Rens Planckaert
2013-2014
Rits School of Arts
3e jaar Podiumtechnieken
2e zittijd

Scriptie: Houten toneelmachinerie in de 19e eeuw op schaal 1 op 4

Inhoudsopgave

1. Voorwoord 4
2. Inleiding 4
2.1. Wat wordt er verteld doorheen de scriptie 5
3. Structuur van een 19e eeuws theater 6
3.1. Het huis 6
3.1.1. De scene vloer 9
3.1.2. Onder scene of Dessous 10
3.1.3. Boven machinerie 10
3.2. Gebruikte materialen in een 19e eeuws theater 11
3.2.1. Katrollen 11
3.2.1. Touw 12
3.2.2. Tegengewichten 12
3.2.3. Tambour of lier 13
3.2.4. Drum 13
3.2.5. Cassette 14
3.3. Gebruikte machinerie voor beweging op de scene 15
3.3.1. Feau rue 15
3.3.2. Gloire 16
3.3.3. Wing change 17
4. Ontwerpproces 18
4.1. Tekenen en ontwerpen 18
4.2. Autocad 18
4.3. Cnc 19
4.4. Lasercut 20
4.4.1. Fablab 20
4.4.1. Tegengewichten 21
4.5. Eerste proefbouw 21
5. Bouwproces 22
5.1. Keuze productie methoden 22
5.2. Keuze materialen 23
5.2.1. Hout 23
5.2.2. Lijm 23
5.3. Handleidingen 24
5.3.1. Tambour / lier 24

5.3.2. Drum of Tambour 2 assen 26
5.3.3. Drum of Tambour 3 assen 29
5.3.4. Cassette 32
5.3.5. Wagen wing change 34
6. Uiteindelijke machinerie 36
6.1. Basisconstructie 36
6.2. Gebruikte materialen 37
6.2.1. Touw 37
6.2.1.1. knopen 38
6.2.2. Katrollen 40
6.3. Pin rails 42
6.4. Schaalmodel feau rue 42
6.5. Schaalmodel Boven machinerie 44
6.6. Schaalmodel Wing change 45
7. Testen 47
7.1. Bevindingen 48
8. Krachtberekeningen 49
8.1. Basis principes 49
8.1.1. Wrijving 49
8.1.2. Veiligheidsfactor 49
8.2. Krachten 50
8.2.1. Vectoren 50
8.2.2. Krachten op het grid 52
9. Verdere uitbreidingsmogelijkheden 54
10. Conclusie 54
11. figuren lijst 55
12. bronnenlijst 56

1. Voorwoord

Houten toneelmachinerie in de 19e eeuw op schaal 1 op 4 is de scriptie die na een praktisch onderzoek is ontstaan. De scriptie is gestart is gestart met een literatuurstudie over de toekomstperspectieven van de podiumliften, waarin de historische machinerie een belangrijke waarde had.
Van daar uit is het verder gegroeid naar een praktisch onderzoek voor het "Wood and canvas" congres te Antwerpen.

Met deze scriptie wordt een inzicht gegeven over de gebruikte machinerie in de 19e eeuw en hoe we deze tot een praktisch schaalmodel hebben gebouwd. Verder wordt er toegelicht hoe alles tot stand is gekomen en welke stappen er zijn ondernomen doorheen heel het proces.

Mijnoprechte dank gaat uit naar hen wie deze scriptie niet tot stand was gekomen namelijk Chris Van Goethem en de praktische en technische onderneming Solution N.V. .

2. Inleiding

Als start voor mijn scriptie over de toekomstperspectieven van de podiumliften in de theaterwereld leek het mij noodzakelijk om een basis te leggen.
De eerste stap was het uitvoeren van een literatuurstudie in verband met de historiek van de podiumliften: in welke mate podiumliften vroeger gebruikt werden, alsook de huidige situatie en de toekomstperspectieven ervan.
In deze literatuurstudie heb ik zowel technische aspecten bekeken als hun mogelijkheden vergeleken en daarbij ook het artistiek gebruik van de liften zo veel mogelijk betrokken.
Na deze studie werd er vanuit het RITS de vraag gesteld of ik als onderdeel van de scriptie mee wou werken aan het bouwen van een schaalmodel van oude houten toneelmachinerie. Het doel van deze schaalmodellen was het uiteindelijk tentoonstellen tijdens het "Wood and canvas" congres te Antwerpen zodat academici de praktische werking ervan kon testen.

Het leek mij interessanter om de scriptie een andere wending te geven en het meer praktischer aan te pakken. Het schaalmodel is geen exacte copy geweest van het origineel maar een model om de principes uit te testen.
De literatuurstudie rond de historiek van podiumliften leverde interessante en nuttige informatie op en is bruikbaar geweest tijdens het ontwerpen van de schaalmodellen.

Het praktische onderzoek en de concrete uitwerking van de schaalmodellen maakte anderzijds ook heel wat theorie uit de literatuur duidelijker, dit omdat er weinig hedendaagse informatie voorhanden is. Deze machinerie wordt nog maar in enkele theaters in de wereld gebruikt.

Waarom een schaalmodel met schaal ¼ over historische houten toneelmachinerie?
Een schaalmodel maakt de principes over machinerie duidelijk en maakt het visueel, praktischer en didactischer om met geïnteresseerden in overleg te treden.
Door principes met een schaalmodel te concretiseren wordt het mysterie van de schouwburg voor mensen die geen kennis hebben van dergelijke systemen aanschouwelijk en verhelderend.
Het doel van de bouw van deze schaalmodellen is het openstellen van de technieken en de mogelijkheid te geven aan andere geïnteresseerden om dit na te bouwen.

2.1. Wat wordt er verteld doorheen de scriptie

In hoofdstuk 3 wordt er kort geschetst hoe een 19e eeuws theater er zou hebben uitgezien en welke machinerie er te vinden was. De machinerie wordt besproken dit werd verder gebruikt voor het ontwerpen van de schaalmodellen

In hoofdstuk 4 wordt het ontwerpproces uitgelegd, hoe zijn we tot het uiteindelijk ontwerp gekomen en welke stappen hebben we ondernomen tijdens het ontwerp

In hoofdstuk 5 wordt toegelicht hoe we de uiteindelijke machinerie hebben gebouwd. Dit wordt verduidelijkt met bijhorende handleiding, die uiteindelijk online beschikbaar zal worden gesteld.

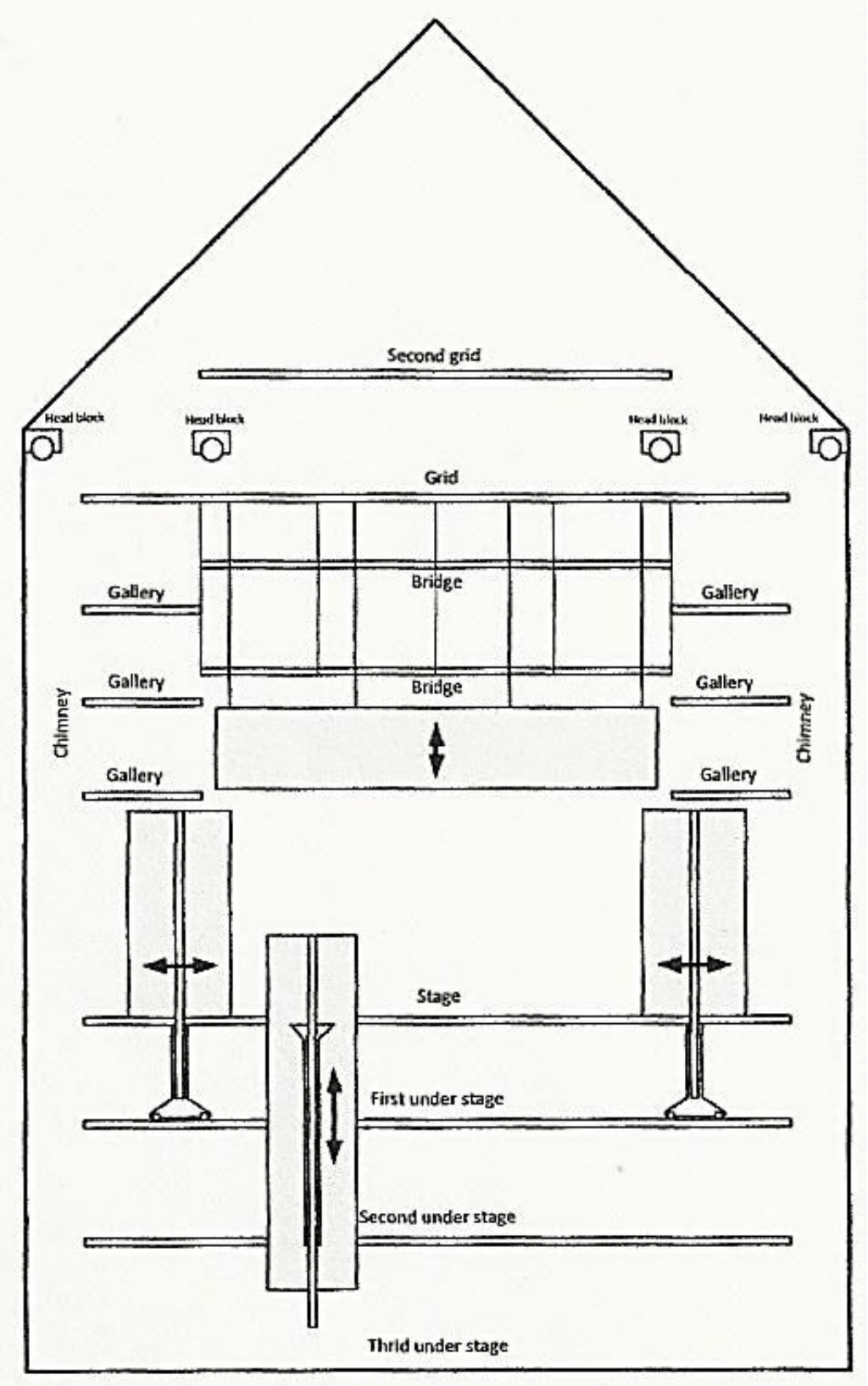
In hoofdstuk 6 worden de machines opgebouwd en deze worden de uiteindelijk schaalmodellen. Elk materiaal dat we gebruiken komt hier aan bod alsook het specifiek gebruikte materialen in functie van de schaalmodellen waarop alle materialen dienden afgestemd te worden inzake kaliber en sterkte.

Hoofdstuk 7 behandelt de interactie met het testpubliek en hoe zij dit hebben ondervonden en welke problemen we uiteindelijk nog hadden tijdens het congres.

In hoofdstuk 8 worden de krachten berekend die op een grid zouden komen te staan met het gebruik van drum.

3. Structuur van een 19e eeuws theater

3.1. Het huis



Afbeelding 1 schematische voorstelling 19e eeuws toneelhuis

De tekening op de vorige pagina geeft een overzicht van de verschillende onderdelen dat een gemiddeld theater met houten machinerie bevat. De tekening is een schematische voorstelling. Verder in dit hoofdstuk beschrijven we elk onderdeel apart .

Deze schematische voorstelling van een theater wordt verder beschreven van boven naar onder.

Het grid is de loopoppervlakte boven de scene. Het grid bestaat uit houten latten met een opening tussen. Deze openingen dienen om touwen te laten zakken en via katrollen naar het verzamelwiel te brengen.

Galeries of zijbruggen bestaan aan beide zijdes van de scene. Dit is de beste plaats om bewegingen te manipuleren, omdat machinisten daar het beste overzicht hebben op de scene. Aan de buitenkant van de zijbrug heb je de schouwen voor de tegengewichten. En aan de beide zijdes van de zijbruggen heb je Pin rails om de touwen te fixeren die van het verzamelwiel komen. Op verschillende plaatsen zijn er enkele lieren geplaatst, om het mogelijk te maken om tegengewichten op te trekken.

