

## Virtuell Produktionsplanering

BERGMAN EDVIN  
HALL SIMON  
HENRIKSSON JENS  
KILSMARK LISA  
MATTSSON DAVID  
OLSSON PAMELINA

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling  
*Avdelningen för Produktionssystem*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2013  
Kandidatarbete PPUX03-13-14



## Abstract

In the master course Virtual Process Planning, the software DELMIA is used as a tool for simulation and analysis of production planning. An element in the course is for the participants to familiarize themselves with the software through computer labs, and obtain in-depth knowledge on the subject of virtual process and production planning. In evaluations of the course and the material used in it, it has been revealed that the material for DELMIA is not on a desirable level, and that the material should be revised. The criticism highlights problems with user understandability, the layout of the material, and the lack of connection to a relatable environment. The goal of the project is to develop shorter, more concise and more easily followed instructions for the course with a clear connection to a real case. To achieve these goals, the group investigates the potential for improvement further. The information needed in this investigation is collected through a supplementary questionnaire to students who participated in the said course, this spring (2013).

At the Department of Product and Production Development (PPU), there is a laboratory called Production Systems Laboratory (PSL). PSL consists of a production line with three cells. One of these cells is called *Low level of automation*. In this cell the transmission gear of the miniature car, the line is made to produce is assembled. By relating the new lab material to this environment and the processes in PSL, the group is hoping to make it easier for the participants of the course to relate to the material in the labs.

In order to familiarize themselves with the program DELMIA, the group goes through the existing labs. A list of the most essential elements of the lab material is made. This list is later used as a guideline for what the new material will consist of.

A list of all the items that exist within the PSL is constructed. The group then maps out which of these items already are represented virtually, and which of these need to be constructed in the software CATIA. A new version of the environment of PSL is then constructed virtually, along with the processes and operations within the cell *Low level of automation*. The new lab material is created with respect to this new setting, and the elements of the real cell. Elements that are not considered relevant by the group are removed to simplify the virtual representation, while essential elements are reworked to fit this new situation.

A film showing a simulation of the workflow in PSL, with focus on the cell in question is produced in DELMIA. The purpose of the film is to make the lab assignment more interesting, and to clarify the potential of production planning.

Through out the design process of the new lab, the group continuously tests it in order to ensure that it is adequate and at a satisfactory level.

The result of the work the group put in to the project is a new lab series that has a distinct connection to the physical environment of PSL, with elements that are straightforward, and motivated. This is also reinforced by the film that the group created, that shows the process in PSL. The new lab material is compatible with DELMIA and CATIA version 5.



## Sammanfattning

I masterkursen *Virtual process planning* används idag programmet DELMIA som ett verktyg för simulering och analys av produktionsplanering. Ett delmoment i kursen är att deltagarna skall genomföra datorlaborationer för att bekanta sig med DELMIA. Idag används laborationsmaterial från Dassault Systèmes, skaparen av DELMIA. Genom dessa laborationer ska deltagarna få en djupare förståelse för virtuell produktionsplanering.

I utvärderingar av kursen och dess material har det framkommit att laborationerna inte är på en helt önskvärd nivå, och att materialet bör omarbetas. Kritiken som riktas mot att använda sig av detta material handlar om uppgiftsförståelsen, uppbyggnad av laborationsmaterialet, och avsaknad av koppling till en relaterbar miljö. Kandidatgruppen har som mål att arbeta fram kortare, mer koncisa och lättföljda instruktioner till laborationerna som även har en tydlig koppling till ett verkligt exempel. För att nå dessa mål undersöker gruppen ytterligare var förbättringspotentialen för materialet finns, genom en kompletterande enkät till studenter som deltagit i den nämnda kursen, 2013.

På institutionen för produkt och produktionsutveckling (PPU), finns det så kallade *Production systems laboratory*, hädanefter kallat PSL. PSL består av en produktionslina med tre celler, varav en av dessa celler heter *Low level of automation*. Denna cell behandlar bland annat montering av en växellåda till den miniatyr-bil som hela linan är tillverkad för att kunna producera. Genom att tydligt knyta an till det fysiska materialet i PSL, och applicera uppgiften på denna miljö, hoppas kandidatgruppen öka relaterbarheten i laborationerna.

Gruppen går igenom de befintliga laborationerna, för att sätta sig in i programmet DELMIA. En lista över de väsentliga momenten i laborationsmaterialet görs, för att sedan använda som mall i uppbyggnaden av de nya laborationsuppgifterna, som kandidatgruppen ska ta fram.

Det görs en kartläggning av det material som redan finns representerat virtuellt och det som behöver konstrueras i programmet CATIA. Miljön i PSL byggs upp tillsammans med de processer och moment som ingår i cellen *Low level of automation*. Laborationsmaterialet utformas sedan med avseende på denna nya miljö, samt moment i den verkliga cellen. Moment som inte anses relevanta tas bort, medan de väsentliga momenten omarbetas för att passa på den nya situationen.

För att väcka intresse hos kursdeltagarna samt förtydliga möjligheterna med virtuell produktionsplanering producerar gruppen även en film gjord i DELMIA. Filmen visar PSL-labbets arbetsgång virtuellt programmerat, också i detta steg ligger fokus på det som händer i cellen *Low level of automation*.

Under tiden som laborationsuppgifterna utformas, testas de även kontinuerligt av gruppen för att säkerställa att det uppnår en önskvärd nivå.

Resultatet är en laborationsserie som har tydligt koppling till det fysiska PSL, där alla moment är motiverade och processen tydlig att följa. Detta förstärks även med hjälp av filmen som visar processen i PSL. Laborationsmaterialet är kompatibelt med DELMIA och CATIA version 5.

## Ordlista

**3D-modell** En modell av en produkt som finns virtuellt

**CAD** Computer Aided Design

**CAD-program** Program där du modellerar produkter. Exempelvis CATIA

**CAM** Computer Aided Manufacturing

**CATIA** Avancerat CAD-program för att modulera produkter i en 3D-värld

**DELMIA** Program för att analysera produktionsflöden med mera

**PSL** Production Systems Laboratory

**PPU** Produkt- och produktionsutveckling

**VirtualDub** Ett gratisprogram för att skapa filmer av bilder.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Projektets förutsättningar och bakgrund</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Syfte</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Problemformulering</b>	<b>5</b>
3.1	Problemformulering . . . . .	5
3.2	Avgränsningar . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Teori</b>	<b>6</b>
4.1	CATIA . . . . .	6
4.2	DELMIA . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Metod</b>	<b>7</b>
5.1	Uppdelning av arbetsuppgifter . . . . .	7
5.2	Modellering av PSL . . . . .	7
5.3	Modellering av Växellådan . . . . .	7
5.4	Filstruktur . . . . .	7
5.5	Montering av växellådan . . . . .	8
5.6	Filmen, en simulering i DELMIA . . . . .	8
5.7	Enkät . . . . .	9
5.8	Utvärdering av befintligt material . . . . .	9
5.9	Skapande av nytt laborationsmaterial . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Resultat</b>	<b>10</b>
6.1	Enkät . . . . .	10
6.2	Laborationsmaterialet . . . . .	10
6.2.1	Laboration 1 . . . . .	10
6.2.2	Laboration 2 . . . . .	11
6.2.3	Laboration 3 . . . . .	11
6.2.4	Laboration 4 . . . . .	11
6.2.5	Laboration 5 . . . . .	11
6.3	CAD-filerna . . . . .	12
6.3.1	PSL . . . . .	12
6.3.2	Växellåda . . . . .	12
6.4	Filstruktur . . . . .	12
6.5	Filmen . . . . .	12
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>14</b>
7.1	Diskussion . . . . .	14
7.1.1	Enkät . . . . .	14
7.1.2	Det nya laborationsmaterialet . . . . .	14
7.1.3	Val av moment . . . . .	14

7.1.4	Varför PSL och växellåda? . . . . .	15
7.1.5	Filstruktur . . . . .	15
7.1.6	Tidsaspekt . . . . .	15
7.1.7	Filmen . . . . .	16
7.2	Rekommendationer . . . . .	16
<b>8</b>	<b>Källförteckning</b>	<b>17</b>
<b>A</b>	<b>Enkät</b>	<b>19</b>
<b>B</b>	<b>Enkät svar</b>	<b>20</b>
<b>C</b>	<b>Kursutvärdering 2012</b>	<b>22</b>
<b>D</b>	<b>Laboration 1</b>	<b>23</b>
<b>E</b>	<b>Växellådan</b>	<b>28</b>
<b>F</b>	<b>PSL</b>	<b>30</b>



# 1 Projektets förutsättningar och bakgrund

Under 1900-talets gång har den massproducerande industrin genomgått en rejäl omstrukturering. I början fanns en närmast omättligen marknad och framgång mättes i förmåga att producera så stora mängder varor på så kort tid som möjligt. Den fria marknaden gjorde att fler och fler företag startades vilket skapade en ny konkurrenssituation, kunderna hade helt plötsligt flera källor att köpa samma produkt från. Detta medförde att producerande företag var tvungna att se till marknadens önskemål och preferenser för att bli framgångsrika och skapa en stor kundkrets. De var tvungna att locka kunderna att köpa deras produkter och detta skedde dels genom sänkta priser. Det blev även viktigare att hålla en högre kvalitet än konkurrenterna. Företagen blev även tvungna att hålla större variantsortiment då kunderna blev allt mer kräsna och ville specificera sina inköp mer. Viktigt för företagen var att hålla korta ledtider och minimera förluster. Mycket pengar lades således på produktutveckling och nya projekt.

