répartition des fabrications).

3 – Production.

Usinage, contrôle de chaque pièce et livraison à "Handicap international".

Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

Les quatre "Process réalisés"

- "**Embase de raccord**" : Responsable de production M. CATTIN Alexis du Lycée Fernand FOREST ;
- "**Embase de pied**" : Responsable de production BAYARD Stéphane du Lycée Fernand FOREST ;
- "**Adaptateur double**" : Responsable de production RAHIBI Mohamed Lycée Frédéric FAYS ;
- "**Adaptateur raccord**" : Responsable de production CICLET Benoît du Lycée Joseph-Marie CARRIAT.

Importance de la série

- 45 pièces en alliage d'aluminium en série renouvelable.
- Certaines pièces se déclinent en famille de pièces (*dimensions paramétrables*).

* Structure d'un dossier de fabrication :

- *Présentation du projet ;*
- *Cahier de charge de la production :*
 - *Nombre de pièces à réaliser ;*
 - *Matière ;*
 - *PV de contrôle pour chaque pièce ;*
 - *Lieu de livraison ;*
 - *Date de livraison;*
- *Dessin d'ensemble + nomenclature ;*
- *Dessin de définition de la ou des pièces ;*
- *Nomenclature d'usinage ;*
- *Contrats de phase ;*
- *Photographies des montages NORELEM ;*
- *Programmes ;*
- *Fiche type de "PV de contrôle pièce" ;*

Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

Afin de répartir la charge de travail et les coûts des fabrications (*achat des matières premières, énergie et logistique...*), en accord avec les Chefs d'établissements et les Directeurs délégués aux formations, la répartition des productions sera :

Nb	ETABLISSEMENT	Dept.	Embase de raccord	Adaptateur raccord	Addaptateur double	Embase de pied
	Qualification de la production		CATTIN Alexi	BAYARD Stéphane	RAHIBI Mohamed	CICLET Benoît
			LP Fernand FOREST	LP Fernand FOREST	LP Frédéric FAYS	LP Joseph-Marie CARRIAT
	SEP Joseph-Maire CARRIAT	1				15 au format adulte M10
1	LP Fernand FOREST	69	15	15		
2	SEP Frédéric FAYS	69			15 en Lg 32 + 15 en Lg 34	
4	LP Les CANUTS	69	15			
5	LP Louis ARMAND	69		15	15 en Lg 36 + 15 en Lg 40	
6	LP Claude LEBOIS	42			15 en Lg 45 + 15 en Lg 50	
7	LP Etienne MIMARD	42				15 au format enfant M8
8	SEP BEAUREGARD	42	15			
9	LP Hippolyte CARNOT	42		15	15 en Lg 60 + 15 en Lg 70	
10	LPP ES LA SALLE	42			15 en Lg 75	
	TOTAL		45	45	135	30

Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

PROCESS de FABRICATION

Projet de conception :

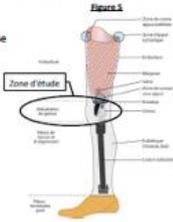
PROJET DE CONCEPTION **ÉTUDE DE PRÉ-INDUSTRIALISATION**

2.3- Le genou artificiel ou genou prothétique:
 2.3.1- Zone d'étude:
 L'articulation du genou est un des éléments de la prothèse fémorale (cf. figure 1).

Celle que l'on se propose d'étudier permet de garantir notamment:

- l'amplitude de l'oscillation au niveau du genou
- la stabilité de la prothèse pendant la phase d'appui
- la résistance à la corrosion (eau douce et milieu salin)
- la résistance aux chocs.

Son entretien est également rudimentaire.



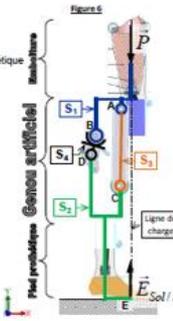
2.3.2- Architecture et modélisation du genou artificiel étudié:
 Le genou étudié (cf. figure 2) est un genou artificiel **polycentrique** qui comporte 4 sous-ensembles:

- le manchon supérieur S_1 sur lequel est fixé l'emboîture
- le manchon inférieur S_2 sur lequel est fixé le pied prothétique
- 2 billes S_3
- 2 biellettes S_4

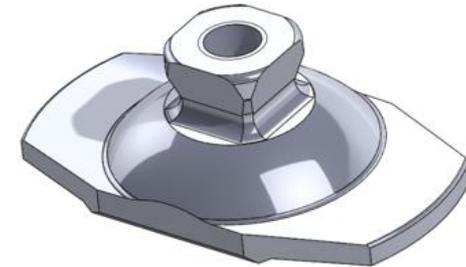
On fournit un schéma cinématique minimal isostatique:

- Liaison S_1/S_2 : Pivot d'axe (A,z)
- Liaison S_1/S_3 : Linéaire annulaire d'axe (B,z)
- Liaison S_2/S_3 : Pivot d'axe (C,z)
- Liaison S_2/S_4 : Pivot d'axe (D,z)

En position debout, la ligne de charge (correspondant au poids P ou patient) passe en avant du genou.



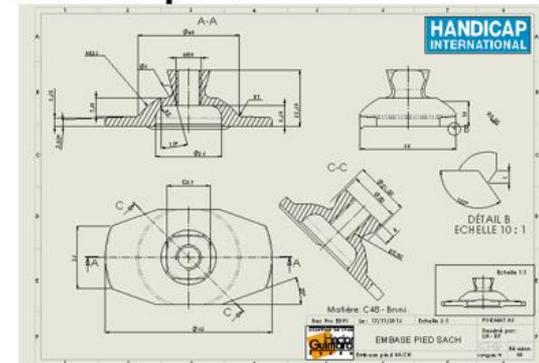
Modélisation 3D



Usinage



Mise en plan



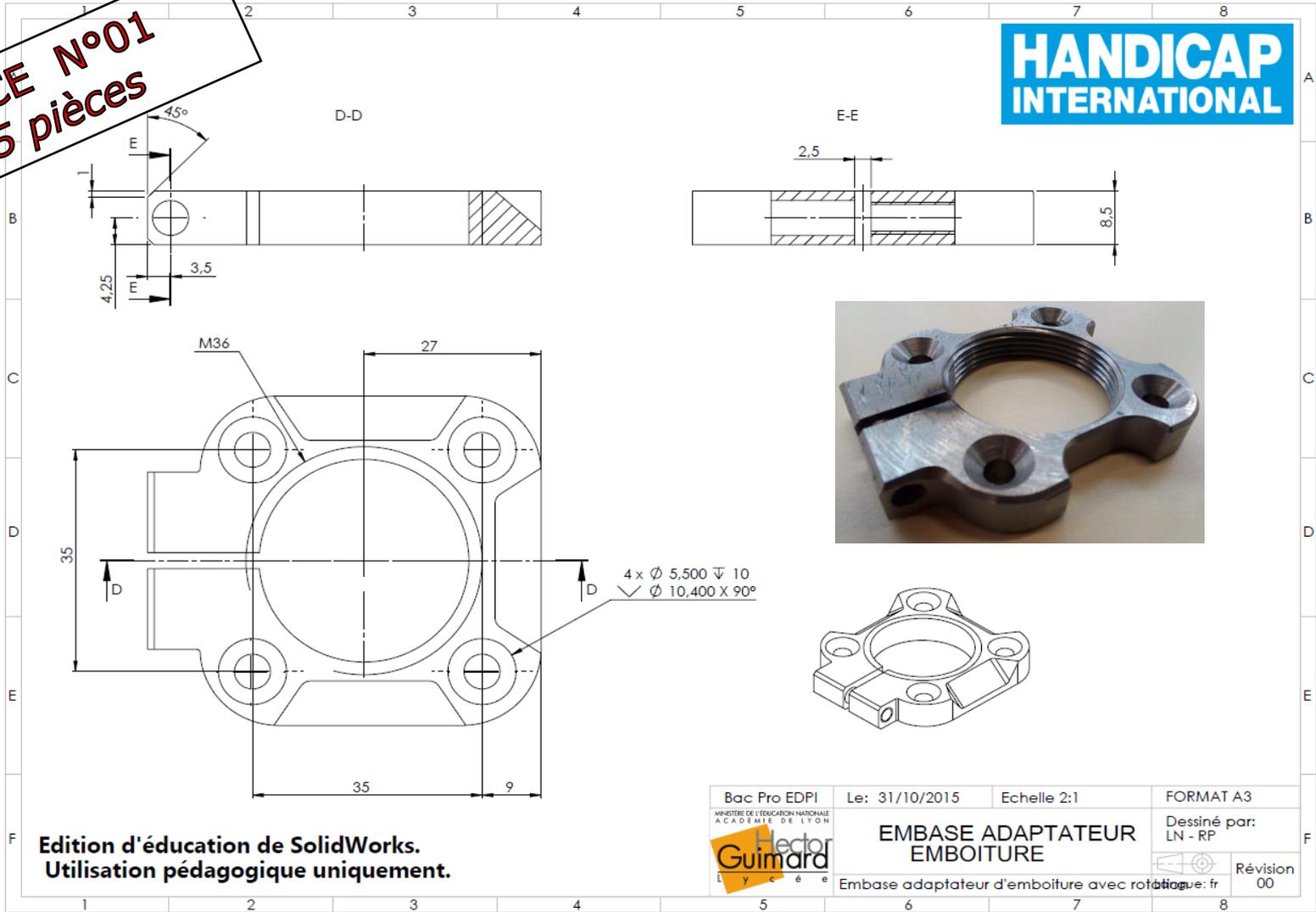
Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