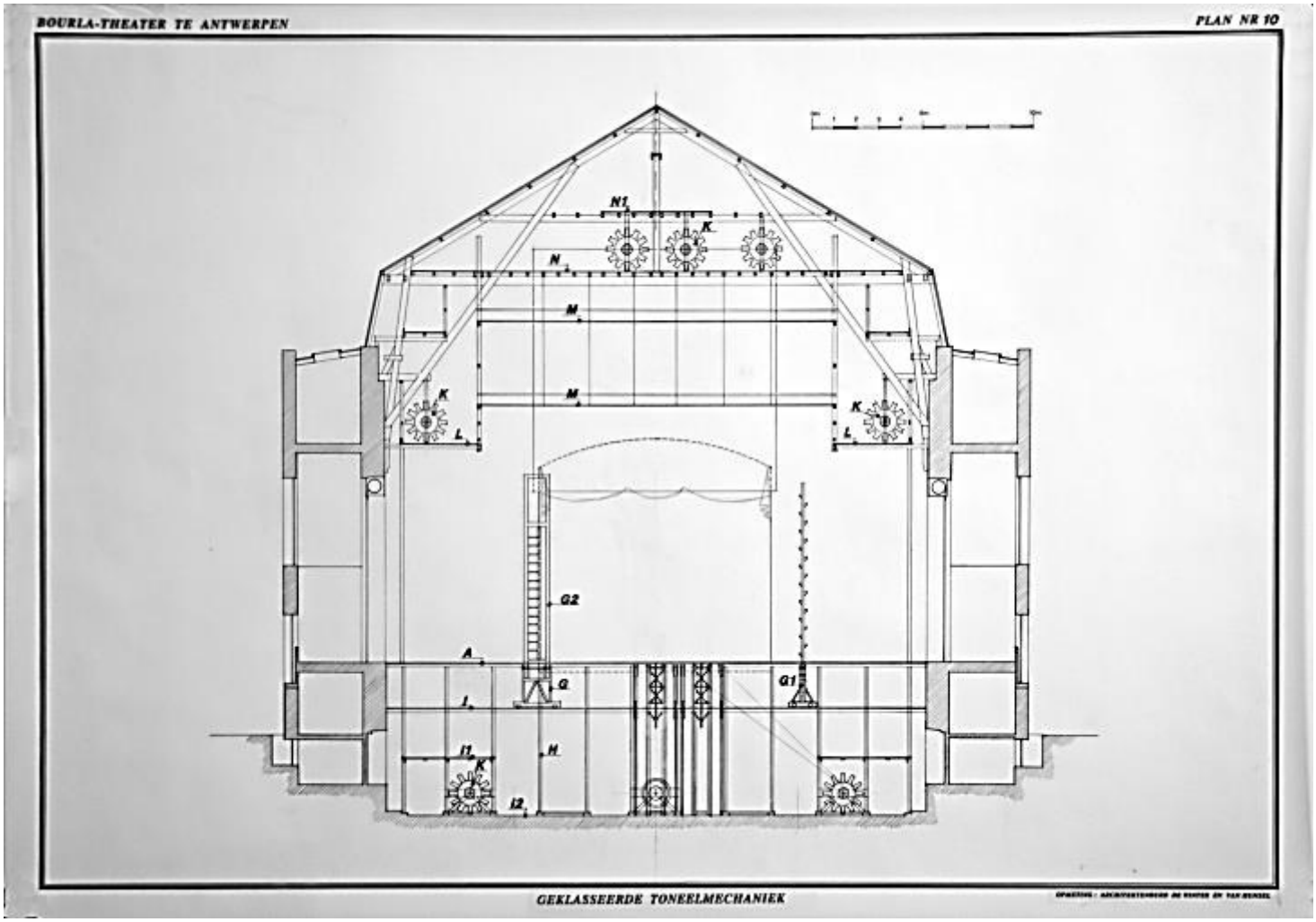
De schouw of chimney is een open ruimte over de hele hoogte van de toneeltoren. Dit is de ruimte waarin tegengewichten van boven naar onder bewegen. De verzamelblokken zijn boven aan de schouw bevestigd.

Verzamelwiel, Head Blocks of Mère de famille
Het verzamelwiel verzamelt verschillende lijnen touw op 1 punt om van daaruit de richting te veranderen. Vanuit het verzamelwiel worden de touwen naar de tegengewichten of naar de bedieningsbrug gebracht.
De verzamelwielen zijn gemonteerd boven op de schouwen waar de tegengewichten zich in bewegen en aan de scenekant van de bruggen, wanneer het touw rechtstreeks bediend wordt.

Bruggen hangen op verschillende niveaus en over heel de breedte van de scene. Deze bevinden zich boven de valse straat, omdat daar geen nood is om decor te hangen. Deze bruggen maken het mogelijk om decors te manipuleren die onder het grid hangen. Men speelde meerdere voorstellingen door elkaar in repertoire, waardoor er soms 5 of 6 voorstellingen in de center hingen. Hierdoor hing de toren soms behoorlijk vol. De bruggen gaven de machinisten de mogelijkheid om decorstukken te geleiden of decorstukken die ze niet nodig hadden aan een “dead hung”, een permanent touw aan het grid, te bevestigen om zo bewegende touwen vrij te maken voor andere bewegingen.

De scenevloer is een puzzel van verschillende types van openingen en machinerie. Verdere uitleg zie je in 3.1.1 De Scene vloer

De onderscene, dessous of under stage bestaat uit een serie houten constructies die parallel tegen over elkaar staan. De onderscene bestaat uit 3 niveaus, elk niveau heeft zijn eigen doel. De toelischting hierbij volgt in deel 3.1.2.

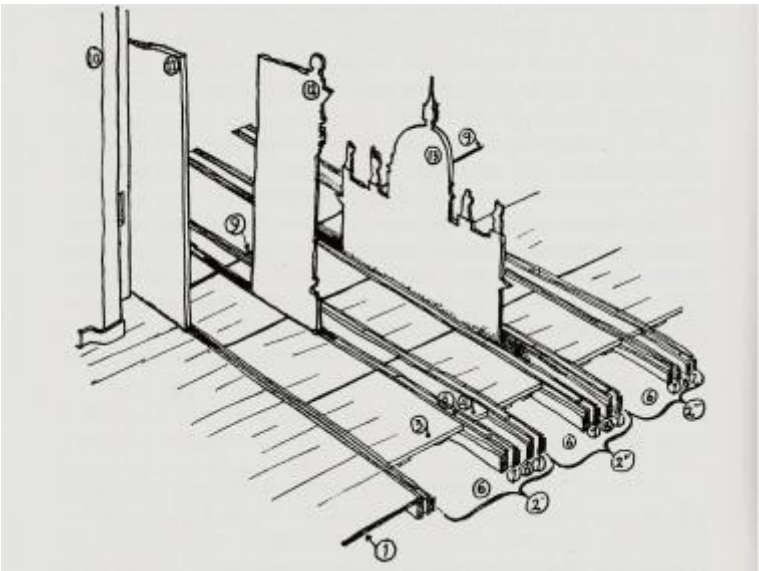


Afbeelding 2 doorsnede Bourlaschouwburg 1992

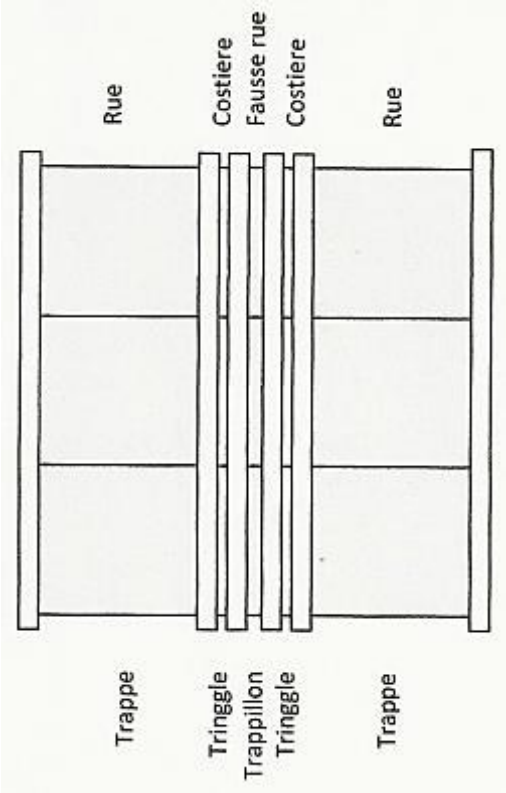
Hier de legende van bovenstaande tekening

A = scene
I = 1e dessous
I1 = 2e dessous
I2 = 3e dessous
G = dubbel onderstel wing change
G1 = enkel onderstel wing change
K = Tambours of lieren
M = bruggen
N = grid

3.1.1. De scene vloer



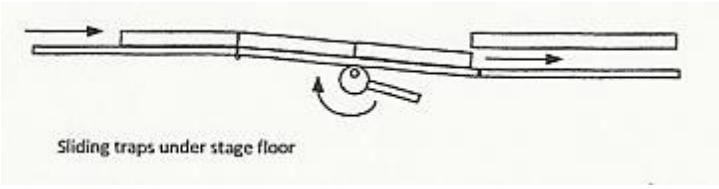
Afbeelding 3 Voorbeeld scene vloer met wingchange uit Traité de Scénographie van Pierre Sonrel



Afbeelding 4 schematische voorstelling scene vloer

De scene vloer is eigenlijk een puzzel van verschillende types van openingen waardoor elementen van de machinerie door de scene kunnen. De meest voorkomende elementen zijn: de straat, de valse straat en de costière, met daarin vallen, trappillons en tringgles.

De straat of Rue is een opening van ongeveer 1m breed over de ganse breedte van de scene. Ze wordt gebruikt voor liften, verschijningen vanuit het ondertoneel, etc. De opening wordt afgesloten door vallen (Trappe). Dit zijn vierkante houten planken die telkens een deel van de straat dichten. De vallen kunnen individueel verwijderd worden of in grotere theaters kunnen deze onder de scene glijden .



Afbeelding 5 Systeem om vallen onder de scene te laten glijden

De valse straat is een smallere versie van de straat en is maar 10 cm breed. De valse straat maakte het mogelijk om decorpanelen te laten stijgen vanuit de dessous met behulp van een cassette systeem. De opening wordt afgesloten met "trappillon".

De costiere is de opening in de scene vloer om de palen van de wing change in de wagens van de wing change te kunnen steken. Deze sleuven kunnen dicht gelegd worden met behulp van "Tringgles"

De straat, valse straat en 2 costiere vormen samen 1 plan of een sectie van de scene. Deze sectie is meerdere malen herhaald in de diepte van de scene.

3.1.2. Onder scene of Dessous

De onder machinerie bevat een serie van parallelle houten constructies. Op 3 verschillende niveaus onder de scene is er een vloer. In kleinere theaters kan het zijn dat er maar 2 niveaus zijn of zelfs maar 1 niveau, maar dan zijn er geen cassettes

Op het 1e niveau onder de scene bevinden zich er de rails voor de wagens van de Wing change.

Op het 2e niveau bevinden zich er de lieren, drums en assen voor het manipuleren van de wagens. Soms bevat het ook nog enkele liften.

Op het 3e niveau bevinden zich lieren en assen en drums en de cassette. Dit is de volledige diepte van de onder scene. Deze is nodig om de decorpanelen die met behulp van enkele cassette op scene wordt geschoven.

3.1.3. Boven machinerie

In theorie is er niets permanent in de boven machinerie . Het is een leeg grid met enkel openingen in om touwen door te laten gaan.

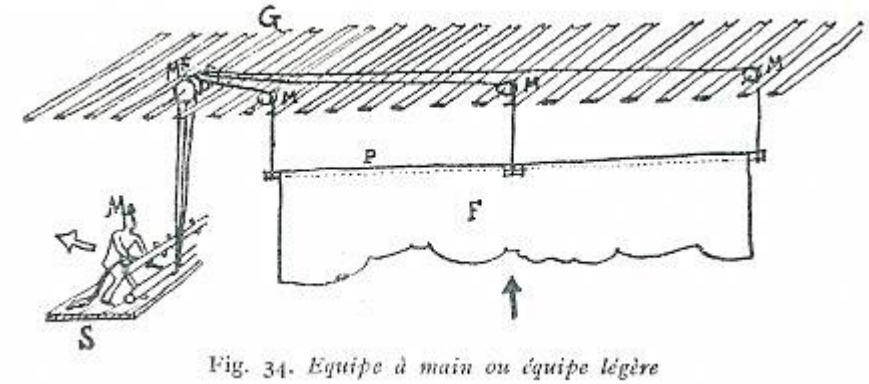
Afbeelding 6 Drums op het grid in de Bourlaschouwburg

Katrollen of blokken worden geplaatst waar nodig. Drums en lieren zijn permanent vastgemaakt aan het grid, ze zijn ook verbonden aan het dak. Ze moeten immers de krachten van de decors opvangen. In sommige gevallen zijn ze op verschillende levels gemonteerd.

Er zijn geen permanente geconnecteerde touwen. Het zijn machines die klaar zijn voor gebruik.

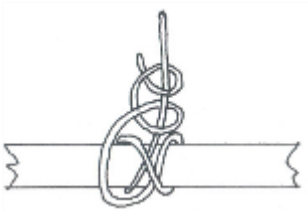
De boven machinerie heeft een zeer flexibel gebruik. De bovenmachinerie wordt meestal gebruikt om parallel met de sceneopening objecten te hangen. Touwen kunnen op verschillende plaatsen naar beneden gelaten worden, de mogelijkheid bestaat dus om een decorstuk diagonaal te hangen. Dit systeem maakt het ook mogelijk om objecten 3D te laten vliegen.

Omdat er enkel trekken hangen waar nodig blokkeren de trekken geen dwarse bewegingen. Wanneer het middenvlak vrij is, dan kan er zelfs met een vliegrail van voor naar achter gevlogen worden.



Afbeelding 7 voorbeeld van een Hemp-set uit Traité de scénographie van Pierre Sonrel

De eenvoudigste vorm van beweging is de "Hemp set". We hangen bijvoorbeeld een beschilderd doek omhoog. De machinist laat 4 a 5 touwen zakken via het grid. Het touw dichtste bij de zij brug wordt het korte touw genoemd, het verste touw is het lange touw. De techniekers beneden knopen met behulp van een knoop een trek vast en hangen aan de trek het doek.
Nu kunnen ze gebruik maken van een drum of het manueel omhoog trekken.
Er waren nog complexere systemen in gebruik met onder ander tegengewichten en winches die verder besproken worden.



Afbeelding 8 Voorbeeld hoe een roede bevestigen met een touw

3.2. Gebruikte materialen in een 19e eeuws theater

In dit hoofdstuk hebben we het over de onderzochte materialen die aanwezig zijn op de scene en die we dus ook nodig hebben gehad tijdens de bouw van de schaal modellen.