Här kommer produktionsplaneringen in i bilden. Kund- och kvalitetsundersökningar samt produktutveckling och lansering av nya produkter innebär höga kostnader. Det är alltså önskvärt att minska dessa kostnader så mycket som möjligt. (Hågeryd, Lennart et al., 2005) Med en väl genomförd produktionsplanering kan företagen kontrollera att tillverkningen klarar av att framställa produkterna enligt tidigare ställda krav och mål. (Hågeryd, Lennart et al., 2002) I och med produktionsplanering kontrolleras att produkter går att montera som det är tänkt och samtidigt ges en överblick över hur produktionsflödet bör designas på bästa sätt. Detta medför att eventuella fel eller problem i design, flöde eller produktlayout kan åtgärdas redan innan arbetet med fysiska prototyper börjat och på så sätt undvika väldigt stora kostnader. (Hågeryd, Lennart et al., 2002) Dessa kostnader uppstår främst i ett senare skede av en utvecklingsprocess då fysiska tester på prototyper genomförs. Om det i början av arbetet istället genomförs utförliga simuleringar kan ändringar göras i ett tidigt skede och det fysiska testandet kan minimeras, detta för att hålla kostnaderna så låga som möjligt. I dagens samhälle finns teknologin att tillgå för att göra dessa simuleringar virtuellt och rådande trenden inom produktionsindustrin är att mer tid läggs på simulation istället för testande, se Figur 1.

Det är inte bara ekonomiskt vinnbart att satsa på produktionsplanering utan även en vinst för miljön. Genom att minska kostnaderna brukar en direkt följd vara att materialåtgången minskas. Ett välplanerat produktionssystem är även effektivt på att ta vara på sin energi. Detta genom att bland annat veta exakt hur mycket som krävs och när det behövs för att producera vissa produkter. Samtidigt kan logistiken följas och planeras bättre genom att hela produktionen är välplanerad. Detta gör produktionsplanering till ett av många viktiga verktyg som hjälper till att skapa en hållbar utveckling.

Företag använder så kallade CAD-program (*Computer Aided Design*) för att konstruera och simulera produkter och produktionssystem. Denna metod kan appliceras på olika skalor, seriestorlekar och olika typer av industrier. CAD-programmen gör det möjligt att virtuellt skapa 3D-modeller som kan användas som underlag för ritningar, beredning, analys och simulering. (Dassault Systèmes, 2013a)

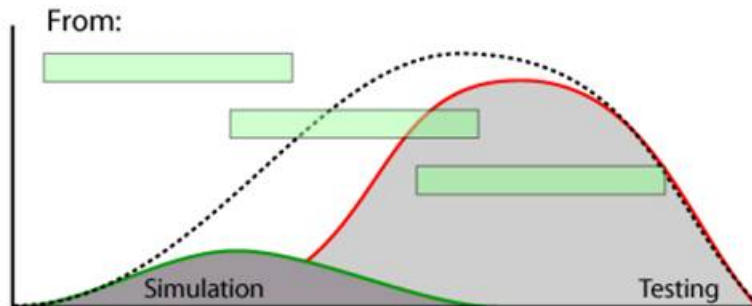
Inom virtuell produktionsplanering används CAD-program. På Chalmers finns en kurs som heter *Virtual process planning* där DELMIA används. Det är ett program där det är möjligt att bygga upp monteringslinor och simulera produktionsflöden. (Dassault Systèmes, 2013b) DELMIA är ett systerprogram till programmet CATIA som används för att modellera detaljer i en 3D-värld. Detaljerna som används i DELMIA skapas i

CATIA. Det är dessa två CAD-program som kommer användas i projektet.

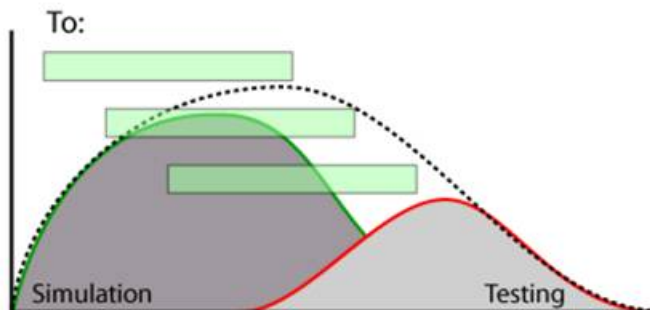
## The simulation technique changes the developing process



Real world



Virtual world



Figur 1: Övre diagrammet visar hur arbetet fördelas över tid i en verklig fabrik och det undre visar hur det ser ut om arbetet sker virtuellt. (Klintstam, Per, 2012)

På institutionen *Produkt- och produktionsutveckling* (PPU) på Chalmers tekniska högskola finns en produktionslina. Produktionslinan består av ett löpande band med manuella monteringsstationer och stationära robotar som monterar ihop en produkt. Denna lina används i ett flertal kurser, bland annat för att simulera produktions- och monteringsflöden. Laborationssalen där linan är uppbyggd heter *Production Systems Laboratory*, hädanefter kallat PSL. Produktionslinan är uppdelad i tre celler: *Low*, *Mixed* och *High level of automation*, fokus kommer här ligga på den manuella monteringen i den första cellen. Det som monteras där är en växellåda av legobitar (se bilaga E). Denna transporteras sedan in i nästa cell där den placeras i chassit till en miniatyrbil och till sist transporteras hela chassit vidare till den sista cellen där robotarmar monterar väggar och tak på bilen.

I kursen *Virtual process planning* som nämndes ovan används idag en serie datorlaborationer utvecklade av Dassault systèmes, företaget som skapat DELMIA och CATIA. I laborationsmaterialet beskrivs flera grundläggande funktioner som sedan appliceras i ett projekt där uppgiften är att montera ihop en gräsklipparmotor. Kandidatgruppen har av institutionen ombetts att skapa en serie nya laborationer som skall knyta an till utrustningen i den fysiska produktionslinan i PSL. Detta för att skapa en djupare förståelse

för hur användbart det är att virtuellt kunna simulera produktionslinor.

Det har förekommit kritik gentemot de gamla laborationerna så kandidatgruppen fick därför ta del av föregående års kursutvärdering av *Virtual process planning*, detta för att se vad som kunde förbättras och vad som kunde tas bort helt. Resultatet blev utgångspunkten för gruppens arbete, kursutvärderingen finns bifogad som bilaga C.

## 2 Syfte

I masterkursen *Virtual process planning* används idag programmet DELMIA för att simulera och analysera produktionsplanering. I kursen får deltagarna genomföra en serie datorlaborationer för att lära sig programmet och inse värdet av virtuell produktionsplanering. I kursutvärderingen från år 2012 framgår det att kursmaterialet upplevs som otydligt och att kursdeltagarna inte har fått en klar bild av vad som förväntas av dem. Det har även påpekats att instruktionerna i laborationsmaterialet upplevts som allt för ledande och repetitiva. Laborationerna beskriver först ett moment steg för steg för att sedan i detalj instruera hur momentet kan tillämpas på en produkt. Detta följs slutligen upp av ytterligare en uppgift där samtliga steg i momentet än en gång repeteras. Kandidatgruppen har som mål att arbeta fram korta, koncisa och mer lättföljda instruktioner till laborationerna. För att kunna nå dessa mål måste gruppen undersöka var förbättringspotentialen för materialet finns och vad som bör bevaras. Eftersom masterkursen och dess undervisningsmaterial är på engelska kommer även det nya laborationsmaterialet vara på engelska.

Som tidigare nämnts är PSL en tillgång som ger en god möjlighet att skapa en djupare förståelse för hur man kan använda produktionsplanering och vikten av att arbeta med detta. De befintliga laborationsmaterialet utnyttjar inte denna tillgång. Syftet med kandidatgruppens arbete är att skapa datorlaborationer som ger utövaren en ökad kunskap inom virtuell produktionsplanering. Laborationerna kopplas till verkligheten då de bygger på CAD-filer av PSL.

För att få laborationerna att knytas ihop med PSL krävs att nya CAD-modeller tas fram av arbetsstationen och växellådans alla delar. Innan kandidatarbetet startades var strukturen hos de befintliga CAD-filerna svårorienterad. För att underlätta för studenterna kommer gruppen skapa en ny filstruktur för de modeller som skall användas i det nya laborationsmaterialet.

För att visa möjligheterna och väcka intresse med virtuell produktionsplanering skall gruppen även producera en film gjord i DELMIA. Denna kommer visa arbetsgången i PSL virtuellt, med fokus på det som händer i cellen *Low level of automation*. Filmen skall visa montering av växellådan i cellen. Denna film är tänkt att visas i anslutning till laborationerna för att studenterna skall få en uppfattning av vad laborationsserien kommer att resultera i.

För att kunna genomföra kandidatarbetet krävs att kandidatgruppen har goda kunskaper inom CATIA och DELMIA. CATIA används i ett antal kurser på Chalmers varpå grundkompetens inom CATIA finns i gruppen, dock kommer djupare kunskaper krävas. DELMIA är ett för gruppen tidigare okänt program där kandidatgruppen kommer närvara på föreläsningar om programmet samt ha tillgång till tidigare laborationer för att lära sig.

Sammanfattningsvis går syftet att dela upp i tre huvudsyften:

- Undersöka var förbättringspotentialen för materialet finns och vad som bör bevaras.
- Att skapa datorlaborationer som ger utövaren en ökad kunskap inom virtuell produktionsplanering.
- Att skapa en film gjord i DELMIA som visar möjligheterna och väcker intresse för virtuell produktionsplanering

## 3 Problemformulering

### 3.1 Problemformulering

I dagsläget används en befintlig serie laborationsuppgifter som utvecklats av Dassault Systèmes. Huvuduppgiften i projektet är att utveckla nytt laborationsmaterial med en tydlig koppling till utrustningen i PSL. Genom kopplingen till verkligheten, och mer handfasta exempel i laborationerna, ska kursdeltagarna få en djupare förståelse för programmets potential.

För att få ytterligare insikt i vad som kunde förbättras i laborationsserien genomfördes en egen undersökning där gruppen gjorde en enkät som 2013 års kursdeltagare fick besvara. I enkäten behandlades bland annat frågor om instruktionerna var lätta att följa, om de gav en klar bild av vad som skulle behandlas i laborationen och om laborationerna gav en tillfredställande kunskapsnivå för framtida bruk av DELMIA. Frågorna berörde även huruvida de viktigaste delarna av programmet behandlades i materialet, om det var något som behövde mer eller mindre fokus eller om något behövde göras om helt. Vidare efterfrågades vilka moment som bör finnas kvar till den nya uppsättningen av laborationsserien. Enkäten finns bifogad som bilaga A.