PIÈCE N°01
45 pièces

HANDICAP
INTERNATIONAL



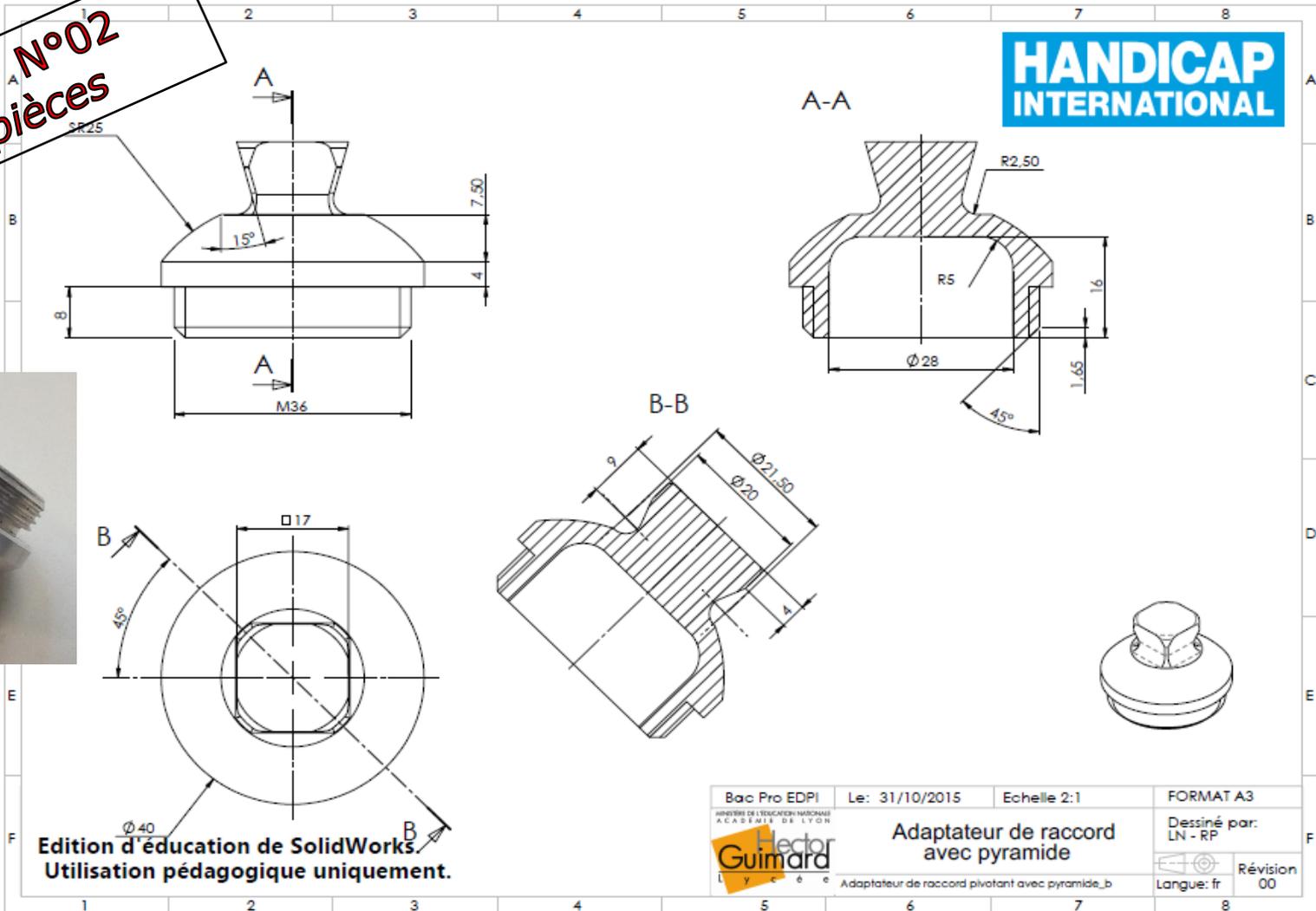
Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

PIÈCE N°02
45 pièces

**HANDICAP
INTERNATIONAL**



Edition d'éducation de SolidWorks.
Utilisation pédagogique uniquement.

Bac Pro EDPI	Le: 31/10/2015	Echelle 2:1	FORMAT A3
Ministère de l'Éducation Nationale A.C. A.S. A.L.S. D.S. L.Y. O.N.			Dessiné par: LN - RP
Révision 00			Langue: fr