3.2.1. Katrollen

Een blok, katrol is een apparaat om touwwerk in verschillende richtingen te kunnen leiden, tevens in gebruik als samenstellend deel van takelconstructies. Er zijn specifieke blokken die werden vastgezet op het grid om het touw door het grid te laten geleiden.
Een blok werd vervaardigd van hout, en wordt naar het aantal schijven genoemd: één- twee- of drieschijfsblok enz.

In de meeste gevallen wordt een katrol alleen gebruikt om de richting van het touw te veranderen. De nood om met behulp van katrollen de kracht de verminderen is zeer beperkt omdat in dit soort theaters gebruik gemaakt wordt van drums en dit efficiënter is. Men creëert door het gebruik van drums minder frictie en wrijving.

3.2.1. Touw

Meestal worden er voor de bediening van de machinerie Hennep of Manilla touwen gebruikt, dit wordt nog gebruikt in een theater met een handtrekkenwand. De dikte van de touwen wordt bepaald eerder door de hanteerbaarheid dan door de sterkte van de touwen. De gebruikelijke dikte is ca. 25mm.
Deze touwen worden beïnvloed door vocht, waardoor onderhevig kan zijn aan rotten. De touwen worden verbonden met behulp van knopen, haken en splitsen.

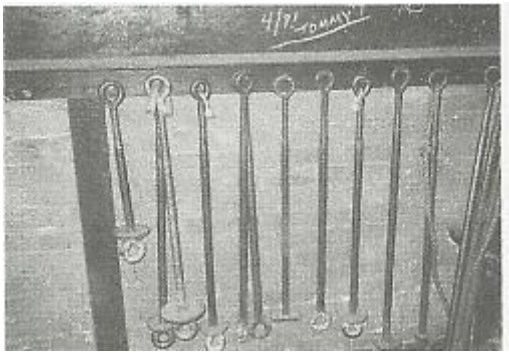
Omdat alles in connectie staat met behulp van touwen werden er standaard lengtes gebruikt zodat er eenvoudig van de assen van een drum naar bijvoorbeeld de cassette's kon gegaan worden.

3.2.2. Tegengewichten

Tegengewichten worden meestal gebruikt in grotere theaters. In kleinere theaters is de last vaak klein genoeg om direct omhoog te trekken of eventueel met behulp van een lier of een zandzak.

De gewichten worden tijdelijk gehangen waar ze nodig zijn. Ze wegen tussen de 8kg en de 20kg
Ze worden gestapeld op een tegengewichthouder, dit is een stalen baar met daarop een handvat waar je de mogelijkheid hebt om een touw aan te knopen.

Afbeelding 9 Tegengewicht uit Traité de scénographie van Pierre Sonrel

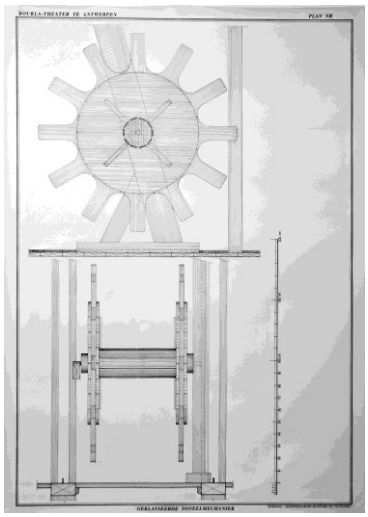


Afbeelding 10 Gestockeerde tegengewichtshouders

De tegengewichten worden gebruikt om de beweging in gang te houden. De tegengewichten werden omhoog getrokken door de lieren eens ze op hun plaats hingen werd door het afremmen van het tegengewicht de beweging in gang gezet. De tegenwichten en niet zoals velen denken de lieren zorgen voor de beweging.

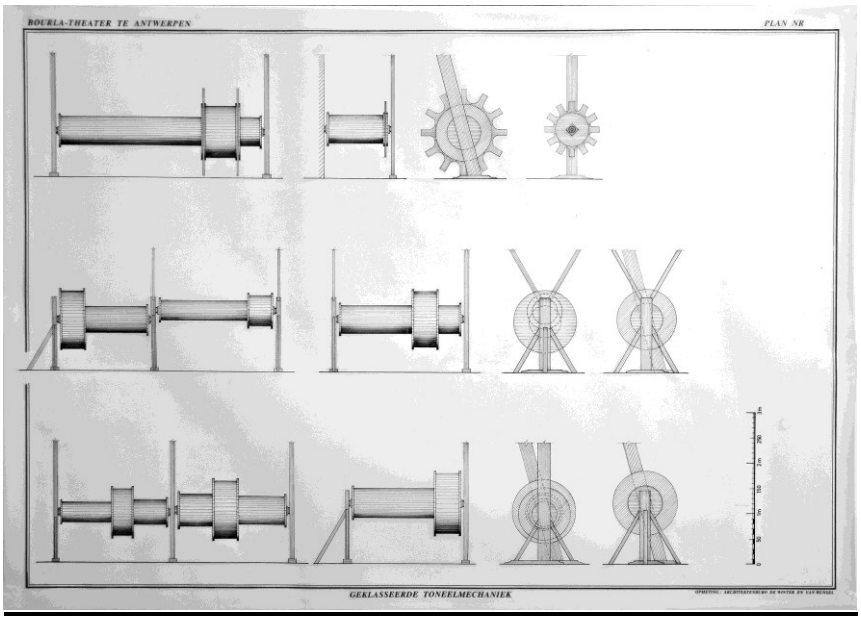
3.2.3. Tambour of lier

Een lier is een machine die het mogelijk maakt om touw te manipuleren met zo weinig mogelijk moeite. Volgens Pierre Sonrel, kan 1 getrainde machinist met behulp van een lier 400kg op trekken. De lieren worden meestal gebruikt tijdens de voorbereiding, om tegengewichten en decor op te trekken. De beweging tijdens een voorstelling gebeurt alleen door het afremmen van het tegengewicht dat in verbinding staat met de drum en die dan in verbinding staat met het decor of cassette etc.



Afbeelding 11 Technische tekening tambour van de Bourlaschouwburg

3.2.4. Drum



Afbeelding 12 Technische tekening verschillende soorten drum van de Bourlaschouwburg

De drum bestaat uit 2 aan elkaar verbonden cilinders. De kleinste is geconnecteerd aan de last , de grootste is geconnecteerd met het bedieningstouw en aan het tegengewicht. De drum verkleint hierdoor de kracht die hij nodig heeft om de last te laten bewegen. Wel verhoogt dit de afstand die het touw moet afleggen om de zelfde afstand te kunnen.

Als voorbeeld nemen we een drum met een diameter 30cm voor de kleinste drum en 110 cm voor de grootste. Een omwenteling rond de kleinste cilinder is 30cm x PI= 95cm. Een omwenteling rond de grootste is 110cm x PI= 350cm. Dat geeft ons een verhouding van 27% of ongeveer ¼ . Als de kracht x afstand gelijk is aan het gewicht x afstand en we willen bijvoorbeeld 100kg liften dan moeten we met een kracht van 27kg trekken. Om de last 1m te laten bewegen moeten we 3,66m touw binnen halen of laten vieren.
Om de proportie in een vergelijking om te zetten

r/R=P/p
r: is de kleine cilinder
R: de grote cilinder
P: gewicht dat vast hangt aan de grote cilinder
P: gewicht dat vast hangt aan de kleine cilinder

Voorbeeld: We kennen bijvoorbeeld het gewicht van de last die aan de drum hangt. Wat we met deze formule dan snel kunnen berekenen is het tegengewicht die we aan de grote as moeten hangen.
r: 0,4m
R: 1,20m
P:
p: 300kg

formule r/R=P/p

0,4m/1,20m=P/300kg

(0,4mx 300kg)/1,2m= P

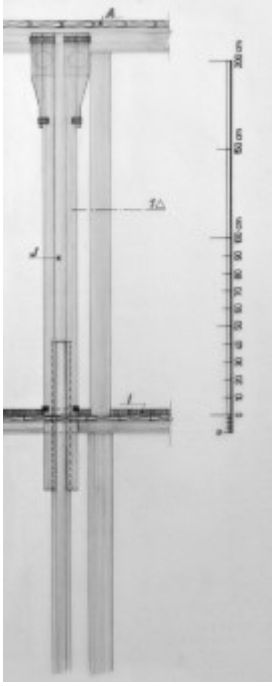
P= 100kg

Het tegengewicht dat we voor deze last moeten gebruiken is 100kg.
De verhouding tussen de kleine en grote as is 1 op 3 -> 0,4/1,20 is 0,333333 of 1/3

3.2.5. Cassette

De cassettes worden gebruikt om objecten van beneden de scene tot op de scene te brengen. Dit gebeurt met een verticale beweging.

De cassette is een glijdende rail die stevig is vast gemaakt op verschillende levels van de onderscene. Binnen deze rail is er een houten lat die van boven naar onder kan schuiven. De decorpanelen worden bevestigd op deze latten. Op het laagste punt van de lat is er een touw aan vastgemaakt, dit touw loopt door een spleet langs de lat. Dat touw wordt langs de onderkant bevestigd aan een oog, dat oog kan op verschillende hoogtes worden afgesteld.



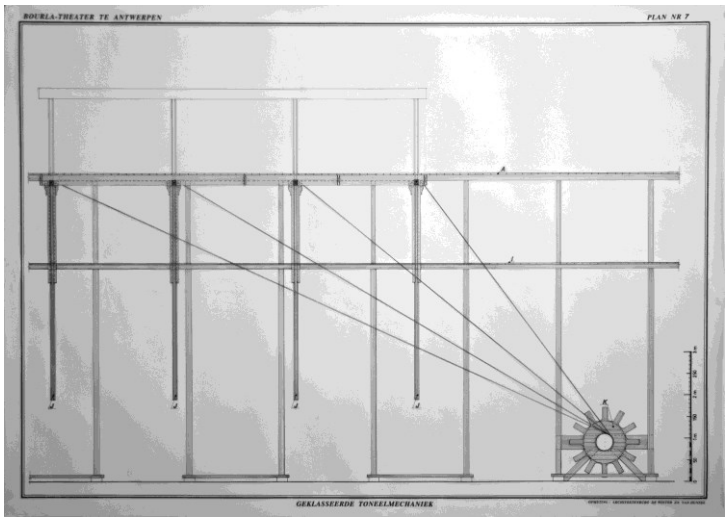
Afbeelding 13 Technische tekening Cassette van de Bourlaschouwburg

3.3. Gebruikte machinerie voor beweging op de scene

In dit hoofdstuk hebben we het over de onderzochte machinerie die we uiteindelijk hebben gebouwd. Deze machinerie is een combinatie van eerder vermelde onderdelen.

3.3.1. Feau rue

De feau rue dient om decors uit het ondertoneel te laten verschijnen of verdwijnen.



Afbeelding 14 technische tekening Feau rue van de Bourlaschouwburg

Een feau rue is een combinatie van verschillende cassette's. Een aantal cassette's worden op een rij gezet, een decorpaneel wordt dan aan verschillende cassette's bevestigd.
Een van de hoofdredenen waarom de onder scene zo diep is, is dat de volledige hoogte van een decorpaneel moet kunnen verdwijnen onder de scene.

In een zichtbare scènewisseling was het principe dat alles wat te maken had met de aarde, bodem en het aardse verdween onder de scene. Al het hemelse komt van boven en verdwijnt daar weer.

De cassettes kunnen met behulp van drums in beweging worden gezet.
Als er aan het bedieningstouw wordt getrokken zal het decor stijgen. In de meeste gevallen wordt er een tegengewicht gebruikt. Dit kan direct bevestigd worden aan de lat met behulp van de schoven of indirect bevestigd worden aan de drum. In dit geval zal de machinist het touw laten vieren en zal het geheel bewegen.

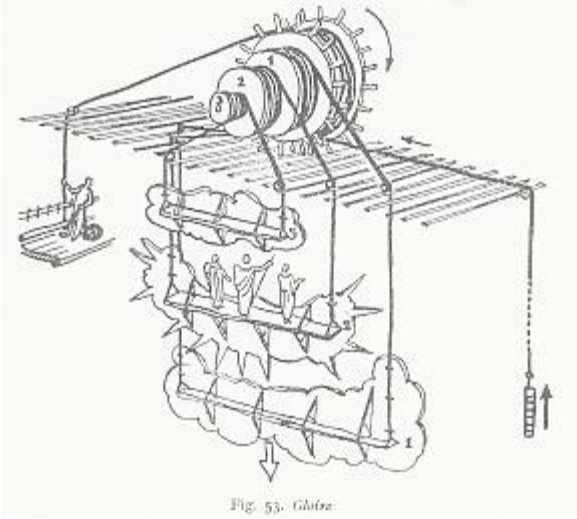
Het basisprincipe van de cassette wordt ook in andere machines gebruikt zoals liften en special effects zoals de zeerail die kan met behulp van verschillende cassette's een variatie van bewegingen vormen.