Ett moment i projektet är att utforma laborationsserien på ett pedagogiskt sätt, som fångar utövarens intresse, samtidigt som den lär ut grundläggande funktioner och operationer i DELMIA. I detta moment ingår både att utveckla innehållet i laborationerna, samt att utforma instruktioner till varje laboration på ett strukturerat sätt som underlättar inläring för kursdeltagarna. Laborationerna kommer att vara baserade på cellen *Low level of automation* i PSL.

För att få en bra struktur på laborationerna krävs att filerna är lättåtkomliga och finns på samma ställe. De modeller som saknas konstrueras och samtliga filer struktureras i ett tydligt och lättförståeligt system. Detta sparar tid för kursdeltagarna då de slipper leta efter filer.

Ett annat moment i projektet är att med hjälp av en film demonstrera hur montering i PSL kan se ut i DELMIA. Denna skall visas för kursdeltagarna i syfte att ge djupare förståelse inför uppgiften. Filmen återspeglar arbetsprocessen i det fysiska labbet och har även som syfte att väcka ytterligare intresse hos kursdeltagarna.

För att kunna utforma laborationsuppgiften på ett sätt som uppfyller ovanstående krav, måste projektgruppen vara insatt i hur programmet DELMIA fungerar. Detta kommer åstadkommas genom deltagande på ett antal föreläsningar om programmet, samt genomgång av befintligt laborationsmaterial.

### 3.2 Avgränsningar

En tillfredställande nivå av pedagogik anses säkerställas genom tester av laborationsmaterialet. Projektet kommer inte kunna verifiera att en högre nivå av pedagogik uppnås.

Fokus i arbetet kommer att ligga på att få fram laborationsmaterial för den manuella delen i PSL, cell 1: *Low level of automation*. Detta dels för att tiden inte räcker till för att modellera upp och göra laborationer till hela PSL och dels för att detta är den del av processen som är mest relevant i utbildningssyfte för institutionen för Produkt- och produktionsutveckling.

## 4 Teori

### 4.1 CATIA

CATIA, *Computer Aided Threedimensional Interactive Application*, introducerades 1980 på marknaden och fick fort uppmärksamhet av både flyg- och bilindustrin. CATIA är ett programpaket för utveckling av CAD/CAM-produkter, där man bygger upp prototyper virtuellt. I programmet analyseras och simuleras prototyper för att verifiera designval och funktionsval på alla delar i konstruktionen. Dagens utveckling av nya produkter är komplex eftersom produkterna är utformade för väldigt varierande ändamål. Detta har lett till att CATIAs metoder för enkel uppbyggnad av 3D-modeller och digitala analyser blivit mycket populära.

CATIAs flexibilitet gör det möjligt att skapa vilken 3D-modell som helst. Dessa modeller kan sedan ligga till grund för olika sorters maskintekniska processer såsom smidning, maskinbearbetning och gjutningsprocesser. CATIA är ett verktyg som kan användas för att till exempel kontrollera toleranser och göra kollisionsanalyser. Analyserna gör det möjligt kontrollera produkten innan tillverkning. (Dassault Systèmes, 2013a)

### 4.2 DELMIA

DELMIA, *Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application*, är ett systerprogram till CATIA som båda är en del av Dassault Systèmes produktportfölj. DELMIA är ett program som ger stöd att modulera och planera en industriell tillverkning. Programmet ger fullgoda simulationer och produktionsplaneringar virtuellt för att ge en överblick om blivande produktionsprocesser.

För att använda DELMIA krävs att virtuella produkter och layouts redan finns uppyggda i CATIA. Dessa används för att simulera produktionssystem i DELMIA. Genom att analysera produktionssystemen kan problem på konstruktionen förutses, vilket ger en tidig möjlighet att korrigera dessa. Detta ger en högre säkerhet när konstruktionen går ut i produktion. (Dassault Systèmes, 2013b)

## 5 Metod

### 5.1 Uppdelning av arbetsuppgifter

Till en början studerades de befintliga laborationerna för att få grundläggande kunskaper om hur DELMIA kan användas. När kandidatgruppen fick en bild av hur programmet och kursmaterialet fungerade planerades det resterande arbetet. Kandidatgruppen delades in i två ansvarsgrupper. Den första hade främst ansvar för arbetet som utfördes i DELMIA och CATIA. Till en början bestod det av att inventera vad som fanns i form av CAD-filer samt vad som behövde mätas upp och sedan skapas i CATIA. Därefter gick arbetet över till att skapa miljön och processerna i DELMIA. Den andra gruppen ansvarade för texten i det nya labbmaterialet. Till detta hörde också insamling och analys av studenternas åsikter. Gruppen gick igenom och analyserade det befintliga laborationsmaterialet samt bestämde uppbyggnad och struktur för det nya. Det var också denna grupp som till en början hade ansvar för att skapa det första utkastet till rapporten. De två grupperna arbetade parallellt men med mycket kontakt sinsemellan för att skapa det slutgiltiga laborationsmaterialet. Rapporten reviderades och sammanställdes slutligen av hela gruppen.

### 5.2 Modellering av PSL

Kandidatgruppen hade vid projektets start tillgång till stora delar av PSL modellerat i CATIA. Detta användes som utgångspunkt för att rekonstruera PSL virtuellt. Vissa delar plockades bort för att ge en tydligare bild av cellen *Low level of automation*, kring vilken arbetet skulle fokuseras. Därefter jämfördes modellen med verkligheten, se bilaga F. Bland annat saknades en ställning med förvaringslådor för material (lego). Mått togs från den verkliga ställningen för att sedan kunna modellera upp den. Sist lades CAD-produkten av ställningen in i CAD-filen av PSL.

### 5.3 Modellering av Växellådan

Den del av PSL som kandidatarbetet hade i uppgift att simulera var den som berörde monteringen av en växellåda i lego. CAD-modellen av växellådan togs fram genom att studera den verkliga växellådan. Måtten för de olika delarna hämtades med hjälp av standardiserade mått för legobitar (Cailliau, Robert, 2013). Måtten kunde även verifieras genom mätningar av den verkliga produkten, se figur 4, bilaga E. Allt eftersom delarna blev klara sparades dessa som CAD-parts. När alla delar skapats, sammanfogades dessa till en CAD-produkt, se figur 5, bilaga E. CAD-produkten importerades slutligen till DELMIA.

### 5.4 Filstruktur

CAD-products och CAD-parts, som skapades när växellådan och PSL modellerades, sparades i kandidatgruppens egna mapp. När alla CAD-filer var klara flyttades de till den redan existerade mappen för PSL, vid namn *CAD of PSL* (PSL, 2013). Detta skapade en del fel med referenserna hos CAD-products som uppstår när filer flyttas runt, vilket gör att de får sina länkar ändrade. CAD-products försöker då länka till CAD-parts som inte finns där de ursprungligen fanns. De fel som uppstod vid flytten korrigerades.

## 5.5 Montering av växellådan

När PSL och växellådan var uppbyggda och importerade till DELMIA var nästa steg att skapa förutsättningar för att simulera monteringen av växellådan. I det befintliga laborationsmaterialet fanns instruktioner för hur en monteringsprocess kan simuleras, men då implementerat på en annan produkt, som tidigare nämnts.

På institutionen PPU pågick flera kandidatarbeten med anknytning till PSL. I ett av dessa kandidatarbeten gjordes en tidsstudie av montering på stationen *Low level of automation*, den med växellådan. Tre medlemmar i kandidatgruppen deltog i denna studie för att på så vis prova på att montera växellådan på stationen. Vid tidsstudien användes en monteringsinstruktion för att instruera testpersonerna. Kandidatgruppen fick tillgång till denna samt en film som visade monteringen. Monteringsinstruktionen och filmen visade hur lego-bitarna skulle sitta ihop för att bilda en växellåda. Med detta som utgångspunkt kunde arbetet fortsätta på ett ännu mer välförankrat sätt.

## 5.6 Filmen, en simulering i DELMIA

Vid skapandet av en film i DELMIA, behövs först en simulering. En sådan skapas av användaren genom att ladda upp önskade objekt i programmet, och sedan tilldela dessa objekt rörelser. Objekten i detta fall var, som tidigare nämnts, av kandidatgruppen modellerade delar till en befintlig växellåda i lego. Rörelserna skapades med muspekaren och det var även nödvändigt att ta hjälp av ett koordinatsystem för att få precisa positioner på objekten. Rörelserna skapades utifrån de monteringsanvisningar till växellådan som tillhandahållits gruppen och återgavs sedan i en simulering. Antal rörelser och längden i tid hos varje rörelse bestämmer simuleringens längd. Banorna längs vilka objekten rörde sig var grönmarkerade och gömdes av estetiska skäl. Rörelserna och simuleringen gjordes med det virtuella PSL som miljö.

Funktionen "Video..." användes för att spela in den önskade simuleringen. Under inställningarna till denna funktion bestämdes bl.a. bakgrundsmiljön till inspelningen. Simuleringen spelades in i "document window" vilket innebär att samtliga ikoner och menyer på skärmen inte syns under inspelningen. Processtrådet gömdes även manuellt. Tilläggas bör att inspelningen även tar med åskådningsvyn i realtid under inspelning. Denna funktion användes med fördel för att belysa monteringsstationen och fokusera på växellådan.

Kvaliteten på filmen bestämdes även under inställningar genom att antal bilder per sekund valdes. Fler bilder per sekund ökar kvaliteten hos filmen, men ökar även filmens storlek. Formatet på inspelningen valdes till "still image capture". Med detta format sparas simuleringen i konsekutiva bilder. Det andra alternativet var att spela in filmen direkt i DELMIA. Denna metod provades och resultatet blev en film med låg kvalitet samt hack och fördröjningar i uppspelningen. Därför användes formatet "still image capture" där antal erhållna bilder blev längden på simuleringen i sekunder multiplicerat med det förinställda antalet bilder per sekund.