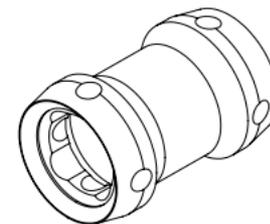
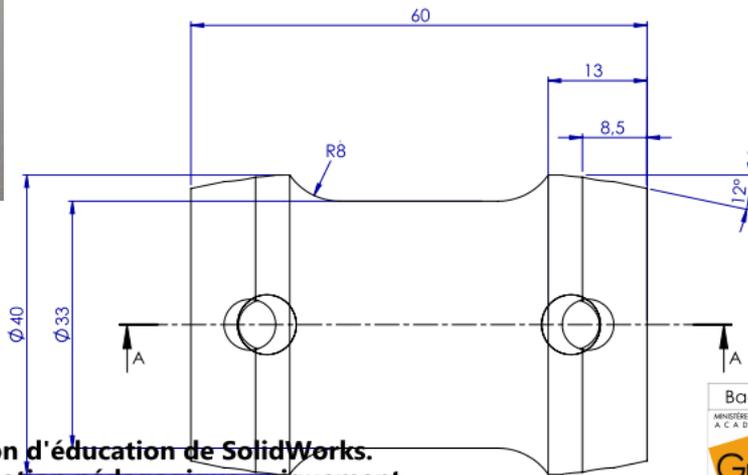
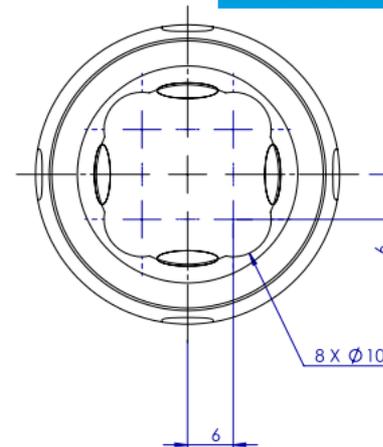
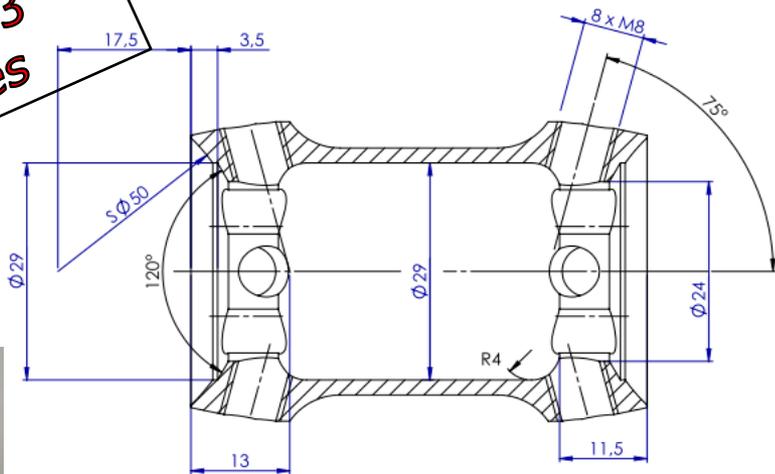
Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

PIÈCE N°03
135 pièces

**HANDICAP
INTERNATIONAL**



Matière: C48 - Bruni

Edition d'éducation de SolidWorks.
Utilisation pédagogique uniquement.

Bac Pro EDPI	Le: 28/04/2016	Echelle 2:1	FORMAT A3
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ACADÉMIE DE LYON			Dessiné par: LN - RP
ADAPTATEUR DOUBLE Longueur 60			Révision 00
adaptateur double			Langue: fr

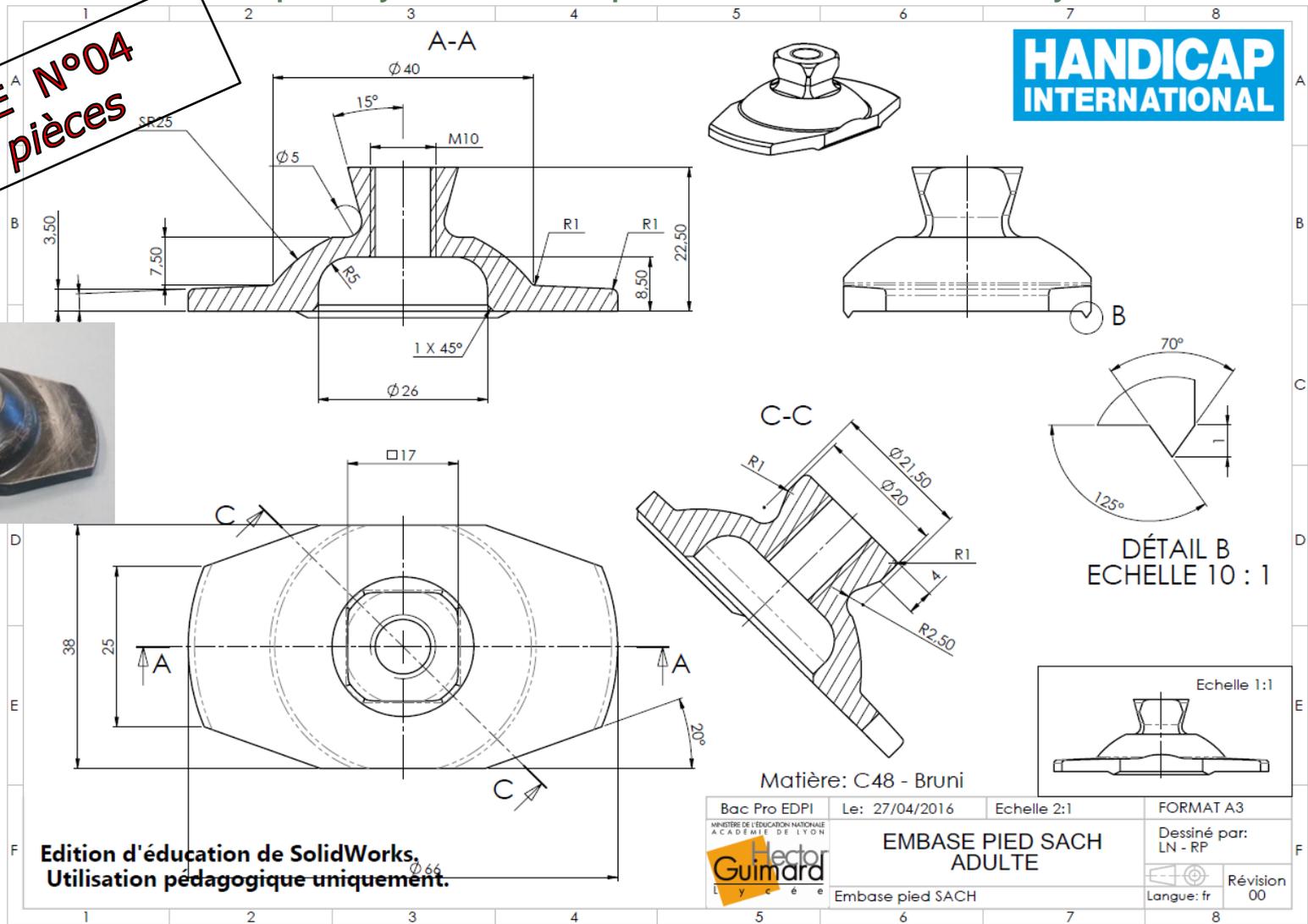
Projet A

FABRICATION de PIÈCES STANDARDS pour PROTHÈSE de JAMBE

Productions assurées par les lycées et sections professionnels de l'académie de Lyon

**HANDICAP
INTERNATIONAL**

**PIÈCE N°04
30 pièces**



Edition d'éducation de SolidWorks.
Utilisation pédagogique uniquement.

Matière: C48 - Bruni

Bac Pro EDPI	Le: 27/04/2016	Echelle 2:1	FORMAT A3
			Dessiné par: LN - RP
EMBASE PIED SACH ADULTE			Révision 00
Embase pied SACH			Langue: fr

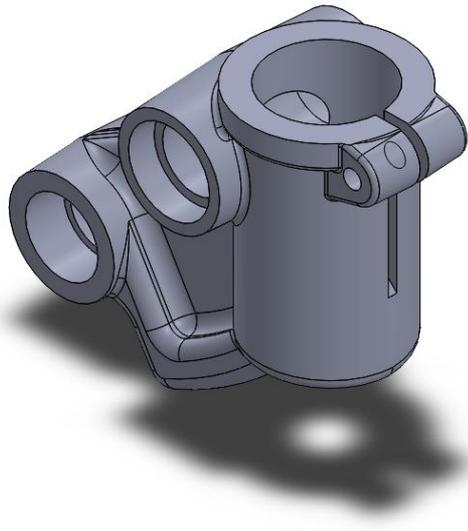
Projet B année 2016-2017

- Analyse du besoin avec M. Copin et M.Vebret
- Etude des fonctions de service avec l'aide d'un ergothérapeute qui travaille avec HI
- Etude des solutions techniques pour répondre au besoin
- Hiérarchisation et choix d'une solution