3.3.2. Gloire

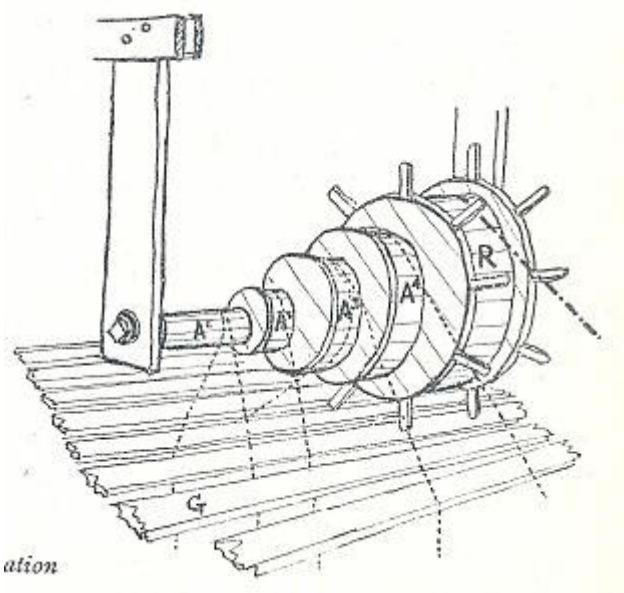
Een gloire zijn 3 of meer wolken die op verschillende assen bevestigd zijn waardoor ze op verschillende afstanden uit elkaar gaan. Dit komt door het gebruik van een veelvoudige drum waardoor er verschillende snelheden en afstanden worden gecreëerd.

Mogelijke verhoudingen zijn, de diameters 30 / 55 / 110 en de afgelegde afstanden tussen elkaar zijn dan 95 /175/ 350m

Dit wordt allemaal mogelijk gemaakt door de drum met verschillende snelheden. Zo een drum kan ook gebruikt worden voor een Deus ex Machina, om wolken open te laten schuiven van elkaar of voor het voordoek open te laten gaan in verschillend stadia. Een drum met verschillende assen is mogelijk met zeer veel verhoudingen tegenover elkaar.

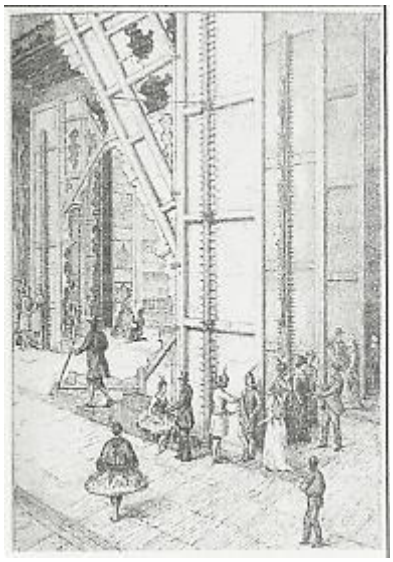


Afbeelding 15 Drum met verschillende snelheden



Afbeelding 16 Drum met verschillende snelheden

3.3.3. Wing change



Afbeelding 17 voorbeeld decorpaneel

De wing change is een machine die decors van jardin en cour laat verschijnen of verdwijnen. Als het eerste decorstuk van de wing change op scene staat, staat er een ander decorpaneel in de coulissen. Tijdens een decorwissel verwisselen deze van plaats met elkaar. De eerste scene kon zich eerst in een bos afspelen en de volgende scene kon al direct een woonkamer zijn zonder al te veel decorwissels.

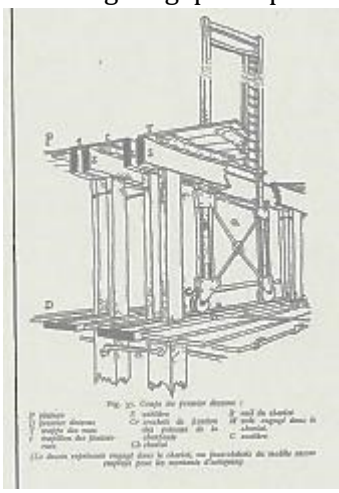
Het grootste onderdeel van de wing change is de chariot of de wagen. Dit maakt het mogelijk om decorpanelen van beide kanten van de scene op en af te laten gaan. De wielen van de wagen rijden in een voorziene spoor op het 1e niveau van de onderscene. De boven kant van de wagens wordt geleid door de zijkanten van de costiere.

Een mast, post of mât wordt bevestigd aan de wagen zodat er een decorpaneel op bevestigd kan worden. De mast wordt op het 1e niveau van de onderscene in de wagens geplaatst en passeert hierdoor de costiere. In moderne theaters wordt het systeem nog toegepast op de portaaltorens, om de scene opening kleiner en groter te maken.

De masten hebben enkele haken op enkele cm boven de grond om de panelen op te plaatsen. Zij verzekeren dat het paneel de grond niet raakt tijdens de beweging. De masten hebben verticale extensies om de panelen vast te kunnen binden.

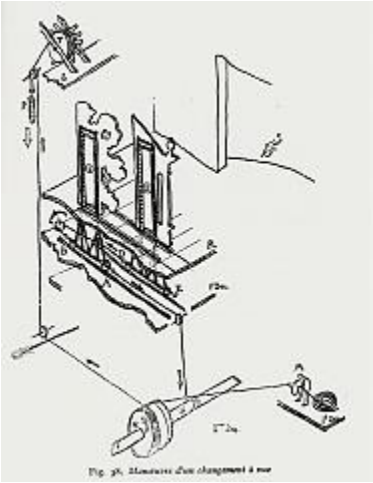
Dubbele wagens zijn het zelfde geconstrueerd als een enkele wagen maar deze hebben een frame om panelen op te bevestigen.

Er zijn 2 mogelijkheden om de wagens te laten bewegen.
De 1e manier is manueel, deze werd meestal toegepast als de beweging uit het zicht gebeurde of er geen nood was aan synchronisatie. Eens in positie kan de wagen vast gezet worden.



Afbeelding 18 Wagen wing change uit traité de scénographie van Pierre sonrel

De 2e mogelijkheid om de wagens te laten bewegen is als de beweging zichtbaar voor het publiek gebeurt
De wagens worden aan elkaar verbonden en worden dan aan de kleine as van een drum bevestigd. Deze drum stond in verbinding met de wagens en met de tegengewichten. Op deze manier zal alles simultaan gebeuren. Eens alles op zijn plaats moet de machinist alleen zijn touw laten vieren en de wagens bewegen. De wagens van de wing change konden worden bevestigd aan de zelfde as en zo bleef de decorwissel synchroon.
Om de wagens terug te laten gaan moet er eerst het tegengewicht worden opgetrokken met behulp van een lier. Het touw dat van de as naar de wagen gaat moet nu verplaatst worden naar de andere wagen. Nu kan er terug een gesynchroniseerde beweging gebeuren in de ander richting.



Afbeelding 19 werking wing change uit Traité de scenographie van Pierre Sonrel

4. Ontwerpproces

We hebben het ontwerpproces in verschillende fases opgedeeld.
Eerst hebben we de verschillende machines onderzocht en enkele schetsen gemaakt. Na dit onderzoek hebben we beslist welke techniek we zouden gebruiken. Na deze fases zijn we verder gaan tekenen tot het uiteindelijke ontwerp. Eens het ontwerp er was en we de productiemethode gekozen hadden konden we beginnen met het testen van onze schaalmodellen. In dit hoofdstuk gaan we verder in op elke fase van het ontwerpproces.

4.1. Tekenen en ontwerpen

De ontwerpen zijn gestart vanuit de tekeningen van de Bourlaschouwburg en de systemen zijn onderzocht aan de hand van de 'Traîte de scenogaphie' van Pierre Sonrel.
De tekeningen dateren uit de periode van de verbouwingen van de bourlaschouwburg in 1992.
Deze tekeningen waren alleen beschikbaar in JPG.
Deze JPG tekeningen werden in autocad ingeladen. Dan hebben we wat variaties uitgeprobeerd met de schaal zodat deze ongeveer overeenkomt met de tekening en autocad. Als we deze juiste verhouding hadden konden we de afmetingen aflezen.
Eens we de afmetingen van de machine hadden konden we deze verschalen naar ¼ voor ons schaalmodel.

We zijn gestart met het idee om alles uit multiplex te maken. Dit wilt dus zeggen dat we alles 2D kunnen tekenen en die dan samen voegen tot het uiteindelijke 3D object. Het ontwerp heeft tijdens het tekenen verschillende fases doorgemaakt. Het ontwerp werd aangepast in functie van de mogelijkheden die we hadden met een CNC machine

4.2. Autocad

Voor het tekenen van de ontwerpen werd gekozen om met autocad te tekenen. Autocad is een CAD-programma dat het mogelijk maakt om technische tekeningen en 3d-modellen te maken.
De constructiemethode van de schaalmodellen zijn 2D elementen die we dan samenvoegen tot 1 3D object. Daarom heb ik gekozen om het ontwerp in 2D ook te tekenen.
Een CAD programma maakt het dus mogelijk om met behulp van een computer een technische tekening te maken. CAD-programma's werken met het uitwisselbare DWG-formaat waardoor het mogelijk wordt om bestanden uit te wisselen met verschillende programma's en die bestanden kunnen ook worden ingelezen door programma's die machines aansturen.

Zoals eerder vermeld hebben we afbeeldingen van de technische tekening van de Bourlaschouwburg ingeladen in autocad. Deze ingeladen afbeeldingen werden zo geschaald zodat deze overeen kwamen met de schaal van de tekening. Waarna we de afmetingen konden inschatten. Van deze afmetingen zijn we vertrokken en hebben we de eerste tekeningen en ontwerpen van gemaakt.

4.3. Cnc

De onderdelen zijn gemaakt met een CNC machine. Deze machine freest exacte vormen die getekend zijn door middel van een CAD- programma uit alle soorten platen van hout tot aluminium. Het voordeel van deze methode is, als er 1 object ontworpen is dan kan het meerdere malen geproduceerd worden.

Een CNC machine is een automatische freesmachine. De voordelen die zo een machine heeft zijn
- *Tijd: omdat er minder vakmanschap bij komt te kijken en het automatisch gebeurt, zal de tijd die je anders in een product zou steken drastisch verminderen.*
- *Efficiëntie: Doordat je alles voorbereidt in een tekening kan de computer zijn baan berekenen en een zo efficiënt mogelijk baan zoeken om te frezen. Doordat je met een tekening werkt en kunt zien hoeveel plaats je op een plaat hebt is het mogelijk om heel zuinig te gaan werken en zo weinig mogelijk hout te gebruiken.*

Het programma waar we de DWG tekening hebben ingeladen om dan te frezen is CamBam. CamBam is een programma dat van CAD tekeningen Cam files van maakt of wel een g-code. Deze code wordt dan op zijn beurt gelezen door de CNC machine.

Hier enkele termen die tijdens het frezen belangrijk bleken te zijn.
Het tegenloop frezen of negatief frezen hebben we gebruikt voor de eerste laag van de multiplex. Dit omdat we anders splintervorming kregen aan de randen van de machinerie. Met het tegenloopfrezen was dit niet het geval.

Meelopend frezen

Men spreekt van meelopend frezen als de rotatie van het gereedschap (frees) en de voeding in dezelfde richting gebeurt (vb: frees draait in wijzerzin en de tafel (met het werkstuk) gaat naar links). Spaanafvoer vindt plaats in tegenovergestelde richting van de freesvoeding.
Voordelen:
- *de frees wil het werkstuk niet doen loskomen uit de spanschroef*
- *gemakkelijke spaanafvoer*
- *minder slijtage*
- *betere oppervlakteruwheid dan bij tegenlopend frezen*
- *zuiverder werk*

Nadelen:
- *Moer aandrijfspindel moet minimale speling hebben, anders kunnen de tanden van de frees te veel materiaal grijpen en afbreken.*

Tegenlopend frezen of negatief frezen

Tegenlopend frezen betekent dat de rotatie van het snijgereedschap (de frees) en de voeding in tegenstelde richting gebeurt. Spaanafvoer vindt plaats in de richting van de freesvoeding.

Voordelen:

Drukt speling van de bewegingsmoer tegen de flank van de spil waar de bewegingskracht wordt veroorzaakt. Bij machines die geen spelingsvrije bewegingsmoer hebben, (Conventionele draai-freesmachines) krijgen dan een heen en weer getrek wat veroorzaakt wordt doordat de frees het werkstuk naar zich toetrekt en de bewegingsspil het werkstuk van zich afduwt.

Nadelen:

Meer kans op trillingen
Snellere slijtage dan bij meelopend frezen
Ongunstige spaanafvoer
Meer vermogen nodig

Wanneer mee- of tegenlopend frezen?
In harde kunststoffen wordt bijna altijd meelopend gefreesd, terwijl in hout en zachte kunststoffen bijna altijd tegenlopend gefreesd wordt. Bij lange dunne freesgereedschappen, is het soms noodzakelijk om tegenlopend te frezen omdat door de lengte er torsie en buiging optreedt in het gereedschap, het gereedschap herhaald vooruitloopt op de voeding en weer relaxeert doordat de voeding de spanning wegneemt. Tegenlopend frezen kan dan soelaas bieden om de buiging en torsie tegenovergesteld in de voedingsrichting te laten lopen waardoor het gereedschap minder resoneert[1]. (Frezen, 2014)

4.4. Lasercut

4.4.1. Fablab

Fablab Brussel is een werkplaats, onderzoeksruimte waar er een aantal computergestuurde machines staan. Zo staan er 3D-printers, lasercutters, freesmachines, pcb-frezen en een plasmacutter. Het Fablab is elke dag open voor de studenten industrieel ingenieur van de Erasmus Hogeschool en de VUB. Op woensdag is het open voor iedereen die deze machines wil gebruiken. De filosofie van het Fablab: Wij maken niks voor niemand. We vinden het namelijk een beter idee om iedereen zelf te leren werken met hun machines. [2] (Fablab)

Het interessante aan Fablab is het gratis in gebruik en ter beschikking stellen van technische middelen voor studenten. Als ontwerper heb je de mogelijkheid om dingen uit te proberen.