VirtualDub är ett program som kan konvertera en serie bilder till en spelfilm. Programmet är gratis och en snabbguide (Bentley, 2013) till hur detta kan användas tillhandahölls av handledare Jonatan Berglund. Följaktligen skapades filmen ur bilderna och justerades efter önskad hastighet.



## 5.7 Enkät

För att få en bättre bild av vad kursdeltagarna, som gick kursen 2013, tyckte behövde ändras, gjordes en kompletterande enkät som skickades ut. Enkäten ställde mer specifika frågor om vad som ansågs vara fel med det befintliga materialet, och vad som kunde behållas vid utvecklingen av nytt laborationsmaterial, se bilaga A. Informationen som samlades in togs i beaktning.

## 5.8 Utvärdering av befintligt material

Förstudier genomfördes av det befintliga laborationsmaterialet. Materialet analyserades och varje laborations innehåll dokumenterades. Därefter utvärderade gruppen de olika momenten utifrån vad tidigare studenter framfört. Det var även intressant för gruppen att fastställa vilka moment som kunde användas i monteringsprocessen för växellådan. En diskussion fördes kring hur det nya materialet kunde utformas efter de nya förutsättningarna. Med nya förutsättningar menas främst arbetsstationen som övergått från att i det befintliga materialet vara en enkel arbetsplats, till att i det nya materialet vara linan i PSL. Även bytet till en ny produkt förändrade förutsättningarna för utformandet av laborationsmaterialet.

Utvärderingen låg som grund för beslutsfattande om vilka moment som skulle behållas och vilka som kunde plockas bort. En lista fastställdes över viktiga moment som skulle ingå och hur de skulle fördelas på de olika laborationerna. Detta blev utgångspunkten för det fortsatta arbetet. En strukturmall skapades också för det nya materialet utifrån vad som framkommit i enkäten och kursutvärderingen. Denna mall behandlade laborationsmaterialets layout, Se exempel laboration 1 i bilaga D.

## 5.9 Skapande av nytt laborationsmaterial

Arbetet med framtagning av det nya laborationsmaterialet genomfördes i två steg. Det första steget var att skapa ett utkast. Detta gjordes i strukturmallen med hjälp av listan över de steg som skulle ingå i det nya materialet. Dessa steg beskriver hur momenten genomförs. Flera av stegen i det ursprungliga laborationsmaterialet följdes när det nya materialet togs fram. Instruktionerna skrevs om så att de blev kortare och tydligare. De modifierades också för att stämma överens med hur växellådan monteras.

När utkasterna var färdigställda gjordes en genomgång för att säkerställa att det inte fanns några skillnader vad gäller struktur i materialet. När skillnader upptäcktes diskuterades dessa med de andra utkastsförfattarna. Därefter ändrades alla labbar så att de hade samma struktur.

Det andra steget innebär att laborationsmaterialet skulle vidareutvecklas. Den grupp som byggt upp PSL i DELMIA gick igenom utkasterna av laborationerna för att se om dessa var lätta att följa och förstå. När gruppen gick igenom laborationerna kommunicerade de kontinuerligt med den i gruppen som skrivit respektive utkast. I utkasterna fanns anteckningar för var det var nödvändigt att komplettera med bilder och vad dessa bilder skulle innehålla. När utkasterna av laborationerna gick igenom kompletterades de med bilder och annat som saknades eller behövde ändras vad gäller text och layout.

## 6 Resultat

### 6.1 Enkät

Nio av femton studenter svarade på enkäten som skickades ut. Av svaren framkom att de flesta tyckte att det tidigare laborationsmaterialet gav tillräckliga kunskaper om hur DELMIA kan användas. Därför behölls större delen av innehållet i det tidigare materialet. Vad gällde strukturen var svaren blandade. 33% tyckte inte att materialet gav en bra bild av vad laborationerna skulle behandla innan de påbörjades. Kandidatarbetet lade således stor vikt vid att det nya materialet skulle ge en bra förståelse för vad som skulle hända i varje laboration. De flesta tyckte att materialet var lätt att följa men en del uttryckte att det var ostrukturerat och svårt att följa. Därför blev målsättningen att fler i framtiden ska tycka att materialet är lätt att följa. Fullständiga frågor och svar finns i bilaga B. Genom denna undersökning ansågs första delsyftet vara uppnått.

### 6.2 Laborationsmaterialet

Laborationsmaterialet som togs fram består av fem laborationer. Alla är skapade i Power Point och följer samma layout. Då kursen där materialet ska användas ges på engelska har också det nya materialet skrivits på engelska. De största skillnaderna från det gamla materialet är att produkten bytts ut mot en växellåda av lego, miljön har ändrats till PSL och att vissa moment valts bort. De moment som strukits är sådana som antingen varit överkurs eller inte ansetts tillföra monteringsprocessen något större värde och därför bedömts som irrelevanta för materialet. Hela sista laborationen i det gamla materialet togs därför bort. Andra moment som valdes bort var *create annotations*, *create text messages*, *create hyperlinks* från laboration 4. Från laboration 6 togs *create HTML-documentation* bort. Efter dessa ändringar slogs laboration 4 och 6 ihop till en och samma. Denna lades i slutet av serien.

Layouten som alla nya laborationer följer är uppdelad i steg. De är delmoment till slutresultatet av laborationen. Antalet steg varierar mellan tre och sex. I början av varje steg finns en inledning som berättar vad som kommer att behandlas. Inledningen innehåller också en översikt över alla steg i laborationen, deras namn samt vilket av dem som utövaren strax skall påbörja. Varje steg består av en numrerad genomgång av ett moment illustrerat med bilder. För att ge en bättre förståelse går de flesta av stegen först igenom ett moment för att sedan låta användaren applicera det på projektet med växellådan. Laboration 1 finns bifogad som bilaga D för att demonstrera layouten. Nedan följer en beskrivning av varje laboration och med dessa anses även det andra delsyftet vara uppnått.

#### 6.2.1 Laboration 1

Laborationen går igenom allt som behöver göras innan en process kan skapas. Det första steget är att ställa in de grundläggande alternativen för DELMIA så de passar den typ av process som senare skall skapas. Sedan ska en projektkatalog skapas, vilken innehåller alla produkter som ska användas i processen. Till detta hör arbetsstationen och växellådan. En katalog kan användas till flera liknande processer. För andra processer kan katalogen även innehålla verktyg.

För att kunna skapa en miljö i DELMIA behövs först ett golv. När golvet är på plats kan arbetsstationen byggas upp. Därefter kan produkten läggas in i miljön.

### **6.2.2 Laboration 2**

I den andra laborationen skapas själva processen, det vill säga grunden till det som sedan kommer bli rörelser. Det första steget är att skapa ett processbibliotek för de olika aktiviteterna som kommer användas. Därefter läggs aktiviteterna till i ett processträd, en aktivitet för varje rörelse som ska ske i simuleringen. När alla aktiviteter skapats ska de arrangeras i rätt ordning. Detta görs med hjälp av funktionen "Pert Chart". I funktionen länkas aktiviteterna med varandra i den ordning de ska äga rum. När det är färdigt avslutas funktionen vilket tar användaren tillbaka till processträdet. Därefter länkas aktiviteterna till de delar av produkten som varje aktivitet berör. Slutligen ska processen verifieras för att se så att den är fullständig, detta görs genom provkörning av laborationen.

### **6.2.3 Laboration 3**

Laborationen förklarar hur rörelser skapas i aktiviteterna samt hur de kan förändras och tas bort. När alla rörelser finns visas hur processen simuleras.

### **6.2.4 Laboration 4**

Denna laboration går igenom olika sätt att analysera en process på. Avsnittet behandlar sex olika analysmetoder. Den ena är en så kallad kollisionsanalys, vilken talar om ifall något krockar eller kolliderar under monteringen. En annan typ av analys kan användas för att mäta olika mått. Det är också möjligt att analysera detaljer i genomsärning vilket förklaras i laborationen. Vid en montering kan utrymmet mellan olika detaljer vara intressant. Därför kan analyser göras där minimalt avstånd anges för att sedan tala om ifall utrymmet mellan två detaljer är för litet under något skede av processen. Den avslutande metoden är lite annorlunda mot de andra då ett Gantt-schema används. Det skapas för att analysera ordningsföljden och monteringsstiden.

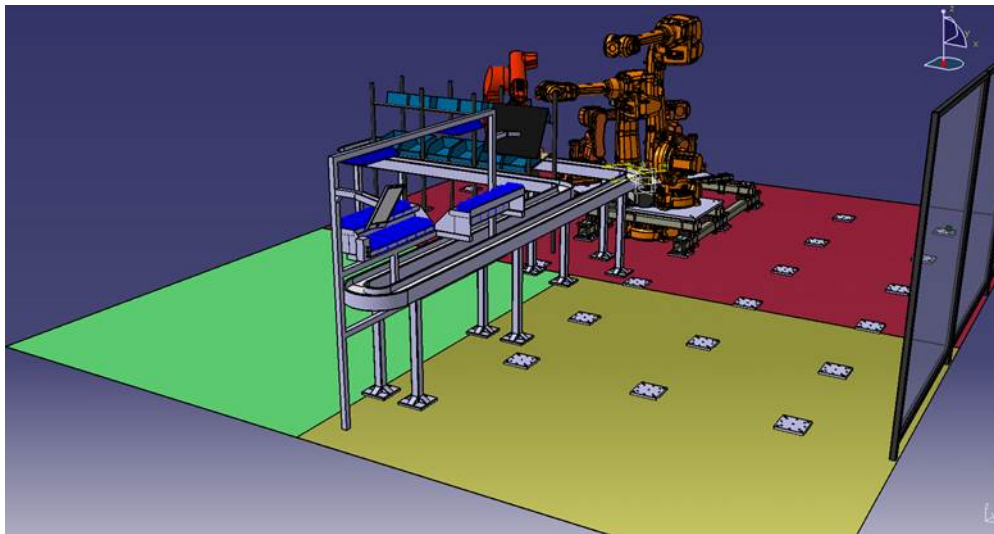
### **6.2.5 Laboration 5**

Den sista laborationen behandlar olika funktioner som är bra att använda då en simulering skall presenteras. Till dessa hör en funktion som gör det möjligt att hoppa till ett specifikt skede i monteringen för att analysera detta närmare. En annan användbar funktion kan användas för att lägga in olika åskådningsvinklar i processen så att vyn flyttas till önskat läge under simulering. Det går också att lägga in pauser och fördröjningar om det är önskvärt att stanna simuleringen i ett visst skede. Laborationen behandlar även hur man går tillväga för att skapa en film.