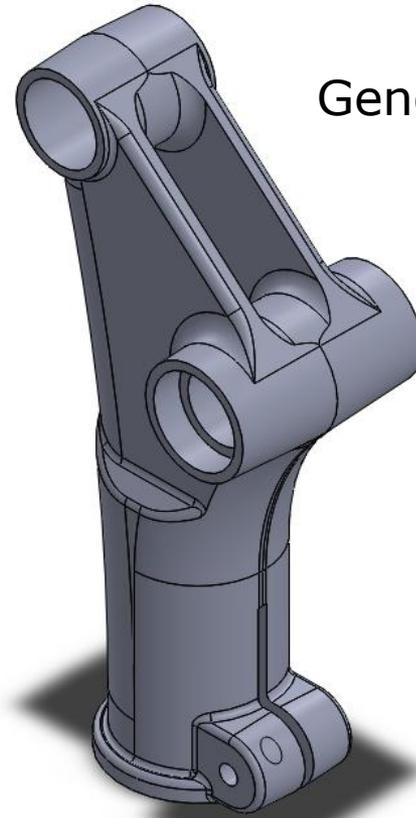
Réalisé par les BTS CPI
Lycée A Camus

Projet B

Dessins des deux pièces moulées



Genou
supérieur

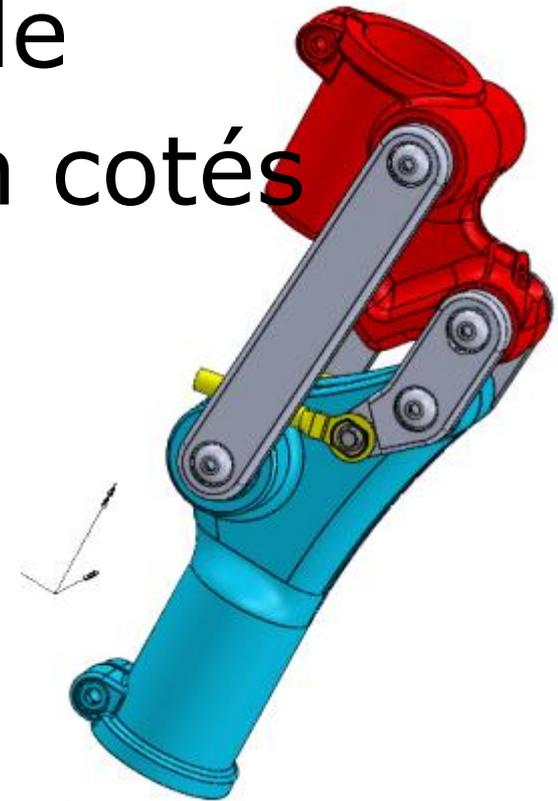
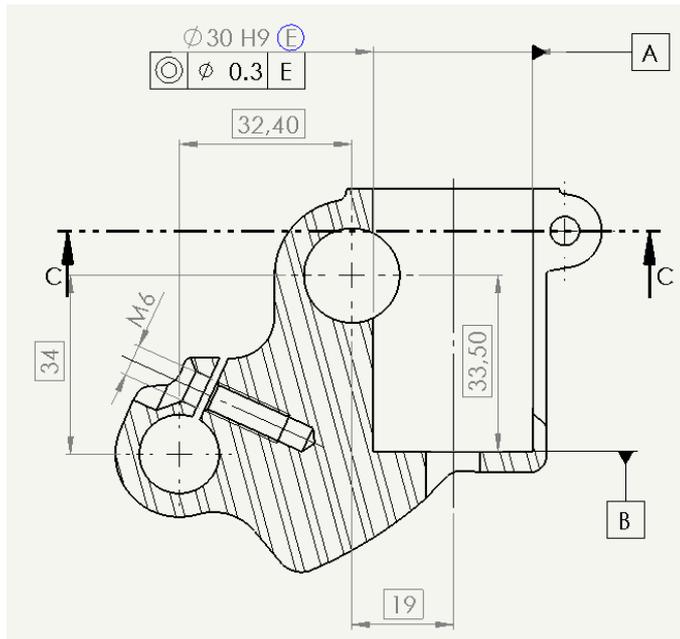


Genou inférieur

Réalisé par les Bac Pro EDPI
du Lycée H. Guimard

Projet B année 2017-2018

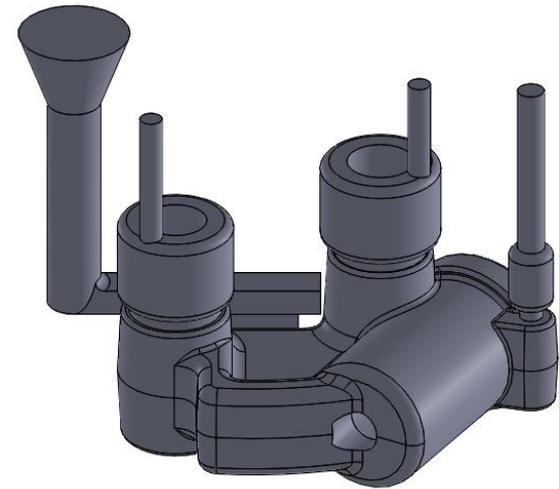
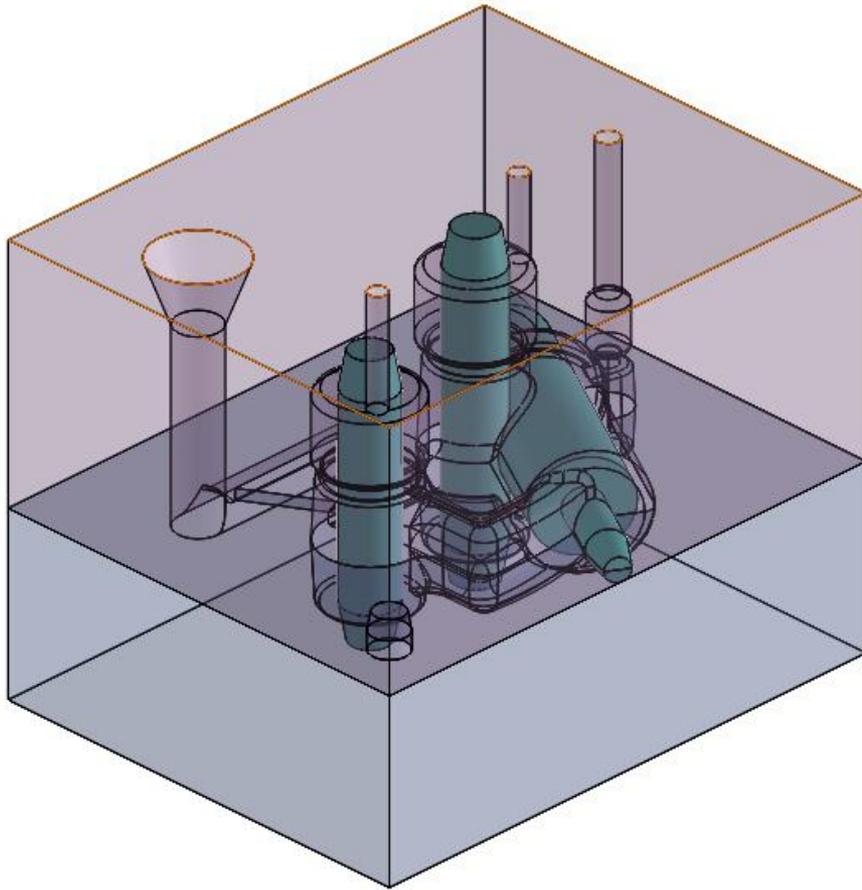
- Modélisation volumique
- Cotation fonctionnelle
- Dessins de définition cotés



Réalisé par les BTS CPI
Lycée A Camus

Projet B

Réalisation d'un premier prototype, moule sable impression 3D



Réalisé par les BTS Fonderie
du Lycée H. Guimard

Projet B

les Modifications

Diamètre d'emmanchement supérieur.