Voor dit project leek het ons de ideaal om het materiaal in het Fablab te gebruiken. Het enige maar belangrijk nadeel van het Fablab is de beperkte openingtijden, het lab is open op woensdag namiddag van 13u tot 21u voor iedereen en op donderdag voor studenten van de Ersamushogeschool en VUB. Er is een beperkt aantal machines en de vraag is groot.

Het Fablab is een zeer goed initiatief omwille van de goedkope beschikbaarheid van geavanceerde machinerie aan de geïnteresseerde mensen en studenten. Het idee van Fablab is het aanleren van het gebruik van de machinerie wat ik ook heb kunnen ervaren, maar het systeem om alleen op woensdag eventueel de CNC machine te kunnen gebruiken is niet werkbaar wanneer er veel moet gefreesd worden of wanneer er tijdsdruk is.

---

[1] *Frezen*. (2014, juni 10). (10 jun 2014 om 13:56) Opgeroepen op juli 2014, van http://nl.wikipedia.org/wiki/Frezen

[2] Fablab. (sd). *Fablab brussels*. Opgeroepen op juli 2014, van http://www.fablab-brussels.be

4.4.1. Tegengewichten

Om alle machinerie echt te laten werken zijn er tegengewichten nodig. Deze tegengewichten hebben we laten laseren bij Van den Bossche metaalbewerking in Mechelen.

Het idee bestond er oorspronkelijk in om ronde plaatjes te laseren met diameter 10cm met in het center en gat van 10,5mm in een plaat van 20mm dik. Dit was echter niet mogelijk omdat ze met hun lasercutter maar gaten van 20mm konden maken in een plaat van 20mm.
Het zijn uiteindelijk gewichten geworden van 0,675kg met een diameter van 10cm met in het center een gat van 10,5mm en een dikte van 10mm.
Het gat in het center hebben we 10,5mm gemaakt zodat we eenvoudig de gewichten op een draadstag van 10mm konden steken.

De houder voor de tegengewichten is een draadtstang M10 met daarop een oogmoer op bevestigd en langs de andere zijde een moer. Met deze moer konden we snel enkele gewichten bij steken of er enkele afhalen.

Afbeelding 20 Tegengewichthouder van het schaalmodel

Het nadeel van de stang met de oogmoer is dat heel de stang begon te draaien waardoor het verbindingstouw vaak opgedraaid kwam te zitten.
Het laden van de gewichten gaat op deze manier vrij traag maar omdat dit een schaalmodel van ¼ is het zeker doenbaar.

4.5. Eerste proefbouw

Nadat we van elke machine 1 prototype hadden gemaakt was het tijd om eens de constructie te plaatsen en de dingen te testen.
Eerst hebben we van elk model de basisconstructie opgebouwd zodat we van daar uit verder konden werken. Eens de basisconstructie er stond hebben we enkele katrollen gehangen en de eerste testen uitgevoerd. Na deze testen zijn er enkele aanpassingen gebeurd aan het ontwerp van elke machine. Hierna volgt de opsomming van de aanpassingen die na de proefbouw zijn gebeurd.

Drum: Bij de drum hebben we de grote as met 50mm verlengd en de kleine as hebben we 3 keer zo lang gemaakt. Door dit te verlengen kregen we meer ruimte om de touwen er rond te slaan. De hoogte van de voet van de drums werd verhoogd omdat de drum de grond raakte en door eht slepen zijn functie niet correct kon uitvoeren.

Wagen wing change: Deze hebben we qua hoogte aangepast om perfect te laten aansluiten met de vloerplaat.

Met de testen die we hebben uitgevoerd zijn we verder aan de slag gegaan tot het uiteindelijke product.

5. Bouwproces

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe we tot de machines zijn gekomen. Welke productiemethode we gekozen hebben en hoe we het uiteindelijk hebben gebouwd, dit wordt uitgelegd in enkele handleidingen. Verder wordt er uitgelegd welke materialen er werden gebruikt en waarom.

5.1. Keuze productie methoden

Om snel en efficiënt enkele machines te maken leek ons het aangewezen om alles uit te laseren of te frezen.
Voor het bouwproces van de machinerie en de prototypes hebben we gekozen om een CNC machine te gebruiken en niet de platen te snijden met een lasercut. Omdat we met de beschikbare lasercut maar tot 4mm MDF konden snijden was dit veel te dun is voor toepassing die we nodig hebben.

Doordat we met autocad tekenen, konden de tekeningen snel worden ingelezen in de CNC programma's.

De tekeningen zijn opgebouwd in lagen. Lagen zijn er om de zichtbaarheid van objecten te regelen en om eigenschappen toe te wijzen zoals kleur en lijn type. Objecten op een laag nemen gewoonlijk de eigenschappen van die laag aan. Elke laag kan tijdens een freesproces een andere bewerking zijn.
Een laag kan een verschillende bewerking zijn zo kan je een laag benoemen die helemaal door de plaat freest deze kan je benoemen als cut of door. Bij uitkameren wordt er tot een bepaalde laag gefreesd. Het belangrijke hierbij is de diepte bij de laag in je tekening vermelden.
Door lagen op en af te zetten vereenvoudigt dit de controle op alle bewerkingen die moeten gebeuren. Zo kan je elke laag voor elke onderdeel controleren of ze in de juiste laag zit en er fouten zijn gebeurt tijdens het tekenen.

Een CNC-programma ziet elke lijn als een aparte bewerking , dit om tijd te besparen en weer de controle eenvoudiger te houden. Je kan de lijnen groeperen met de functie 'join', hierdoor worden alle aparte lijnen omgezet in polylijnen en geen aparte lijnen. Alle lijnen worden 1 lijn, de bewerking wordt maar 1 beweging in plaats van 15 bewegingen .
De functie join werkt niet met een object met bogen en lijnen. Het nadeel hiervan is later met het frezen dat het CNC-programma dit zal zien als meerdere bewerkingen.
Het programma Cambam daarentegen kan wel bogen en lijnen samenvoegen waardoor we dit wel als 1 bewerking konden uitvoeren. Dit was nodig bij een zijplaat van een lier omdat daar zeer veel bogen in zaten.

5.2. Keuze materialen

Hier wordt verder toegelicht en verklaring gegeven bij de keuzes die we hebben genomen met betrekking tot de houtsoort, het verlijmen of het vijzen.

5.2.1. Hout

De keuze qua hout was vrij eenvoudig. Het prototype hebben we gemaakt uit MDF (Medium-Density Fibreboard), dit is een geperste plaat met een gemiddelde dichtheid. Het frezen van MDF is eenvoudiger en sneller dan een multiplex. Qua prijs en eenvoud in de bewerking is het een perfecte keuze geweest om de prototypes in MDF te maken.

Voor het uiteindelijke ontwerpen hebben we gekozen voor een 9 lagen kwaliteit multiplex. Hoe meer lagen de multiplex heeft hoe sterker de multiplex. De multiplex gaf een meer natuurlijke uitstraling aan de modellen dan MDF. Het frezen van Multiplex duurde een derde langer dan MDF. De reden waarom we multiplex hebben verkozen boven MDF is de sterkte en een meer natuurlijke uitstraling van de multiplex.

5.2.2. Lijm

Mede door de opzet van het ontwerp en de tekeningen van de verbindingen die overigens vanzelfsprekend zijn voor de artisanale houtconstructie, moeten we de stukken enkel vastlijmen aan elkaar en vormden deze zo een stabiele verbinding . Door met uitgekamerde sleuven te werken volstaat het te puzzelen met de onderdelen en vast te lijmen. Eens de lijm uitgehard was en er genoeg druk op de elementen werd geplaatst was de hechting perfect..
Er zijn verschillende soorten houtlijm met elk hun specifiek doel. Voor dit project heb ik houtlijm D2 gebruikt.

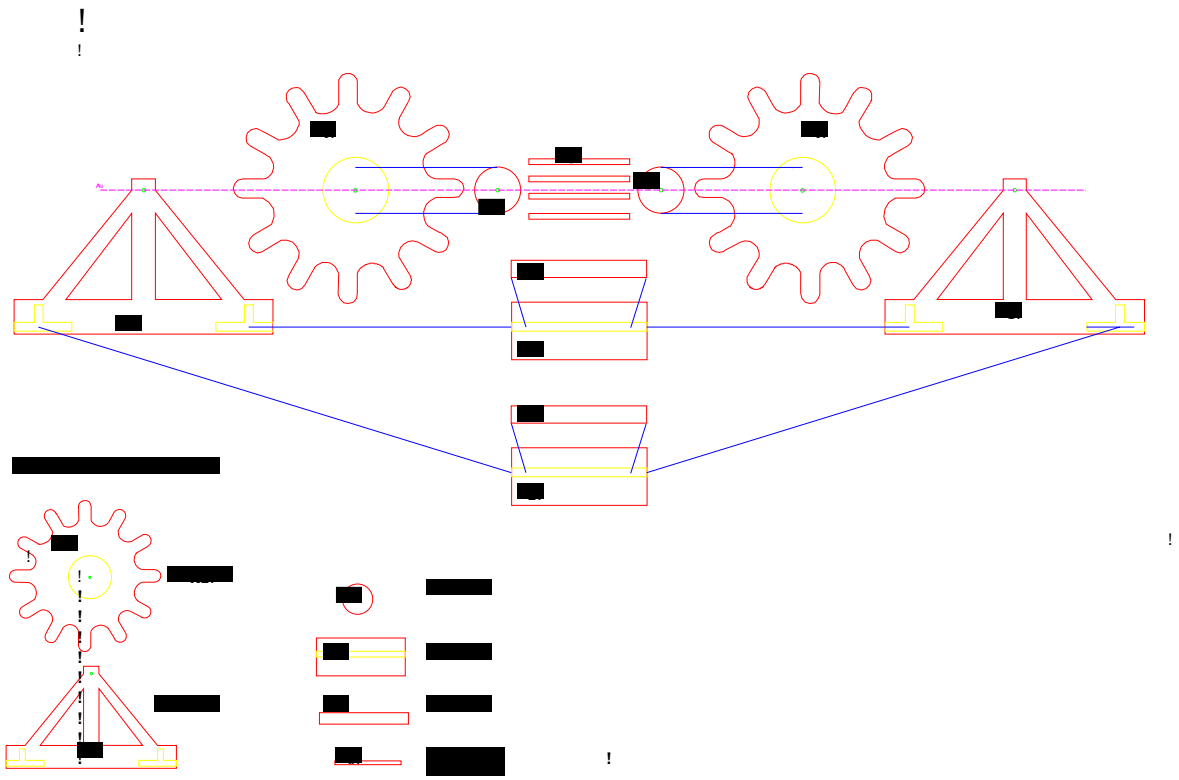
Afbeelding 21 Constructie van de drums

D1: Voor gebruik in droge en gematigde binnenklimaten: onder andere binnen meubilair
D2: Voor gebruik in een soms vochtig binnenklimaat: onder andere badkamermeubelen
D3: Voor gebruik in een vochtig binnenklimaat of een buitenklimaat onder dak: onder andere afdaken
D4: Voor het gebruik in contact met water of voor buitenklimaat, met grondcontact: onder andere meubilair voor buiten

5.3. Handleidingen

In dit deel van hoofdstuk worden de handleidingen uitgewerkt per gebouwde theatermachine. Zoals eerder vermeld is het een open source project. Wie geïnteresseerd is in de werking van de historische theatermachinerie en deze eventueel wil nabouwen volgt hier het hoofdstuk met de handleidingen van de machinerie.

5.3.1. Tambour / lier

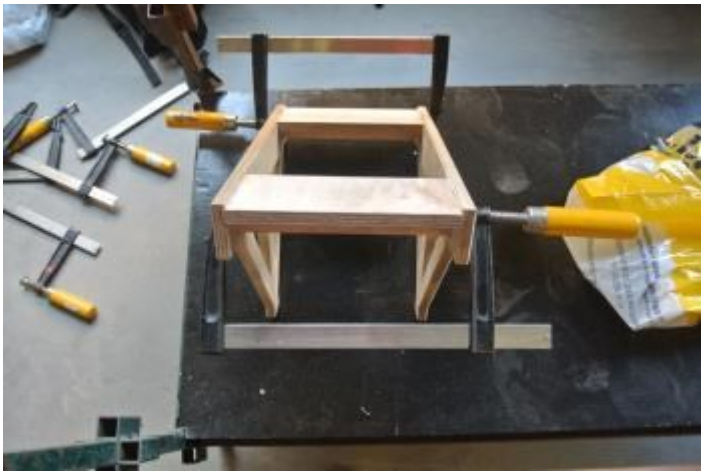


Afbeelding 22 Constructieschema Tambour

legende

rood : Doorgefreesde elementen
geel: Uitgekamerde delen
groen: Geboorde gaten M6

1. Zorg dat alle uitgekamerde vlakken stofvrij zijn.
2. De rechte uitgekamerde sleuven zijn in de hoeken niet perfect recht, neem een breekmes en verwijder de resterende obstakels in de hoeken van deze sleuven.
3. Lijm plank 3 in de uitgekamerde sleuf van plank 2. Doe dit 2 maal
4. Je hebt nu een samengestelde plank van plank 2 en plank 3. Lijm deze nu in de uitgekamerde sleuf op plank 1, doe dit aan beide zijdes van plank 2 en 3
5. Lijm nu de laatste plank 1 vast aan de andere zijde van de samengestelde planken 1en 2.
6. Bevestig nu 2 lijmklemmen op het vastgelijmde gedeelte en laat dit enkele uren drogen. Indien je geen lijmklemmen hebt zorg dan dat je minstens 5kg/cm druk zet op de gelijmde onderdelen.