## 6.3 CAD-filerna

### 6.3.1 PSL

Laborationsmiljön i PSL saknade vissa delar för att kunna bygga upp cellen *Low level of automation*. Totalt skapades två bildskärmar, två lampor, lådor för komponenterna och en ställning med diverse kringutrustning, se Figur 2.



Figur 2: PSL uppbyggt i CATIA.

### 6.3.2 Växellåda

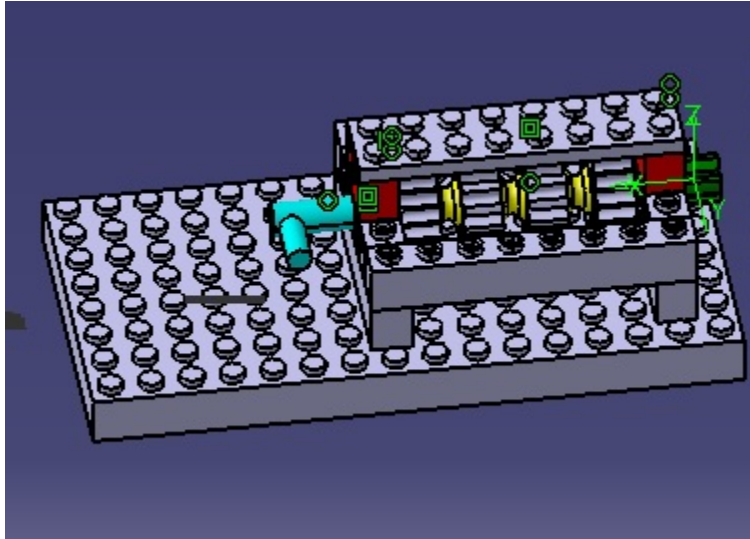
Då alla delar saknades till växellådan skapades dessa i CATIA. Sammanlagt skapades tolv olika komponenter, av vilka sex stycken duplicerades. Dessa sammanfogades sedan till den slutgiltiga växellådan. Den korta axeln samt drivhuset sammanfogades till en del för att spara tid vid konstruktionen av växellådan, se Figur 3. En lista över komponenter finns i bilaga E.

## 6.4 Filstruktur

De nya CAD-filerna som skapats strukturerades upp i ett nytt mappsystem, där endast filer som berör laborationsserien finns. De redan existerande filerna som hör till serien skulle också struktureras men detta kunde ej genomföras då det ansågs för riskabelt att förstöra de olika CAD-produkternas referenser till CAD-parts.

## 6.5 Filmen

En film skapades under projektet för att visa monteringen av växellådan i lego. Filmen visar hur alla legobitar flyttas från lådorna de ursprungligen låg i till paletten på linan i den ordning de ska monteras.



Figur 3: Växellådan sammansatt som CAD-produkt.

Filmen speglar monteringen som sker manuellt i PSL och härmed är det tredje och sista delsyftet uppnått.

## 7 Diskussion

### 7.1 Diskussion

Kandidatgruppen är nöjd med det nya laborationsmaterialet och den film som gruppen skapat. Strukturen är nu lättare att följa, och har en tydlig koppling till PSL. Målen som var satta har blivit uppfyllda. Det finns en tydlig skillnad från föregående laborationer, där materialet var upprepande och vissa delar överflödiga. Genom ett väl strukturerat arbetssätt fick inte bara gruppen en bra förståelse för arbetsuppgiften utan även fördjupad kunskap inom CATIA och DELMIA. Från planeringsstadiet till slutresultat har gruppen lärt sig hur man skapar ett projekt och hur problem som uppstår på vägen kan hanteras.

#### 7.1.1 Enkät

Alla kursdeltagare svarade inte på enkäten. Detta skulle kunnat ge en missvisande slutsats när gruppen går genom svaren. Dock var svaren från kursdeltagarna våren 2013 lika svaren på föregående års kursenkät. De kompletterande frågorna gav ytterligare stöd i vidareutvecklingen av det gamla materialet.

#### 7.1.2 Det nya laborationsmaterialet

Vid utvecklandet av det nya materialet fastslog gruppen att en genomgång av teoretiska instruktioner med stöd från punktlister och bilder är adekvat för att förstå laborationerna. Resultatet är en laborationsserie som är lättare att följa och innehåller alla vitala delar.

Ytterligare en aspekt som gjort materialet mer givande är att det är kopplat till slutprodukten som skall skapas. Alla steg är applicerade på växellådan och PSL. Laborationsdeltagarna kan nu, till skillnad ifrån innan, sätta laborationen i perspektiv mot verkligheten. Denna verklighetsanpassning var ett viktigt mål för gruppen genom hela arbetet. Gruppen tycker att denna förankring i verkligheten har underlättat arbetet.

#### 7.1.3 Val av moment

Anledningen till att en del moment ströks var för att kunna skapa ett mer fokuserat laborationsmaterial och behålla laborationsdeltagarnas intresse genom hela materialet. De moment som ströks ur laboration 4 och 6 hade en otydlig koppling till resterande moment i materialet. Dessa var även svåra att använda i monteringsprocessen av växellådan. Däremot är de inte oanvändbara men det krävs en mer komplex process för att de ska komma till sin rätt. Då laborationsmaterialet bara ska ge en inblick i hur DELMIA kan användas ansågs de som överkurs. Hade fallet inte varit så hade produkten behövt anpassas så att momenten hade kunnat appliceras i processen. Gruppen valde alltså att anpassa momenten efter produkten, och inte tvärt om.

När momenten som nämndes ovan strukits, ansåg gruppen att laborationerna hade en rimlig bredd och svårighetsgrad. Det är möjligt att det finns funktioner som hade fungerat bättre i materialet men dessa är i så fall okända för gruppen. Gruppen har valt att inte fördjupa sig i funktioner utöver de som finns i det ursprungliga materialet.

#### **7.1.4 Varför PSL och växellåda?**

Från början gav handledaren ett förslag på produkt som gruppen kunde använda till laborationsmaterialet. Produkten hade för få delar och saknade verklig koppling till en monteringsmiljö. Efter diskussion mellan gruppen och handledare valdes ett förslag som gruppen kommit fram till. Valet var miniatyrbilen som var knytan till en verklig monteringsmiljö, nämligen monteringslinan i PSL. Därför var det intressant att utforska möjligheterna med denna.

Till en början var målet att skapa karossen och tillämpa denna i laborationsserien. Själva monteringen av karossen görs av robotar. Då gruppen presenterade förslaget för examinator och handledare ansåg de att en manuell monteringsprocess var att föredra. Växellådan var således ett bättre alternativ att arbeta med, då den monteras manuellt. Genom att ha en manuell monteringsmiljö kan studenten hantera den fysiska produkten och titta på monteringsinstruktionerna. Därigenom skapades en koppling mellan laborationerna och en verklig miljö.

#### **7.1.5 Filstruktur**

Under konstruktionen av PSL upptäcktes problem med filerna som byggde upp miljön. Filerna var antingen försvunna eller lokaliserade på fel plats. Detta gav felmeddelanden som gruppen till en början inte visste hur de skulle hantera. Gruppen löste till slut felet genom att radera filer i programmet som inte kunde hittas. Problemet orsakade tidsförluster. Detta motiverade målsättningen att gruppen skulle skapa en bättre filstruktur.

Under arbetets gång flyttades filer vilket gjorde att flera felmeddelanden uppstod. Detta på grund av att CAD-products skapar referenser till CAD-parts. Dessa ändras inte alltid om filer flyttas. Allt eftersom arbetet fortgick märktes detta allt mer. För att förenkla situationen beslutade gruppen att vänta med att flytta filer tills arbetet var klart, och då flytta alla filer samtidigt. Gruppen valde alltså att skjuta upp problemet med referenserna till slutet av arbetet, för att då kunna ta hand om dessa fel samtidigt.

#### **7.1.6 Tidsaspekt**

Det befintliga materialet var sju stycken tvåtimmars laborationer som skulle gås igenom de första veckorna. Det var då tänkt att gruppen skulle gå igenom en till två laborationer i veckan. Detta tog dock mycket längre tid än väntat vilket gjorde att arbetet krävde ett annat upplägg för att hålla sig inom tidsramen. Dessutom ansåg inte gruppen att alla medlemmar behövde kunna allt i alla laborationer. Det räckte istället att dessa lästes igenom av några gruppmedlemmar för att ge en överblick av vad laborationerna gick igenom. De andra fick en överblick då de gick igenom utkasten till det nya laborationsmaterialet och arbetade med DELMIA. Att dela upp arbetet på detta vis var lyckat och sparade gruppen mycket tid, då arbetet blev mer effektivt.

Tidsaspekten vad gällde laborationerna var också en avvägning gruppen hade i åtanke under arbetets gång. När upprepningarna av momenten tagits bort och filstrukturen förbättrats, ansågs det att den tidigare rekommenderade tiden på två timmar per laboration är tillräcklig för de nya laborationerna. Gruppen tog inte tiden för varje laboration, men arbetet gav en uppfattning att varje laboration inte överstiger tiden.

Slutsatsen gruppen kan dra av detta är att de nya laborationerna är mindre tidskrävande än de gamla. De nya laborationerna ligger på en relativt jämn nivå tidsmässigt.

### 7.1.7 Filmen

Under skapandet av filmen uppstod en del problem. Simuleringen fungerade utmärkt men vid inspelningen av denna gick programmet trögt, speciellt då kameravinkeln justerades samtidigt. Detta berodde sannolikt på datorn som användes, vilken var något daterad. Uppspelningen av filmen visade på samma problem då den var trög och hackade. Detta åtgärdades genom att under inspelningen spara simuleringen i bilder.