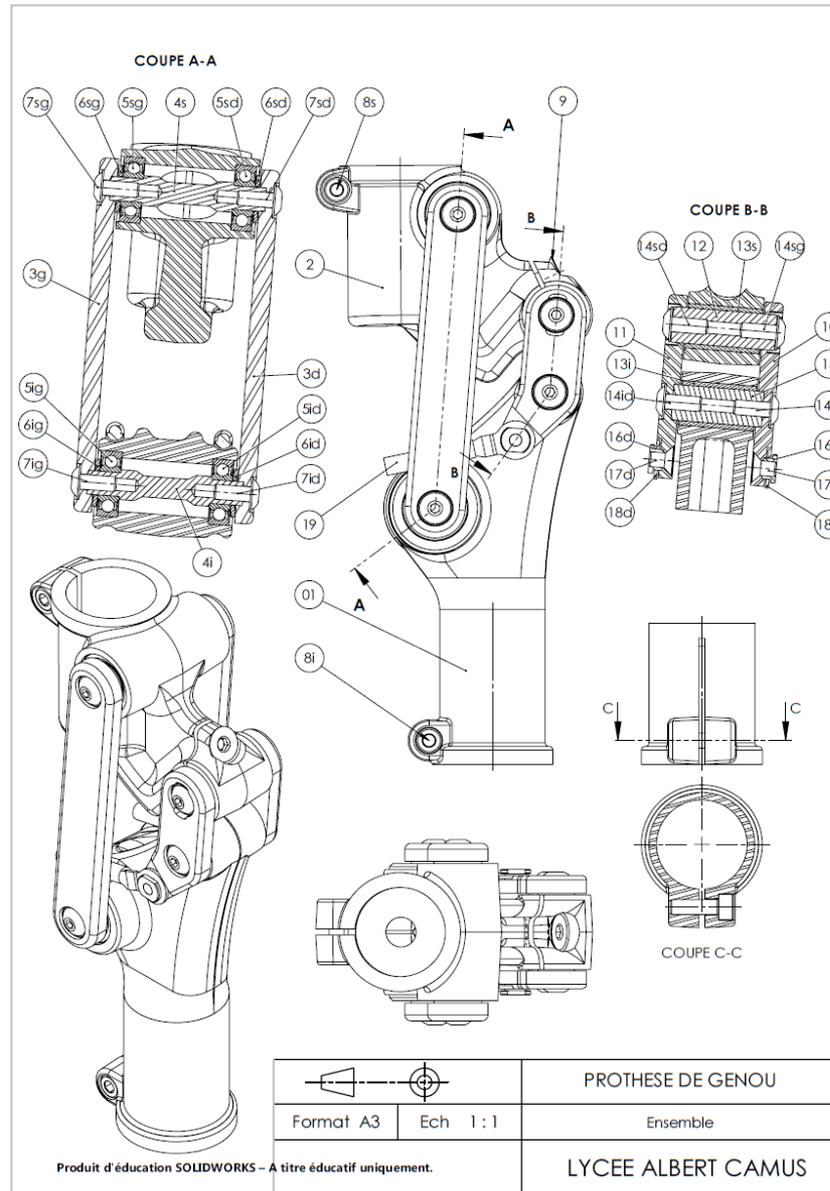
Remplacement des éléments de guidage par des pièces standards



Cotation fonctionnelle du mécanisme

Réalisé par les BTS CPI
Lycée A. Camus 2017

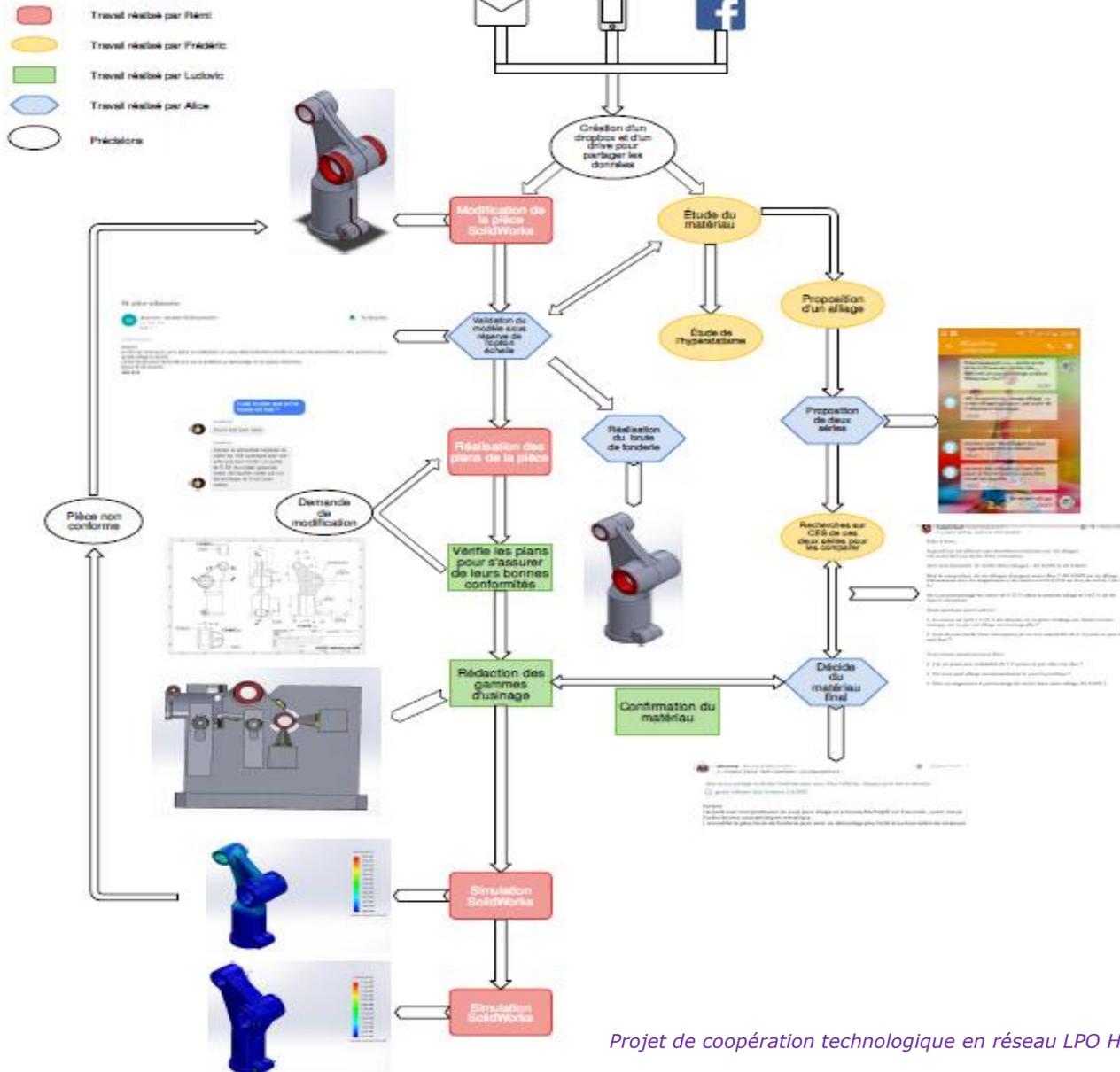
Projet B



		PROTHESE DE GENOU
Format A3	Ech 1 : 1	Ensemble
Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.		LYCEE ALBERT CAMUS