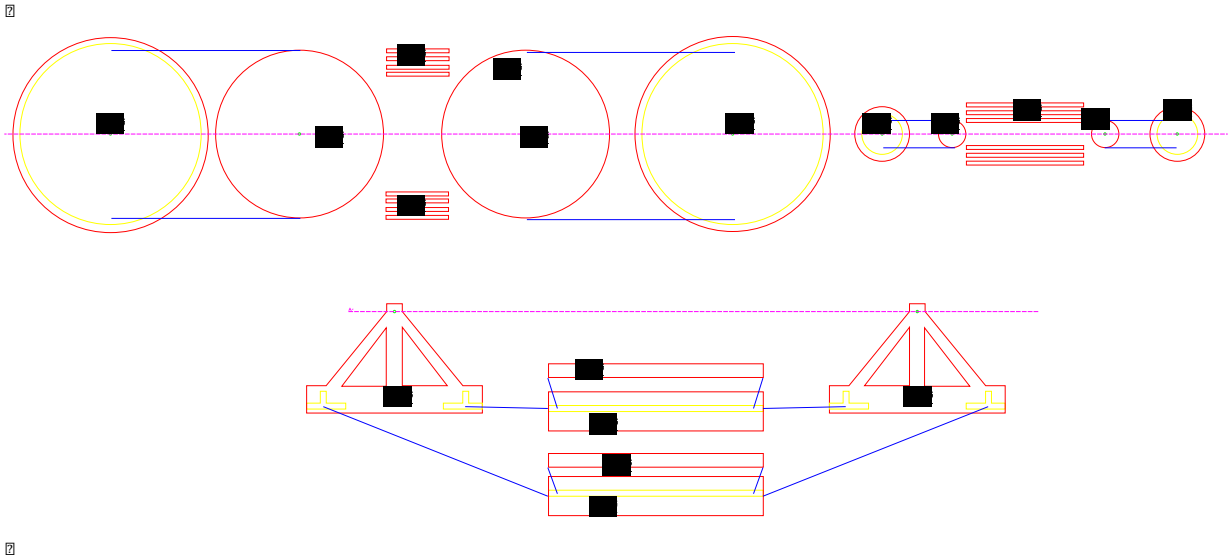
Afbeelding 23 Basisstructuur verlijmen

7. De basisstructuur is nu klaar.
8. Lijm plank 5 in het uitgekamerde gedeelte op plank 4. Om deze perfect aan te laten sluiten kan je gebruik maken van een bout m6 en dit door 5 en 4 zodat deze vast komen te zitten. Schroef deze vijzen van plank 5 naar plank 4. Zo voorkom je dat deze vijzen zichtbaar zullen zijn op het einde.
9. Neem nu alle gezaagde latjes 6 van 10mm x 15mm x 175mm
10. Lijm deze latjes vat in de resterende sleuf tussen plank 4 en 5, zoals te zien is in afbeelding 24.
11. Als de sleuf helemaal vol zit, neem je papier tapen en tape je rond de latjes rond zodat deze vast komen te zitten en niet meer naar buiten kunnen vallen.
12. Nu kan je de laatste plank 4 en 5 op de andere kant van de latjes lijmen.
13. Klem dit vast zoals de basisstructuur en laat dit enkele uren drogen.
14. Neem nu een draadstang van 200mm
15. Steek de draadstang door het eerste gat van de basis structuur draai een bout tussen de basis structuur en de tambour en plaats en sluitring tussen de moer en de basisstructuur, draai verder tot als je door de tambour heen zit. Als je door de tambour zit draai nog een bout tussen de tambour en de basisstructuur en een sluitring tussen de moer en de basisstructuur. Nu moet je om de beurt aan de moeren draaien om de draadstang door het laatste gat te krijgen. Als je door alle gaten heen zit kan je nu alles vast zetten met aan elke kant een sluitring en een moer met borging.
16. Je tambour is nu klaar

Afbeelding 24 Lijmen van de verbindingslatjes

Afbeelding 25 Afgewerkte tambour

5.3.2. Drum of Tambour 2 assen



Afbeelding 26 constructieschema drum

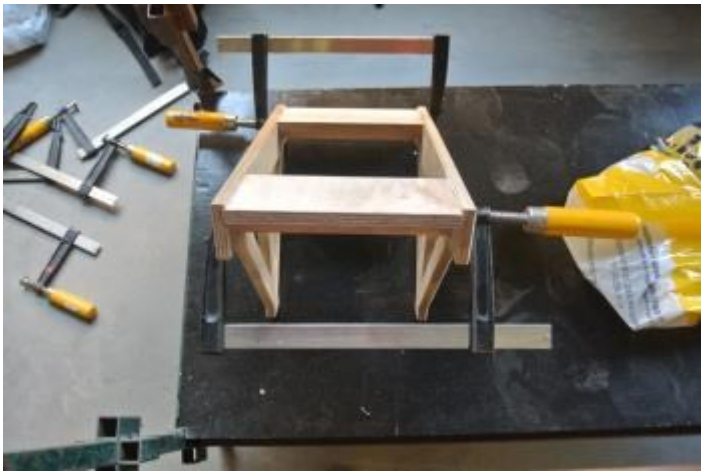
legende

rood : Doorgefreesde elementen
geel: Uitgekamerde delen
groen: Geboorde gaten M6

Benodigdheden

- Houtlijm
- 4 lijmklemmen
- 45 houten latjes breedte x dikte x lengte 10mm x 15mm 310mm
- 160 houten latjes breedte x dikte x lengte 10mm x 15mm 160mm
- draadstang 6mm lengte 600mm
- 2x moer M6
- 2x moer met borging
- 4x sluitring M6

1. Zorg dat elle uitgekamerde vlakken stofvrij zijn.
2. De rechte uitgekamerde sleuven zijn in de hoeken niet perfect recht, neem een breekmes en verwijder de resterende obstakels in de hoeken van deze sleuven.
3. Lijm plank 1 in de uitgekamerde sleuf van plank 2. Doe dit 2 maal
4. Je hebt nu een samengestelde plank van plank 1 en plank 2. Lijm deze nu in de uitgekamerde sleuf op plank 3, doe dit aan beide zijde van plank 3.
5. Lijm nu de laatste plank 3 vast aan de andere zijde van de samengestelde planken 1en 2.
6. Bevestig nu 2 lijmklemmen op het vastgelijmde gedeelte en laat dit enkele uren drogen. Indien je geen lijmklemmen hebt zorg dan dat je minstens 5kg/cm druk zet op de gelijmde onderdelen.



Afbeelding 27 basisstructuur verlijmen

7. De Basis structuur is nu klaar.
8. Lijm plank 4 in het uitgekamerde gedeelte op plank 5. Om deze perfect aan te laten sluiten kan je gebruik maken van een bout m6 en dit door plank 4 en 5 zodat deze vast komen te zitten. Schroef deze vijzen van plank 4 naar plank 5. Zo voorkom je dat deze vijzen zichtbaar zullen Doe dezelfde handeling voor plank 6 en 7.
9. Neem nu een samengestelde plank 4 en 5 en een samengestelde plank 6 en 7.
10. Lijm nu deze 2 samengestelde planken met de niet uitgekamerde kant tegen elkaar, neem een M6 bout en steek dit door het uitgeboorde gat in beide planken. Schroef nu enkele vijzen van plank 4 naar plank 6 zodat deze vast komen te zitten. Zo voorkom je dat deze vijzen zichtbaar zullen zijn.
11. Neem nu alle gezaagde latjes 8 van 10mm x 15mm x 160mm
12. Lijm deze latjes vat in de resterende sleuf tussen plank 6 en 7. Zoals te zien is in de afbeelding 28.
13. Als de sleuf helemaal vol zit, neem je papier tapen en tape je rond de latjes rond zodat deze vast komen te zitten en niet meer naar buiten kunnen vallen.
14. Nu kan je de laatste plank 6 en 7 met de daarop bevestigde plank 4 en 5 op de andere kant van de latjes lijmen.
15. Klem dit vast zoals de basisstructuur en laat dit enkele uren drogen.
16. Als alles droog is kunnen we nu de kleine as verder afwerken.
17. Neem nu alle gezaagde latjes 9 van 10mm x 15mm x 300mm
18. Neem de grote as met daarop al de bevestigde plank 4 en 5.
19. Lijm nu alle latjes in de resterende sleuf tussen plank 4 en 5
20. Als de sleuf helemaal vol zit, neem je papier tapen en tape je rond de latjes rond zodat deze vast komen te zitten en niet meer naar buiten kunnen vallen.
21. Lijm nu de laatste samengestelde plank 4 en 5 vast op de latjes.
22. Klem dit vast zoals de basisstructuur en laat dit enkele uren drogen.
23. Neem nu een draadstang van 600mm
24. Steek de draadstang door het eerste gat van de basis structuur draai een bout tussen de basis structuur en de tambour en plaats en sluitring tussen de moer en de basisstructuur, draai verder tot als je door de tambour heen zit. Als je door de tambour zit draai nog een bout tussen

Afbeelding 28 Lijmen van de verbindingslatjes

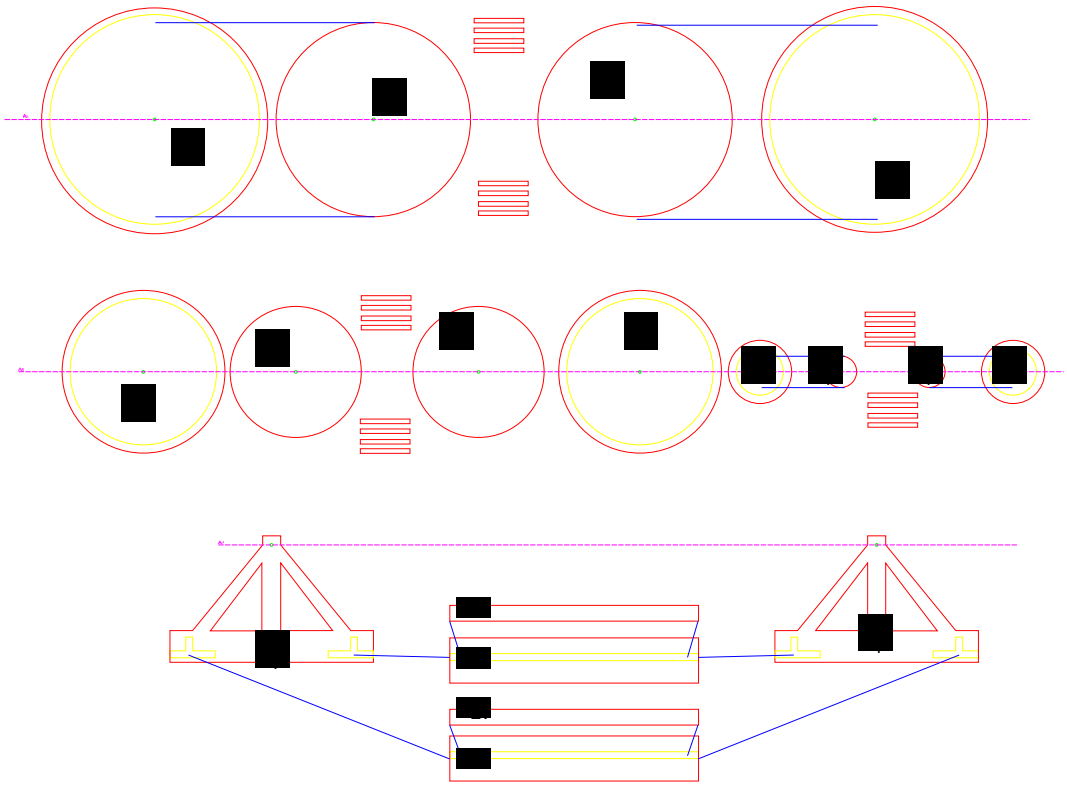
Afbeelding 29 Drogen lijm van de drum

de tambour en de basisstructuur en een sluitring tussen de moer en de basisstructuur. Nu moet je om de beurt aan de moeren draaien om de draadstang door het laatste gat te krijgen. Als je door alle gaten heen zit kan je nu alles vast zetten met aan elke kant een sluitring en een moer met borging.

Afbeelding 30 Afgewerkte drum

5.3.3. Drum of Tambour 3 assen

!



!

!