För att konvertera bilderna till en film användes Virtualdub. Programmet är inte lika krävande för datorn. Dock hade kandidatgruppen ingen tidigare erfarenhet av programmet och fick därför lära sig hur det fungerade. En användarguide fanns att tillgå online och denna var lätt att följa. Metoden att konvertera bilder till film visade sig lyckosam då filmen blev snygg och rullade på utan hack. Den blev dock väldigt stor, och behövde därför komprimeras avsevärt. Med en mer kraftfull dator kunde detta problem antagligen ha undvikits, vilket också skulle sparat tid och arbete för gruppen.

## 7.2 Rekommendationer

I det fortsatta arbetet med laborationsmaterialet bör laborationerna testas mer utförligt för att säkerställa deras kvalitet. Hur lång tid varje laboration tar bör även undersökas närmare för att säkerställa att man kan genomföra en laboration på utsatt tid.

Efter att laborationsmaterialet har använts i en kurs, bör en enkät skickas ut till deltagarna för att undersöka hur de upplevde det nya materialet.

Vidare utveckling kan vara att inkludera hela PSL i 3D-världen, eller att lägga in ett ergonomiskt moment i cellen Low level of automation. Ett exempel på detta kan vara att lägga in en virtuell hand eller människa vid monteringen. Det går även att använda de filer och den miljö, som skapats i samband med kandidatarbetet, i andra uppgifter och projekt knutna till PSL.

Något som rekommenderas för andra arbeten i både CATIA och DELMIA är att ha samma filstruktur från början till slut sådant att filer ej behöver flyttas.



## 8 Källförteckning

### References

Bentley. Hämtat från företagets hemsida, 3/5 2013. URL [http://communities.bentley.com/products/3d\\_imaging\\_and\\_point\\_cloud\\_software/w/wiki/make-your-movies-into-smoothies.aspx](http://communities.bentley.com/products/3d_imaging_and_point_cloud_software/w/wiki/make-your-movies-into-smoothies.aspx).

Cailliau, Robert. Hämtat från hemsida, 3/4 2013. URL <http://www.robertcailliau.eu/Lego/Dimensions/zMeasurements-en.xhtml>.

Dassault Systèmes. Hämtat från officiella hemsidan, 7/5 2013a. URL <http://www.3ds.com/se/products/catia/>.

Dassault Systèmes. Hämtat från officiella hemsidan, 7/5 2013b. URL <http://www.3ds.com/se/products/delmia/>.

Hågeryd, Lennart, Björklund, Stefan, and Lenner, Matz. *Modern Produktionsteknik del 1*. Liber AB, 2002.

Hågeryd, Lennart, Björklund, Stefan, and Lenner, Matz. *Modern Produktionsteknik del 2*. Liber AB, 2005.

Klintstam, Per. Visad av bertil gustafsson i föreläsningen ”virtuell fabrik” i kursen virtuell produktion. 2012.

PSL. Filerna hittas på psl’s ip-adress `\\129.16.63.246\ps\public\pslcatia\cadofpsl`. 2013.



## A Enkät

# Virtual process planning

We are a group of students from Mechanical engineering and Automation and Mechatronics, working on our bachelor thesis, with the goal of constructing new material for the DELMIA lab assignment in Virtual process planning. The new material is going to be based on the equipment in the Production Planning Laboratory. With your help we would like to evaluate the current lab material, through this short survey.

1. Did you think the tutorials for Delmia were easy to follow?
2. Did you feel that the material gave you a clear picture of what the lesson was going to cover? - If not, what would you change?
3. Did the course give you enough knowledge for your eventual future use of Delmia?
4. Did the tutorials cover the essential parts of Delmia?
5. What should be kept in the material for next year's course?
6. Did any part need more/less focus than it got in the lessons? - If yes, which part and why?
7. Is there anything else you would like to change in the course material?

We are also conducting an evaluation on our upcoming lab, later this spring. Make sure to look for further information about this. Your input is important for our project. Thank you for your help!

## B Enkät svar

### DELMIA Laboration

Please give a more detailed review of the Delmia PPR Task in questions 23-29. This will be used by a group of students to develop next years lab material.

This is a message from them:

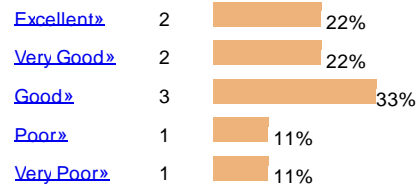
"We are a group of students from Mechanical engineering and Automation and Mechatronics, working on our bachelor thesis, with the goal of constructing new instructions for the DELMIA lab assignment in Virtual process planning. The new instructions are going to be based on the equipment in the Production Systems Laboratory. With your help we would like to evaluate the current lab instructions, through this short survey.

We are also conducting an evaluation on our upcoming lab, later this spring. Make sure to look for further information about this. Your input is important for our project.

Thank you for your help!"

#### 23. Did you think the tutorials for Delmia were easy to follow?

9 svarande



Genomsnitt: 2.66

- [I had no issues following the instructions and the tutorials at all.»](#) (Excellent)

- [Unstructured and Hard to follow.»](#) (Poor)

#### 24. Did you feel that the material gave you a clear picture of what the lesson was going to cover?

9 svarande



Genomsnitt: 1.33

- [I want to know the final result before the lesson.»](#) (No)

#### 25. Did the course give you enough knowledge for your eventual future use of Delmia?

- [No, as in I could work with it but it gives a nice base, something to build on.»](#)

- [Yes»](#)

- [no»](#)

- [No, Since the purpose of this lab was to familiarize the software for the students.»](#)

- [It taught the basics.»](#)

- [no»](#)

#### 26. Did the tutorials cover the essential parts of Delmia?

- [Hard to say right now, since I don't know what I haven't learned about Delmia yet. I'd say probably most of them though.»](#)

- [Yes»](#)

- [yes»](#)

- [I don't think so, since we only used one function of Delmia which was assembly.»](#)

- [Yes.»](#)

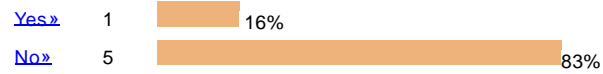
- [no»](#)

**27. What should be kept in the Delmia Lab material for next year"s course?**

- *Thought it was a good experience but then again I'm usually extremely lax with labs but I'd say keep all of it»*
- *Overall the materials was enough for the purpose but if there is going to be any changes in the purposes of the lab then the materials should be changed.»*
- *Manipulation and situation»*

**28. Did any part of the Delmia lab need more/less focus than it got in the lessons?**

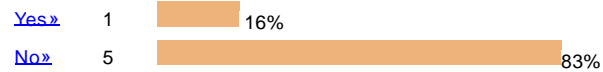
6 svarande



Genomsnitt: 1.83

**29. Is there anything else you would like to change in the course material?**

6 svarande



Genomsnitt: 1.83

# C Kursutvärdering 2012

Nedan är ett utplock från kursenkäten vt 2012 och redovisar bara de frågor och svar som rör laborationerna i DELMIA.

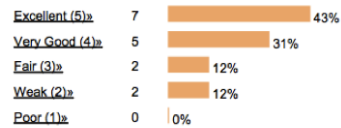
## 7. To what extent were you satisfied with the following lab assignments and tasks?

Grade your answer in a scale from Excellent (5) to Poor (1) for each lecturer.

Matrisfråga

*- Some of the labs are in my opinion to much guided: it's hard to understand what you're doing when the instructions are like "click here... Click there..." If these exercises would be less guided maybe the students would have to think more about what they are doing. But of course I understand that you have to guide us to some extent since we have few time to handle each software.*  
*- NOTE: I have not graded the teachers, but rather the contents of the labs. The Delmia project was good, but I don't feel confident enough to state on my CV that I have done the "course". A lot of material and files were missing in the package that we received which made it all confusing and not as pedagogical as you would prefer.*  
*- Better to learn more about something then little about everything.*  
*- Hard to advance in the delmia project when files was missing or was plced at the incorrect (not the given) location.*  
*- DELMIA Project could be an even greater part of the course since it's such a powerful tool and relevant to this course. If the newer version has fewer bugs and maybe better usability, I'd definitely recommend this for next year.*

PPR/DELMIA Project  
16 svarande



Genomsnitt: 1.93

## 15. What should definitely be preserved to next year?

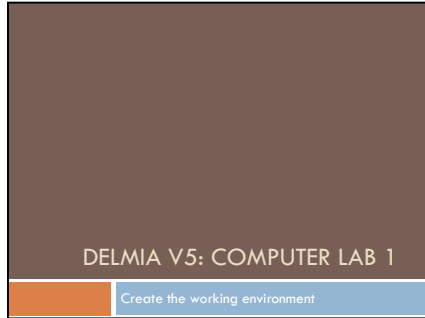
*- Lab Assignments where great*  
*- Delmia, CAM (ProE or CATIA), IRB, CMM, RD and T, CNC, Rapid prototyping*  
*- The DELMIA lab was very interesting! The interventions of people from SECO tools and Chalmers-Fraunhofer were also very interesting.*  
*- All the labs. They gave a good feeling of how it is to work with these kind of issues!*  
*- Labs.*

## 16. What should definitely be changed to next year?

*- Slides. Could be more elaborate*  
*- I would be much more satisfied to do more Delmia tasks insted of others (But this is because I have personal experience in most of other tasks, maybe for those who dont have such experience would be better to do like it was) Maybe it would be great to choose priority, if I have experience in some exercises, I could use this time for exercises where I dont have any experience (do extra tasks)*

# D Laboration 1

5/2/2013



### Introduction to DELMIA V5

Welcome to this guide, which will teach you how you can use DELMIA as a tool in process planning. DELMIA is a manufacturing process planning and simulation software. It can be used to verify an assembly sequence and try different ways to assemble a product. Doing this virtually, before implementing it in reality can save a lot of time and money.