Projet de coopération
technologique en réseau LPO
H Guimard avril 2019

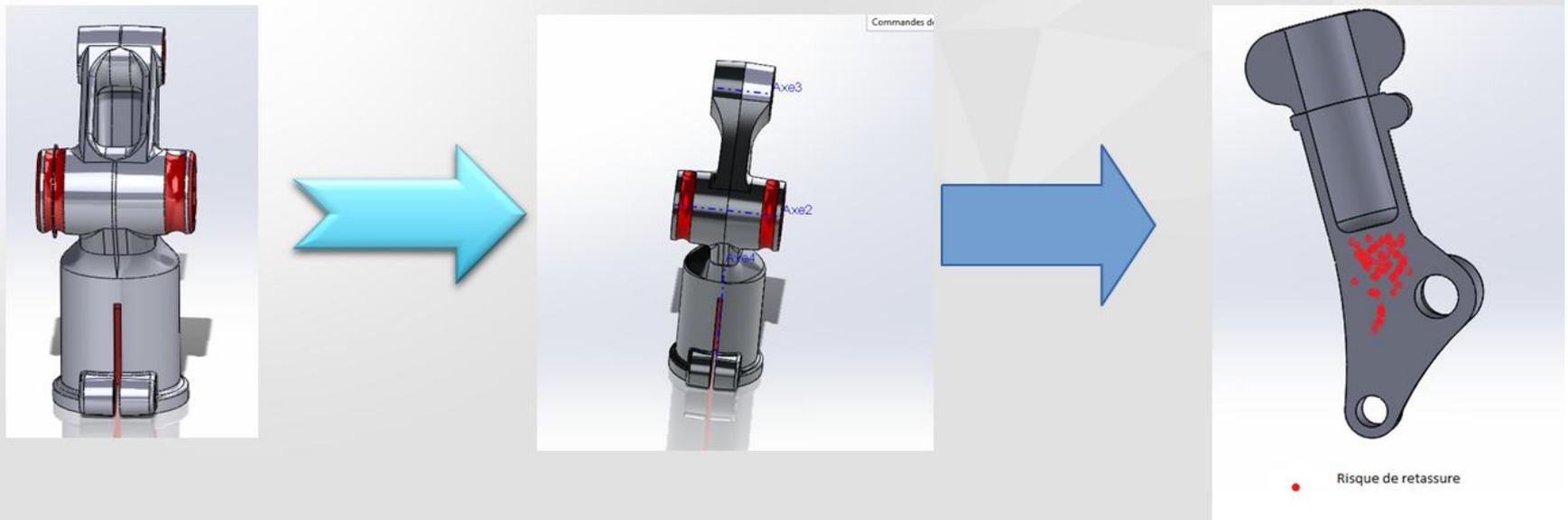
Projet B



2018
 Deux groupes d'étudiants du lycée Camus CPI, lycée Fays CPRP et lycée Guimard Fonderie, vont travailler sur l'amélioration des pièces moulées du genou lors du projet collaboratif

Projet B

Evolution de la géométrie



Réalisé par les BTS Fonderie
Lycée H Guimard 2017

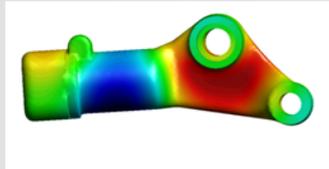
Projet B

Simulation de Fonderie

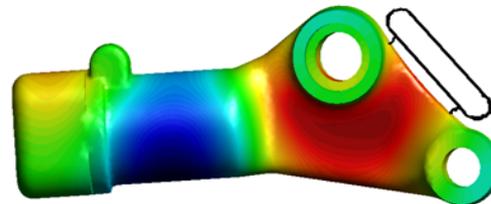
L'écoulement de l'alliage dans la pièce .



Température de la pièce .