Afbeelding 31 Constructieschema drum met verschillende snelheden

legende

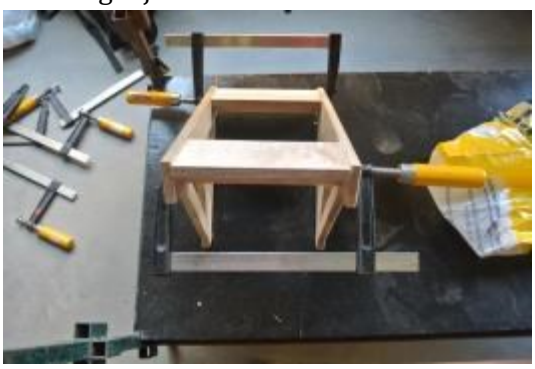
rood : Doorgefreesde elementen
geel: Uitgekamerde delen
groen: Geboorde gaten M6

Benodigdheden

- Houtlijm
- Lijmklemmen
- 310 houten latjes breedte x dikte x lengte 10mm x 15mm 110mm
- draadstang 6mm lengte 450mm
- 2x moer M6
- 2x moer met borging
- 4x sluitring M6
- vijzen 3,5x20mm
  vijzen 3,5x 35

1. Zorg dat elle uitgekamerde vlakken stofvrij zijn.

2. De rechte uitgekamerde sleuven zijn in de hoeken niet perfect recht, neem een breekmes en verwijder de resterende obstakels in de hoeken van deze sleuven.
3. Lijm plank 1 in de uitgekamerde sleuf van plank 2. Doe dit 2 maal
4. Je hebt nu een samengestelde plank van plank 1 en plank 2. Lijm deze nu in de uitgekamerde sleuf op plank 3, doe dit aan beide zijde van plank 3.
5. Lijm nu de laatste plank 3 vast aan de andere zijde van de samengestelde planken 1en 2.
6. Bevestig nu 2 lijmklemmen op het vastgelijmde gedeelte en laat dit enkele uren drogen. Indien je geen lijmklemmen hebt zorg dan dat je minstens 5kg/cm druk zet op de gelijmde onderdelen.



Afbeelding 32 basisstructuur verlijmen

7. De Basis structuur is nu klaar.
8. Lijm plank 4 in het uitgekamerde gedeelte op plank 5. Om deze perfect aan te laten sluiten kan je gebruik maken van een bout m6 en dit door het uitgeboorde gat te steken in beide planken. Schroef nu enkele vijzen in plank 4 en 5 zodat deze vast komen te zitten. Schroef deze vijzen van plank 4 naar plank 5. Zo voorkom je dat deze vijzen zichtbaar zullen zijn op het einde.
9. Doe dezelfde handeling voor plank 6 en 7 en voor plank 8 en 9.
10. Neem nu een samengestelde plank 6 en 7 en een samengestelde plank 8 en 9.
11. Lijm nu deze 2 samengestelde planken met de niet uitgekamerde kant vast. Om deze perfect aan te laten sluiten kan je gebruik maken van een bout m6 en dit door het uitgeboorde gat te steken in beide planken. Schroef nu enkele vijzen van plank 4 naar plank 6 zodat deze vast komen te zitten. Zo voorkom je dat deze vijzen zichtbaar zullen zijn op het einde.

Afbeelding 33 lijmen van de verbindingslatjes

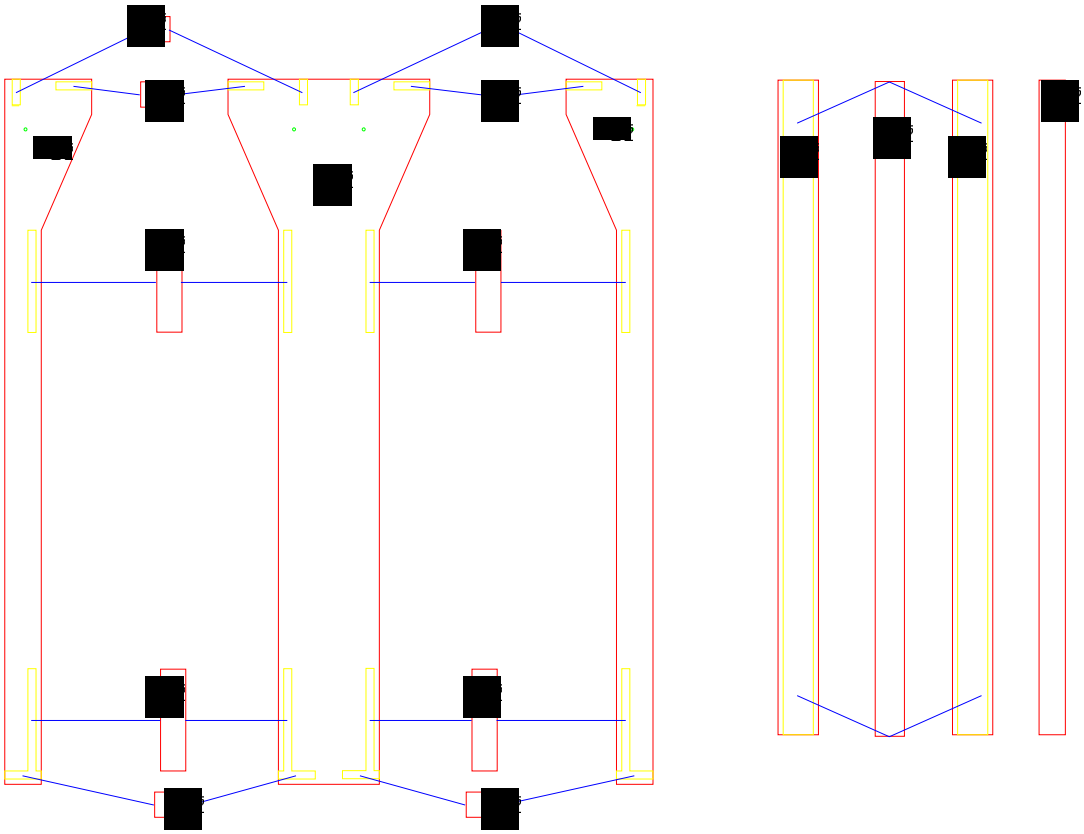
12. Doe deze handeling hetzelfde voor de samengestelde plank 6 en 7 met een samengestelde plank 4 en 5.
13. Neem nu 160 gezaagde latjes van 10mm x 15mm x 110mm
14. Lijm deze latjes vat in de resterende sleuf tussen plank 8 en 9.
15. Als de sleuf helemaal vol zit, neem je papier tapen en tape je rond de latjes rond zodat deze vast komen te zitten en niet meer naar buiten kunnen vallen.
16. Lijm nu de laatste plank 8 en 9 met de daarop bevestigde plank 6 en 7op de andere kant van de latjes.
17. Klem dit vast zoals de basisstructuur en laat dit enkele uren drogen.
18. Als alles droog is kunnen we nu de kleine as verder afwerken.
19. Neem nu 105 gezaagde latjes van 10mm x 15mm x 300mm
20. Neem de grote as met daarop al de bevestigde plank 6 en 7.
21. Lijm nu latjes in de resterende sleuf tussen plank 6 en 7.

22. Als de sleuf helemaal vol zit, neem je papier tapen en tape je rond de latjes rond zodat deze vast komen te zitten en niet meer naar buiten kunnen vallen.
23. Lijm nu de laatste plank 6 en 7 met de daarop bevestigde plank 4 en 5 op de andere kant van de latjes .
24. Klem dit vast zoals de basisstructuur en laat dit enkele uren drogen.
25. Neem nu 45 gezaagde latjes van 10mm x 15mm x 110mm
26. Lijm nu de latjes in de resterende sleuf tussen plank 4 en 5.
27. Lijm nu de laatste samengestelde plank 4 en 5 vast op de latjes.
28. Klem dit vast zoals de basisstructuur en laat dit enkele uren drogen.
29. Neem nu een draadstang van 450mm
30. Steek de draadstang door het eerste gat van de basis structuur draai een bout tussen de basis structuur en de tambour en plaats en sluitringtussen de moer en de basisstructuur, draai verder tot als je door de drum heen zit. Als je door de drum zit draai nog een bout tussen de drum en de basisstructuur en een sluitring tussen de moer en de basisstructuur. Nu moet je om de beurt aan de moeren draaien om de draadstang door het laatste gat te krijgen. Als je door alle gaten heen zit kan je nu alles vast zetten met aan elke kant een sluitring en een moer met borging.

Afbeelding 34 constructie drum emt verschillende snelheden

Afbeelding 35 afgewerkte drum met verschillende snelheden

5.3.4. Cassette



Afbeelding 36 constructieschema cassette

legende

rood : Doorgefreesde elementen
geel: Uitgekamerde delen
groen: Geboorde gaten M6

Benodigdheden

- Houtlijm
- 4 lijmklemmen
- Bout 6mm lengte 80mm
- 4x moer M6
- 3x moer met borging
- 12x sluitring M6
- 2 x loopwiel katrol diameter 50mm

1. Zorg dat alle uitgekamerde vlakken stofvrij zijn.
2. De rechte uitgekamerde sleuven zijn in de hoeken niet perfect recht, neem een breekmes en verwijder de resterende obstakels in de hoeken van deze sleuven. Doe dit voor plank 1 en 2.

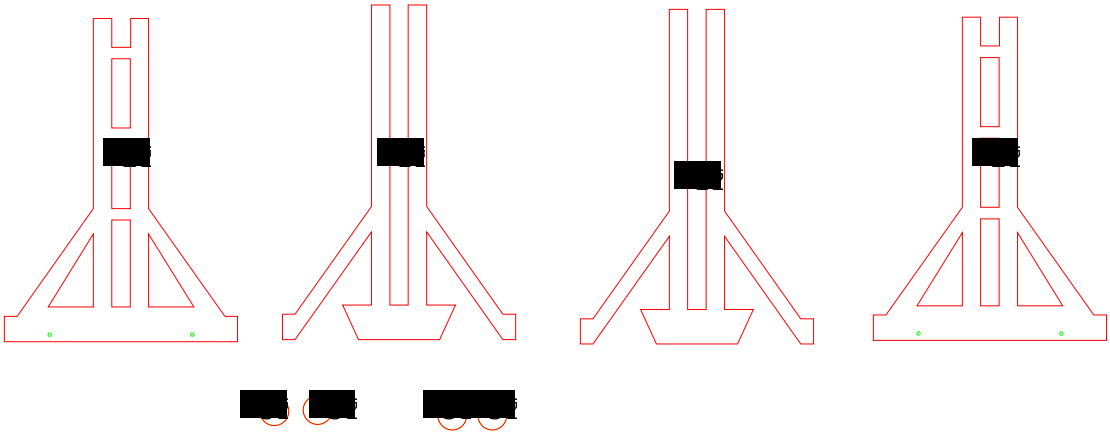
3. Neem planken 2, 3, 4 en 5
4. Lijm de planken 3, 4 en 5 in de uitgekamerde sleuven van plak 2
5. Neem de planken 1 en lijm plaats de uitgekamerde sleuven op de andere uiteindes van de planken 3,4 en 5.
6. Bevestig nu enkele lijmklemmen op het vastgelijmde gedeelte en laat dit enkele uren drogen. Indien je geen lijmklemmen hebt zorg dan dat je minstens 5kg/cm druk zet op de gelijmde onderdelen.
7. De Basis structuur van de cassette is nu klaar.
8. Neem nu de planken 6 en 7
9. Lijm de plank 7 tussen de 2 uitgekamerde planken 6.
10. Lijm de plank 8 op plank 6 en zie dat er langs beide zijdes evenveel ruimte is.

Afbeelding 37 verlijmen lat cassette

11. Bevestig nu enkele lijmklemmen op het vastgelijmde gedeelte en laat dit enkele uren drogen. Indien je geen lijmklemmen hebt zorg dan dat je minstens 5kg/cm druk zet op de gelijmde onderdelen.
12. Neem nu de basisstructuur
13. Tussen de platen 1 en 2 moet er een los loopwiel komen.
14. Neem een bout en steek dit door het uitgeboorde gat in plank 1 en plaats in volgende volgorde moer, 2 sluitringen, loopwiel, 2 sluitringen en een moer. Zorg nu dat de bout door het uitgeboorde gat van plaat 2 komt. Zet nu alle bouten vast en zorg dat het loopwiel in het midden van de bout komt.
15. Herhaal deze handeling aan de andere zijde van de plaat.

Afbeelding 38 afgewerkte cassette

5.3.5. Wagen wing change



Afbeelding 39 constructieschema wagens wing change

legende

rood : Doorgefreesde elementen
geel: Uitgekamerde delen
groen: Geboorde gaten M6

Benodigdheden

- Houtlijm
- 4 lijmklemmen
- Bout 6mm lengte 55mm
- 4x moer met borging
- 4x sluitring M6
- 2x schroefhaak

1. Zorg dat alle vlakken stof vrij zijn.
2. Neem een plan 1 en 2
3. Lijm deze bij elkaar en bevestig nu enkele lijmklemmen op het vastgelijmde gedeelte en laat dit enkele uren drogen. Indien je geen lijmklemmen hebt zorg dan dat je minstens 5kg/cm druk zet op de gelijmde onderdelen.
4. Herhaal dit voor de andere planken 1 en 2
5. Lijm nu de samen gestelde planken 1 en 2 tegen elkaar met de planken 1 tegen elkaar. Bevestig nu enkele lijmklemmen op het

Afbeelding 40 verlijmen wagens wing change

vastgelijmde gedeelte en laat dit enkele uren drogen. Indien je geen lijmklemmen hebt zorg dan dat je minstens 5kg/cm druk zet op de gelijmde onderdelen.

6. Lijm 2 maal de wielen 3 tegen elkaar zorg ervoor dat het uitgeboorde gat vrij blijft van de houtlijm. Laat dit enkel uren drogen.
7. Monteer nu de wielen met een draadstang M6 en de bouten.
8. Bevestig aan beide zijdes van de wagen een schroefhaak.