DELMIA uses CAD-parts and –products to build the environment and then to create the assembly simulation. All the parts and products that will be used in this guide will be provided to you at \\129.16.63.246\ps\Public\PSL Caia\CAD of PSL. Hence you do not have to create them yourself.

### Introduction to DELMIA V5

In this guide you will build the Production Systems Laboratory (PSL) that exist in the PPU-lab and simulate its assembly process. The pictures below shows the PSL in real life and how it can look in DELMIA.

### Step 1: Set options

The Dassault Systems family of software offers unprecedented power and flexibility to its users. However, because of this ability, the software must be configured to fit the user's needs. The first step in Creating the Working Environment is to set the Tools/Options in the software. In this section, you will learn how to set some of the options that are especially useful for DPM Assembly projects.

**Use the following steps to Create the Working Environment:**

1. Set Options.
2. Create Project Catalog.
3. Create Plant Floor
4. Insert Resources
5. Insert Product.

### Step 1: Set options (1/2)

1. Open DELMIA V5
  - a. Select Tools
  - b. Select Options

When in the Options dialog box, notice the nodes on the left and tabs along the top as you access each node.

### Step 1: Set options (2/2)

2. Use the table below to set the options as instructed

Node	Tab	Option Setting
General	General	Turn Off Automated backup
General	Document	Other Filenames: map to the location where the training data may be loaded
Display	Tree Manipulation	Turn on Automatic scroll
Display	Navigation	Turn on Display Manipulation Bounding box
Parameters & Measures	Report Generation	Turn on Operational Effects to x axis
		Input XDS: map to the location where the software is
		Output Directory: map to the location where you want to store output files stored
Infrastructure/Product Structure	Cache Management	Activate Work with the Cache System
Digital Process for Mfg	Tree Libraries	Activate Applicative Data
Digital Process for Mfg		ADD Libraries: map to the location where the content files are stored and also to any other locations
Digital Process for Mfg	Gantt Chart	Activate "Complete Roll up time of Parent with Calculated time" (selected from drop down menu)

**Note:** You need to restart DELMIA for some of the changes to take effect

## Step 2: Project catalog

A project catalog allows the user to create a catalog of commonly used items that will be more efficient to access than going to multiple locations or to a large repository of objects. It stores these commonly used items (or their links) in a single location for easy accessibility.

- In this section, you will learn how to Create a Project Catalog.

### Use the following steps to Create the Working Environment:

1. Set Options.
2. Create Project Catalog.
3. Create Plant floor
4. Insert Resources
5. Insert Product .

## Step 2: Project catalog (1/4)

1. Create a new catalog document.
  - a. Click **Start > Digital process for manufacturing > Assembly process simulator**
  - b. Click **File > New** and select **Catalog** document from the list.
  - c. Rename **Chapter.1** to **PSI-Lab**.
- d. Add an additional chapter by selecting **Add Chapter** from the Chapter toolbar icon, or insert menu and name it **Conveyor Line** by typing it in the **Chapter** detail pane window.
- e. Repeat the procedure and name the following chapter **Product**.



## Step 2: Project catalog (2/4)

2. Create families to the chapters.
  - a. Add the first family to **Conveyor Line** by highlighting the chapter and then clicking **Add Family** from the Chapter toolbar icon or insert menu.
  - b. Name the Family **Line** and leave the Type as **Standard**.
  - c. Add an additional family to the chapter **Conveyor Line** and name it **Work station**.
  - d. **Work station**.
- e. To the chapter **Product** add the following family: **Engine parts**



## Step 2: Project catalog (3/4)

3. Add components to the families.
  - a. Add the first component to **Line** by highlighting the family and then clicking **Add component** from the Data toolbar icon or insert menu.
  - b. When the **Description Definition** window opens, click on **Select Document** and navigate to where the data-files are located. Select the requested component (see below) and click **Open**. The **Description Definition** window returns with the Type set to **Document** and the file path is listed in the **File Name** line.
  - c. To see the geometry of the chosen component click on the **Preview** tab.
  - d. Repeat the **Add component**-procedure for all of the components in the following table.



Chapter	Family	Components
Conveyor Line	Line	_PIL_Environment_VPP.corPDOC, psbtr.corPART
Conveyor Line	Work Station	Asmb_Stat.corPDOC (located in the subfolder Workstation)
Product	Engine parts	GeoBx.corPDOC (located in the subfolder Gearbox)

## Step 2: Project catalog (4/4)

4. Add link to another catalog.
  - a. Highlight the chapter **Link to Nuts/Bolts/Screws catalog** and then click **Add Link to Another Catalog**.
  - b. Click on **Select** and navigate to **C:\Program Files\Dassault Systemes\B2D\Intel\_a\start\components\MechanicalStandard\Parts\ISO\_Standards**.
  - c. Select **ISO catalog** and click on **Open**.
  - d. **Note:** You have now linked the folder to a ISO standard catalog. You can view the parts by clicking **launch**, then swap to the **preview** tab.
  - e. You are now done with your project catalog. Save it by clicking **File > Save As** and name it **MyProjectCatalog**.



## Step 3: Create a plant floor

A plant floor is used to simulate the area of the facility, how it is used or how it can be used. This is helpful if you are planning to rearrange the layout of your production facility.

### Use the following steps to Create the Working Environment:

1. Set Options.
2. Create Project Catalog
3. Create Plant floor
4. Insert Resources
5. Insert Product .


- In this section, you will learn how to Create a Plant floor, and how to input it into a DPM Assembly Process Simulation.



### Step 3: Create a plant floor (1/2)


For DPM Assembly project, the facility design is created in AEC Plant Layout, saved as a resource, and then inserted into the environment under construction. This example will show the creation and insertion of a plant floor only.

1. Create the floor.
  - a. Click **Start > AEC Plant > Plant layout**.
  - b. When workbench opens, click the **Area** icon on the Plant layout toolbar.
  - c. In the **Area Creation** window, make sure that the **Create** button is in its default position: **Rectangle-Area**.
  - d. Set area size to:
    - X: 7 000 mm
    - Y: 12 000 mm
    - Height: Can be ignored



### Step 3: Create a plant floor (2/2)

- a. Move the mouse into the main screen workspace. A green box with the coordinates indicated moves around with the mouse. Positioning the mouse at Coordinates 0,0,0 puts the item in the center of the world. **Click** to set.
- b. **Click on Fit All** to zoom out.
- c. **Right click on Product1** in the PFR-tree and select **Properties**.
- d. In the dialog box change the **Part Number** to a coding name and then click **Apply > OK**.
- e. Save the file where you can easily find it and then close the AEC Plant layout workbench.



2. Open the **DPM Assembly Process Simulation** workbench.
  - a. Click on **Insert > Insert resource** or the **Insert Resource** icon on the Activity Management toolbar.
  - b. Navigate to where the plant floor is located and import it.
  - c. Save project as Lab1Step3.CATProcess.

### Step 4: Insert resources

Insert resources is used to create the working environment in Delmia V5. By using the created Project Catalog importing resources is made quick and easy


Use the following steps to Create the Working Environment:

1. Set Options.
2. Create Project Catalog.
3. Create Plant Floor.
4. Insert Resources.
5. Insert Product .

- In this section, you will learn how to insert resources with a Project Catalog.
- Move and rotate parts in the world.

### Step 4: Insert resources (1/5)

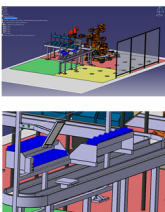
1. Open Lab1Step3.CATProcess.
2. Import the catalog.
  - a. Go to the **Insert** menu or locate the Activity Management toolbar and click on the **Catalog browser**. The Catalog browser menu will open the last catalog used.
  - b. Select the **Browse another catalog** icon or the far right to navigate to the desired catalog or library.
  - c. Locate **MyProjectCatalog.catalog**.
  - d. To insert resources from catalog, simply left click on the desired resource and left click in the world.
3. To directly insert a resource.
  - a. Select the **Insert Resource** function from the menu or the icon on the Activity Management toolbar.
  - b. Once the desired resource is located click **Open** to put it in the world. One instance of the resource will now appear at the location 0,0,0.



### Step 4: Insert resources (2/5)

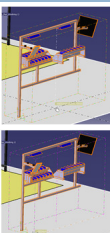
4. Import following resources:
  - a. \_PSL\_Environment\_VFP
  - b. Palett\_VFP
  - c. Workstation
5. Positioning resources in the world.
  - It is best to move each item to its approximate final position before inserting another resource.
  - For items intended to be placed relative to another item (like a plant floor), at least one coordinate will be critical. For the plant floor example, all items must be at "0" on the Z axis.

There are two ways to accomplish this.




### Step 4: Insert resources (3/5)

6. Using the **Bounding box**.
  - a. The item can be manipulated using the **bounding box**. This feature allows an item to be moved anywhere in the world according to the **Grid step size**, default setting is 100mm.
  - b. To move an object with the **bounding box** highlight the item in the PFR tree and then click and hold one of the green lines surrounding the item. Now the item can be moved in the direction of the line.
  - c. When in position let go of the cursor, if needed click and drag on a different line of the box to move the item that direction.




### Step 4: Insert resources (4/5)

- To move an object using the Compass:
  - Right click on the compass and select **Snap Automatically to Selected Object** from the menu.
  - Click on the object to be manipulated. The compass moves to the object and the bounding box appears.
  - Grab and hold the axis of the compass that will move or rotate the object in the desired direction.
  - Repeat the grabbing and moving until the object is in the desired location.
  - Right click on the compass and click **Snap Automatically to Selected Object** again to toggle off this function and permit the compass to be moved back into the world.



### Step 4: Insert resource (5/5)

- Rightclicking the **Compass** and clicking **Edit** will open the **Parameter for Compass Manipulation** dialog box, the precise location can then be set.
- An object can be toggled between hidden and shown in the world by right clicking it in the PFR tree and clicking **HIDE/SHOW**.
- To remove an object from the world highlight the object in the PFR tree and then click the **Remove from PFR** icon in the PFR Tools toolbar.
- Save the process as Lab1 Step4-CATProcess



### Step 5: Insert product

Insert product is used to try out different ways of assembling the end product.