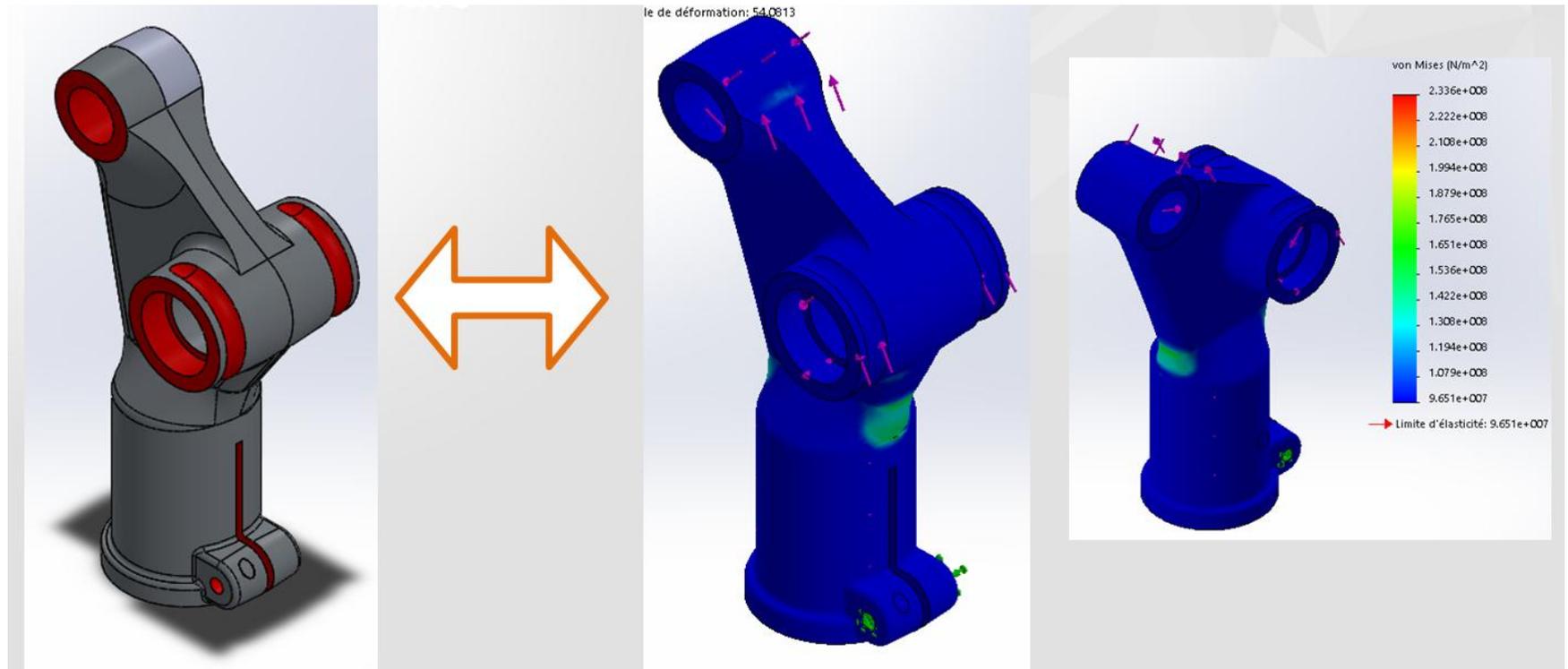
Fraction liquide



Solution

Réalisé par les BTS Fonderie
Lycée H. Guimard 2017

Projet B Simulation des contraintes mécaniques



Réalisé par les BTS Fonderie
Lycée H. Guimard 2017

Projet B

Réalisation du prototype V2

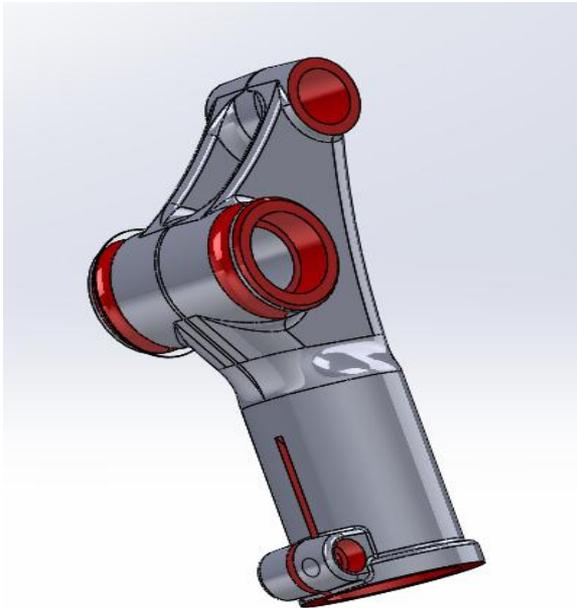


Réalisé par les BTS Fonderie
Lycée H. Guimard 2018



Projet de coopération technologique en réseau LPO H Guimard avril 2019

Projet B Etude de la réalisation



1- Repérage des surfaces à usiner

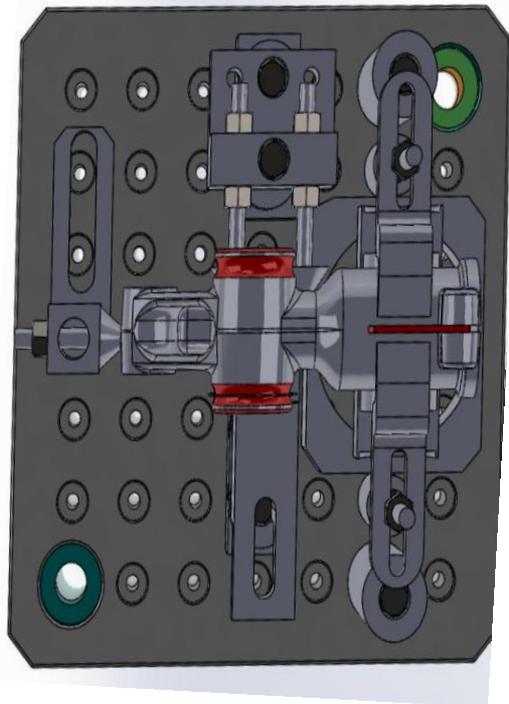
Réalisé par les BTS CPRP
Lycée Frédéric FAYS
2018/19

AVANT PROJET D'ETUDE DE FABRICATION

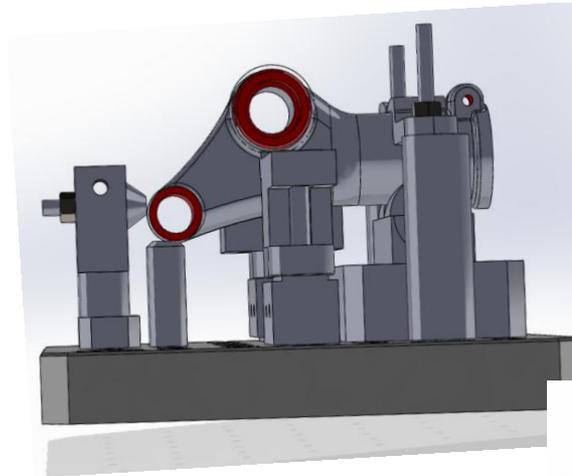
Phase, Sousphases, Machine Isostatisme Opérations	Outils	Schémas
<p>100 BRUT DE FONDERIE</p>		
<p>200 CUH 3 AXES LINEAIRE ANNULAIRE RECTILIGNE PONCTUEL</p> <p>SURFACAGE PL1 PL2 PERCAGE CONTOURNAGE A1 FI PASSAGE ALESOIR A1 CONTOURNAGE LA1 EB CONTOURNAGE LA1 FI POINTAGE PE1 PERCAGE PE1 TARAUDAGE PE1 RAINURE R1 CONTOURNAGE X1</p>	<p>Fraise 2T PLQ ø40 Foret ø14 Fraise 2T ø10 Alésoir ø15H7 Fraise 2T ø16 Fraise 2T ø16 Foret à PNT ø10 Foret ø4.2 Taraud M5 Fraise scie ø100 Fraise boule ø8</p>	
<p>ROTATION 90°</p> <p>SURFACAGE PL7 CONTOURNAGE A2 EB CONTOURNAGE A2 FI</p>	<p>Fraise 2T PLQ ø40 Fraise 2T ø 20 Fraise 2T ø 20</p>	
<p>ROTATION 180°</p> <p>SURFACAGE PL4 PL5 CONTOURNAGE LA3 EB CONTOURNAGE LA3 FI POINTAGE PE2 PERCAGE PE2 CONTOURNAGE LA4 CONTOURNAGE X2</p>	<p>Fraise 2T PLQ ø40 Fraise 2T ø15 Fraise 2T ø10 Foret à P ø10 Foret ø5.5 Fraise 2T ø9 Fraise boule ø8</p>	

2- Ordre chronologique des opérations d'usinages

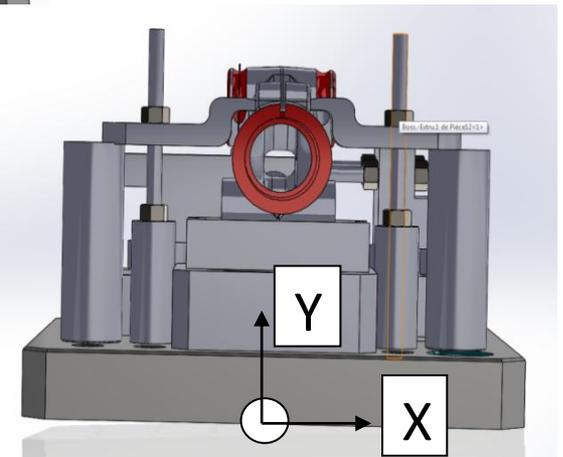
Projet B Conception du montage d'usinage



1- Mise en position de la pièce



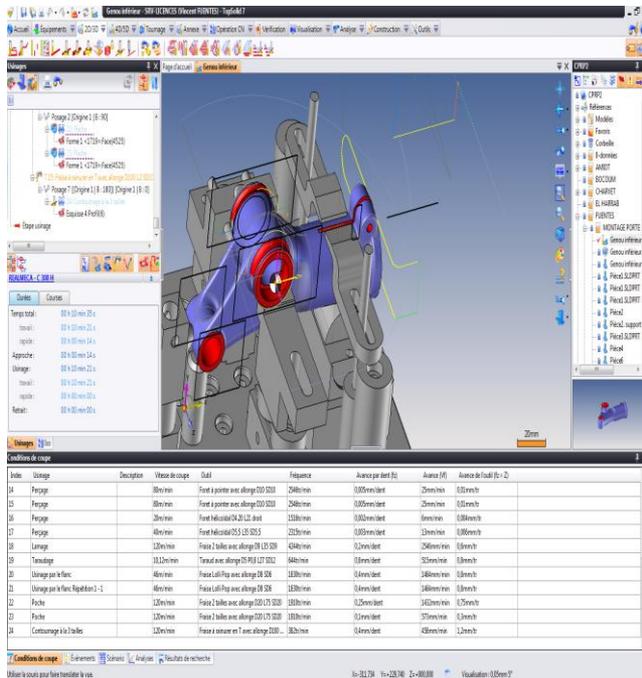
2- Bridages



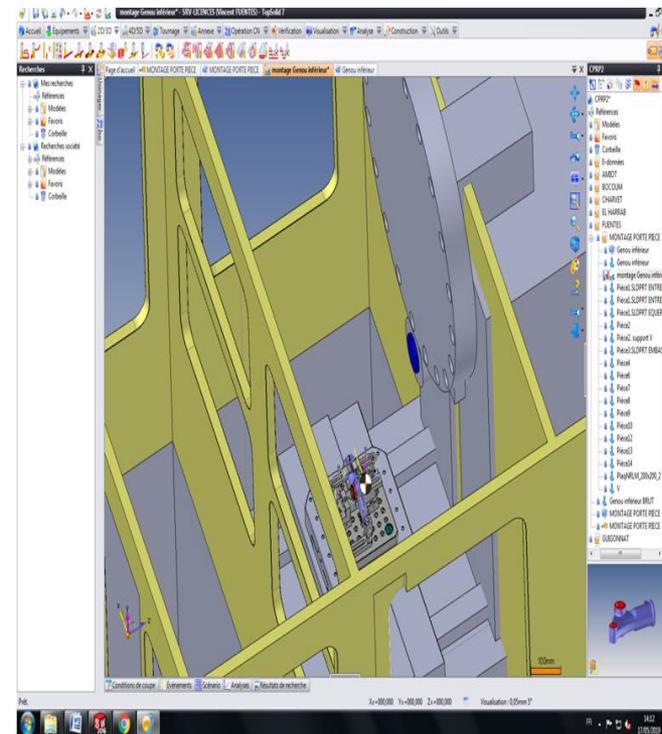
3- Origine du Porte Pièce

Réalisé par les BTS CPRP
Lycée Frédéric FAYS
2018/19

Projet B Utilisation de la Fabrication Assistée par Ordinateur FAO



1- Réalisation du programme d'usinage en FAO



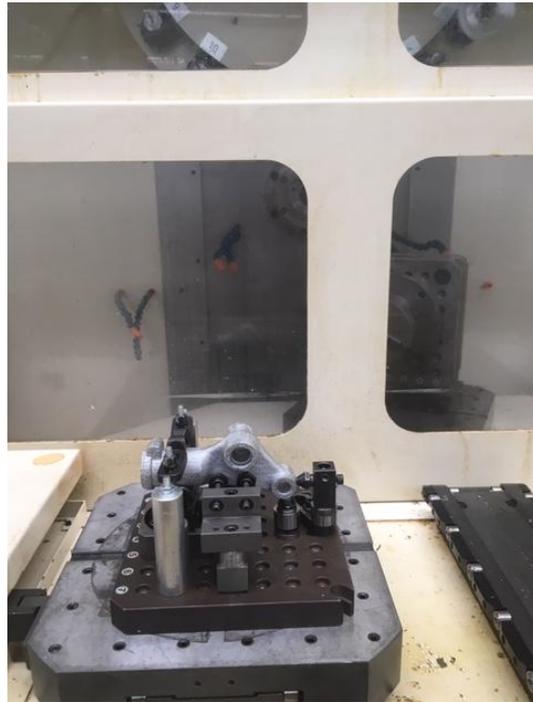
2- Simulation virtuelle des usinages

Réalisé par les BTS CPRP
Lycée Frédéric FAYS
2018/19

Projet B Réalisation et Contrôle



1- Mesure des outils
sur un banc de préréglage



2- Usinage des pièces
sur un CUH

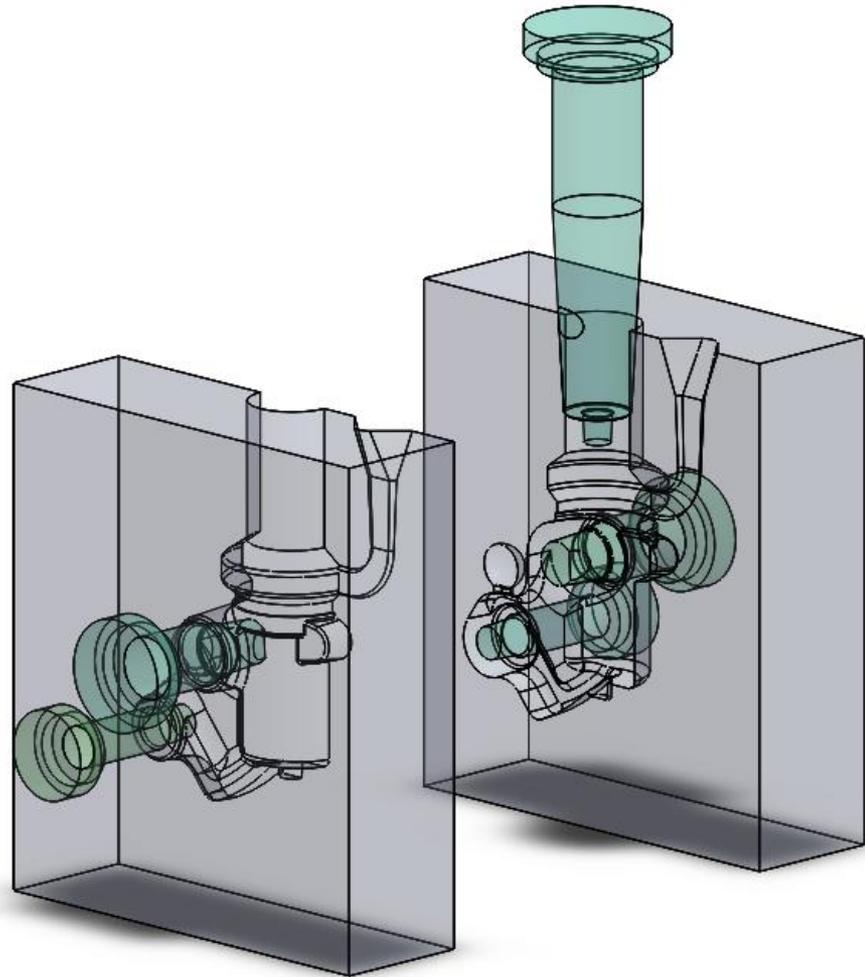


3- Contrôle des pièces
sur MMT

*Réalisé par les BTS CPRP
Lycée Frédéric FAYS
2018/19*

Projet B Finalisation du projet

Réalisation
des moules
métalliques
pour la
fabrication
des pièces
en série.
2019/2020



Acteurs des projets A & B

Alice et Cécile étudiantes BTS Fonderie Lycée H GUIMARD
Stéphane, Amadou, Vincent, Frédéric étudiants BTS CPRP F. FAYS
Laétitia, Habib, Rémi et Frédéric étudiants BTS CPI Lycée A. CAMUS
Les Élèves des sections de baccalauréats professionnels
des lycées GUIMARD, FOREST et CARRIAT

Enseignants :

JP.TURREL, F. LANICOT & R. PAILLE Lycée H. Guimard
R. DESCHANDOL, D. FRESSARD, D. LOCATELLI, E. PROST Lycée A. Camus
M. GICLET Lycée JM Carriat
M. GAZON & M. RAHIBI Lycée F. Faÿs
M. BAYARD & M. CATTIN Lycée F. Forest
M. COPIN Handicap International

Logistique

Jean Pascal KAPLINSKY & Jean Michel GAREL Inspecteurs
Jean Claude VEBRET AFDET
Lionel BARRIQUANT DDF Lycée H. Guimard
Aurore DUPONT DDF Lycée A. Camus
Daniel BELOQUI DDF Lycée F. Faÿs
Chrystelle GRATALOUP DDF Lycée F. Forest
Alain DARMEDRU DDF Lycée J-M Carriat

Rédaction

Lydia ADVENIER Provisseure Lycée H. Guimard