In this section, you will learn how to insert products.


Another way to move and rotate parts in the world by using the tool **Snap Resource**.

Use the following steps to Create the Working Environment:

- Set Options
- Create Project Catalog
- Create Plane Filter
- Remove Elements
- Insert Product


### Step 5: Insert product (1/4)

- Open Lab1 Step4-CATProcess.
- Insert the Products into the world.
  - Select **Insert Product** from the menu or the icon on the Activity Management toolbar.
  - When the file selection dialog box opens, navigate to and open the file **GeoBox.CATProduct**.
  - The product will be inserted at coordinates 0,0,0. Right clicking the product in the PFR tree and clicking **Reference on** will orient the perspective to the product location.
  - Move the product with the **Compass** or the **Bounding box** to the pallet in the work station.




### Step 5: Insert product (2/4)

- Positioning the products in the world. Define the plane to be snapped to.
  - Highlight the **GeoBox.CATProduct** from the ProductList in the PFR tree.
  - Select the **Snap Resource** function from the Layout Tools toolbar.
    - The icon will turn orange when activated.
  - When the **Define Reference Plane (From)** dialog box opens leave the default **Define Plane mode** selection.
  - Position the mouse pointer on the bottom of the product so that the indicator points downward.
    - This is the surface that will be snapped to the table top.
  - Click to set the indicator on the surface.
  - Click **OK** in the dialog box.



### Step 5: Insert product (3/4)

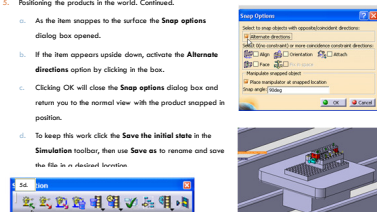
- Positioning the products in the world. Define the plane to be snapped to.
  - When the **Define reference plane (from)** dialog box closes, select an object to receive the snapped object.
  - Select the **Point VPP** from the PFR tree.
  - When the **Define Reference Plane (To)** dialog box opens, leave the default **Define Plane mode** selection.
    - This is the surface that will receive the snapped object.
  - Click to set the indicator on the surface, it will now turn green.
  - Close the dialog box by clicking **OK**, the product will now snap to the desired surface.



### Step 5: Insert product (4/4)

5. Positioning the products in the world. Continued.

- a. As the item snappes to the surface the **Snap options** dialog box opened.
- b. If the item appears upside down, activate the **Alternate directions** option by clicking in the box.
- c. Clicking **OK** will close the **Snap options** dialog box and return you to the normal view with the product snapped in position.
- d. To keep this work click the **Save the initial state** in the **Simulation** toolbar, then use **Save as** to rename and save the file in a *flexsim* location.



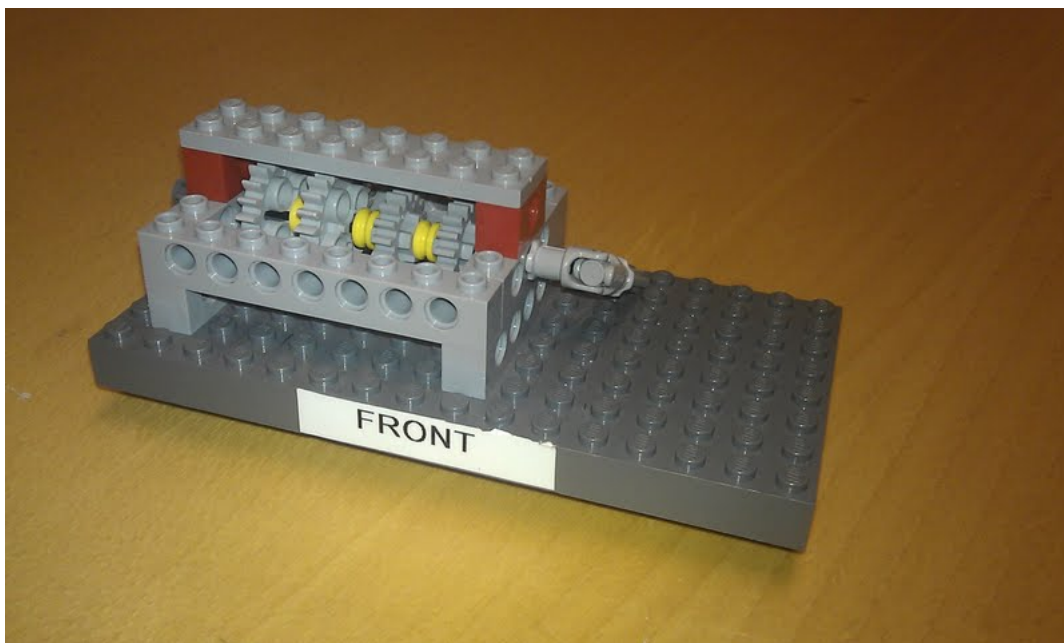
The image shows two screenshots. The top one is a 'Snap Options' dialog box with the following text: 'Select to snap objects with specified/constant directions.', 'Alternate directions.', 'Show coordinate for more consistent constant directions.', 'Snap Along' (with a dropdown menu), 'Orientation' (with a dropdown menu), 'Attach' (checkbox), 'Snap to face' (checkbox), 'Translate snapped object' (checkbox), 'Show coordinate of snapped location', and 'Snap angle (deg)' (with a dropdown menu). The bottom screenshot shows the 'Simulation' toolbar with a red box highlighting the 'Save Initial State' button.

### Recap lab 1

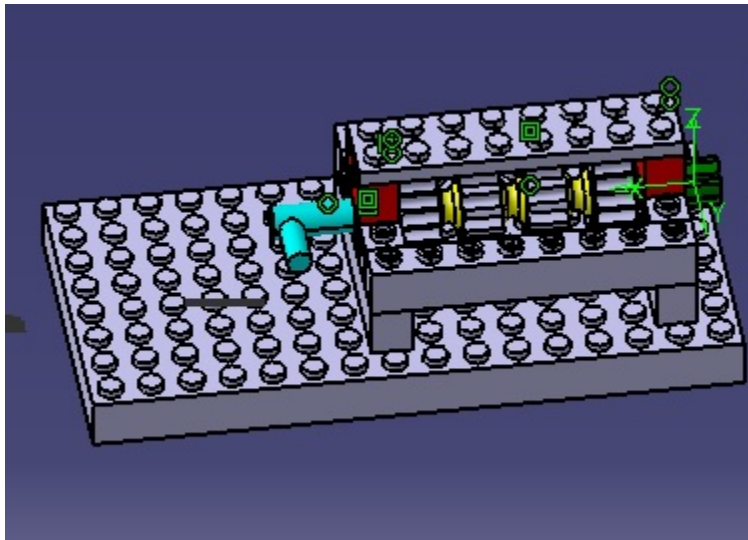
- o In this laboration
  - o DELMIA's advanced system of options have been introduced.
  - o The virtual world have been created using a **product catalog** to structure your real parts.
  - o Using a **Plant Floor** to simulate the facility area.
  - o **Inserting products and resources** into a **Assembly Process Simulation**.

## E Växellådan

- Lång axel 1st (Rod.CATPart)
- Kort axel + Drivhus 1st (Winch.CATPart)
- Ihålig 2x1 2st (2x1LEGO.CATPart)
- Ihålig 4x1 2st (4x1LEGO.CATPart)
- Ihålig 6x1 2st (6x1LEGO.CATPart)
- Ihålig 8x1 2st (8x1LEGO.CATPart)
- Platta 8x2 1st (8x1LEGO.CATPart)
- Stopp 3st (CogwheelFastener.CATPart)
- Kugghjul liten 1st (CogwheelEnd.CATPart)
- Kugghjul mellan 2st (SmallCogwheel.CATPart)
- Kugghjul stor 2st (LargeCogwheel.CATPart)
- Basplatta 1st (BasePlate.CATPart)
- Växellåda (GearBox.CATProduct)

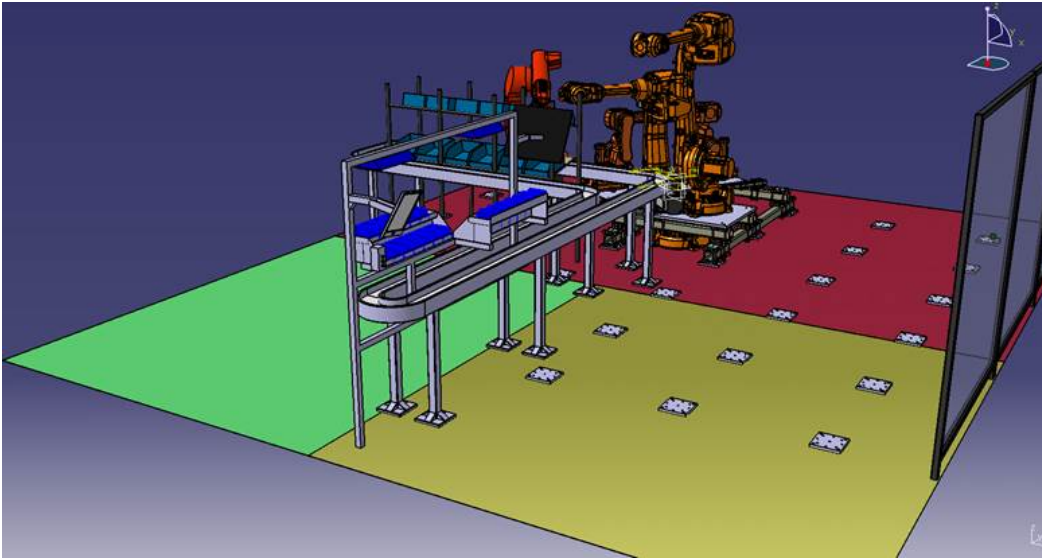


Figur 4: Verklig bild av växellådan.



Figur 5: Växellådan sammansatt som CAD-produkt.

## F PSL



Figur 6: PSL uppbyggt i CATIA.



Figur 7: Verklig bild av PSL.

Den manuella monteringscellen *low level of automation* är den arbetsstation närmast kameran i figur 7.