Afbeelding 41 verbinding wagens wing change

6. Uiteindelijke machinerie

In het vorige hoofdstuk hebben we de handleidingen van de machines apart gezien. In dit hoofdstuk worden deze machines samengevoegd tot een Wing change, Feau rue en de boven machinerie en uitgelegd.

6.1. Basisconstructie

Als basisconstructie zijn we gestart van een stelling die beschikbaar was op het RITS. Met deze stelling hadden we de mogelijkheid om op verschillende hoogtes een platform en konden we de breedte van constructie beperken.

Er zijn 2 soorten buizen dat het systeem gebruikt:
1e zijn de poten met als beschikbare lengtes 90cm, 60cm en 30cm. Met de beschikbare koppelstukken kunnen we deze op elkaar zetten. Waardoor je de mogelijkheid krijgt om torens te bouwen.
2e zijn de verbindingsbuizen met als beschikbare lengtes 30cm, 60cm, 90cm en 120cm.
Voor het schaalmodel van de bovenmachinerie hebben we gebruik gemaakt van de vloerplaten van de stelling en deze meten 121cm bij 121cm.
Omdat er dus zeer veel mogelijkheden bestaan met dat stellingmateriaal en omdat dit ook beschikbaar was voor een gehele tijd hebben we voor dat systeem gekozen.

Omdat er geen platen van 60cm op 121cm waren hebben we deze zelf gemaakt. Deze werden gebruikt voor het schaalmodel van de feau rue en voor de wing change. We hebben deze modellen maar 60 diep gemaakt omdat je dan langs beide kanten makkelijker aan alles aankunt.

Tijdens de bouw van de uiteindelijke schaalmodellen hebben we de toneeltoren iets hoger gemaakt dan gepland omdat we zo veel mogelijk hoogte nodig hebben om de verplaatsing van het decor zo groot mogelijk te kunnen maken.

Indien we later de constructie met behulp van een layerstelling de schaalmodellen ergens willen opbouwen, moeten we juist enkele tekeningen aanpassen. Het interessante om met layer dan te werken zal zijn dat het overal te verkrijgen is of er is wel iets met dezelfde soort van afmetingen. Dit zou enkel een probleem zijn voor de wing change maar de rest van de schaalmodellen zou het geen enkel probleem vormen.

6.2. Gebruikte materialen

6.2.1. Touw

Voor dit project zijn we op zoek gegaan naar een touw dat de uiterlijke kenmerken weerspiegelt van een klassieke hemp- set.
Tijdens deze zoektocht zijn we terecht gekomen op http://www.langmantouw.nl . Daar hebben we uiteindelijk Hempex gevonden.
Hempex is een versponnen polypropyleen dat de uiterlijke kenmerken heeft van hennep waardoor het er nostalgisch uitziet. [3] (Touwfabriek Langman BV, 2012)

Hempex is goed Uv-bestendig en door de lange vezels sterker dan andere alternatieven die in de markt beschikbaar zijn. De constructie is 3-, 4-strengs, lijkslag (lange slag) geslagen of 8-strengs gevlochten. Door het natuurgetrouwe uiterlijk wordt Hempex ook vaak als synthetisch alternatief voor henneptouw gebruikt.

Hierdoor worden tal van decoratieve toepassingen buiten mogelijk, waarbij natuurtouw eigenlijk gewenst is maar vanwege de levensduur niet geschikt is. De filmindustrie maakt daar bij ons ook dankbaar gebruikt van.

Hier een vergelijking van krachten tussen Hempex en Hennep

Hempex

Diameter	Breekkracht in kg
4 mm	300
6 mm	510
8 mm	1.062
10 mm	1.418
12 mm	2.044
14 mm	2.468
16 mm	2.891
18 mm	3.538
20 mm	4.073
22 mm	4.605
24 mm	5.203

Hennep

Diameter	3-strengs Breekkracht in kg**
6 mm	285
8 mm	510
10 mm	795
12 mm	1.185
14 mm	1.150
16 mm	1.995
18 mm	2.470
20 mm	3.060
22 mm	3.675
24 mm	4.355

[3] Touwfabriek Langman BV. (2012). *Langman touwen*. Opgeroepen op juli 2014, van http://www.langmantouw.nl/langman/: http://www.langmantouw.nl/langman

6.2.1.1. knopen

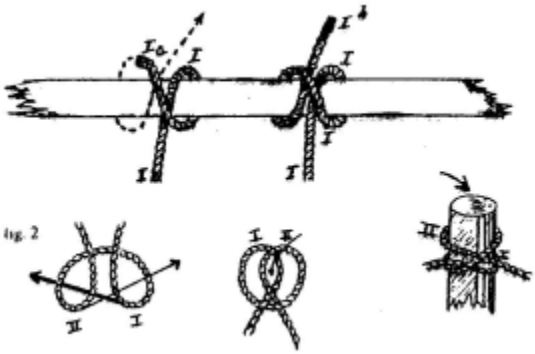
Zonder knopen is het vrijwel onmogelijk om de machinerie te bedienen. In dit onderdeel van het hoofdstuk zal ik het hebben over de gebruikelijke knopen en het verlies die je verkrijgt op deze knopen. Enkele begrippen ober knopen.

- Knoop is een touwverbinding waarbij alleen touwen gebruikt worden
- Steek is een wijze van bevestiging van een touw om een ander voorwerp
- Oog is een gesplitste ring aan een touw
- Strik is een bijkomende lus in een knoop
- Tamp is een loshangend eind van een touw dat gebruikt word om knopen en steken te leggen
- Vast eind is het deel van het touw dat niet beschikbaar is om er een knoop of steek in te leggen

De oogsplits is een eindverbinding voor een touw waarbij er een oog wordt ingevlochten door het uiteinde van het touw terug te slaan en de strengen van het touw te splitsen, deze strengen worden dan in het touw gevlochten. Het voordeel van zo een oogsplits is dat het touw veel minder dik wordt dan met knopen.[4] (Pieters, 2007)
Het verlies op zo een oogsplits is 5% op de breeksterkte.

Afbeelding 42 Oogsplits

De mastworp is een steek die gebruikt wordt om een touw rond een rondvoorwerp te bevestigen, bijvoorbeeld een trek. Het voordeel van een mastworp is het eenvoudig van lengte te maken is. Door kracht op de steek te zetten door aan het touw te trekken zal de knoop zichzelf vast trekken.

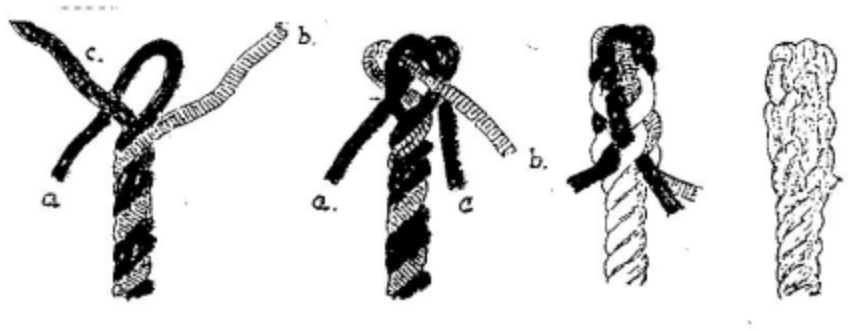


Afbeelding 43 Voorbeeld mastworp

[4] Pieters, M. (2007). *Rope work*. Opgeroepen op juni 2014, van http://home.hccnet.nl/m.pieters/sites/oogsplits.htm: http://home.hccnet.nl/m.pieters/sites/oogsplits.htm

De eindsplits dient om het eind tegen rafelen te beschermen. Het voordeel van zo een eindsplits is dat het erg stevig wordt. Het nadeel echter is dat het eind dikker wordt.
Hoe wordt een eindsplits gelegd?

1. Draai het touw uit elkaar in drie parten.
2. Leg met het eerste part een lus in de draairichting van het touw.
3. Leg met het volgend part (tegen wijzerzin in)een lus waarvan het eind onder de vorige lus steekt.
4. Leg met het derde part een lus die over het eind van part 1 en onder de lus van part 2 gaat.
5. Elk part gaat nu eerst over een eind en dan onder een lus trek aan tot waar het touw uitgedraaid is.
6. Draai het touw open en steek het eerste part tegen wijzerzin door de opening
7. Doe hetzelfde met de volgende twee parten
8. herhaal dit zo dat de parten telkens over en onder een streng gaan



Afbeelding 44 Eindsplits

Een overzicht met de verliezen die je krijgt met verschillende knopen.

Knoop	verlies
Platte knoop	40 %
Mastworp	10 %
Paalsteek	15 a 35 %
Oogsplits	5 %
Twee halve steken	10 %

6.2.2. Katrollen

De katrollen of blokken die we gebruikt hebben zijn standaard zeilkatrollen van het merk Barton. Barton Marine is een Brits bedrijf dat gespecialiseerd is in katrollen en zeilbenodigdheden.

De katrollen die gebruikt werden hadden een diameter van 6 en 8mm, dit omdat de minimum 6mm was en dit zeer weinig gebruikt wordt. Omdat de 6mm nog enkele weken ging duren eer ze in Antwerpen aankwamen, zijn er enkele katrollen van 10mm gekocht om alles perfect te kunnen laten lopen.
Het is de size 1 reeks van Barton Marine waar alle katrollen uit gekozen zijn.

Hieronder een lijst met de soorten katrollen die we gebruikt hebben.
Rechtstaande katrol : enkele en dubbele

Afbeelding 45 Barton rechtstaande katrol

Katrol dubbel en enkel

Afbeelding 46 Barton katrol enkel en dubbel met swivel

Keerwiel: Het keerwiel wordt gebruikt voor de wing change.

Afbeelding 47 Barton Cheek

Technisch overzicht van Barton size 1 katrollen

Sheave size 30mm x 11mm (1 $^{3}/_{16}$ x $^{7}/_{16}$")

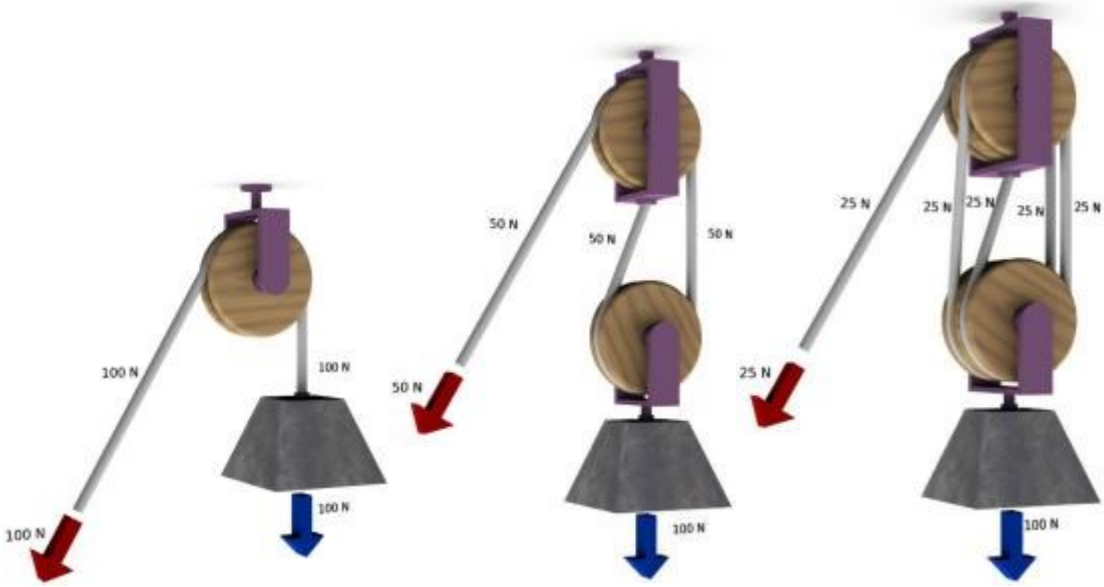
Max rope diameter 8mm ($^{5}/_{16}$")

SWL 350Kg (771 lbs)

Break load 700Kg (1543 lbs)

Max rolling load (ball bearing blocks) 245kg 540 lbs)

Wanneer binnen 1 katrol het touw over meerdere schijven heen en weer loopt, worden de benodigde krachten over meerdere lengtes touw verdeeld. De kracht die nodig is om de last te hijsen, wordt bepaald door het aantal touwlengtes die zich bevinden tussen de hijslast en de katrollen. Wanneer er 3 lengtes touw heen en weer lopen tussen katrollen dan is er maar een derde van de kracht nodig om de last omhoog te trekken.
Hieronder enkele afbeeldingen die de kracht verdeling weergeeft van het gebruik van katrollen



Afbeelding 48 Voorbeeld van krachtverdeling bij meerdere katrollen

6.3. Pin rails

Afbeelding 49 Pin rails schaalmodel

'Pin rails' bevinden zich het vaakst op de bruggen en andere plaatsen waar ze met touwen alles controleerden. Ze bestaan uit een sterke houten balk met daarop tijdelijke of vaste pinnen op vastgemaakt. Ze kunnen vastgemaakt worden met een speciale knoop. Als er een losse pin wordt gebruikt .Dan kunnen de pinnen worden weggetrokken om het touw vrij te laten. In sommige gevallen is er een dubbele 'pin rail' gebruikt, de laagste pin rail kan vast blijven. Dit zorgt voor een eventuele veiligheid.

Onder de 'pin rails' is er vaak een sterke afgeronde balk bevestigd. De touwen kunnen rond deze balk geslagen worden, wanneer ze de last laten zakken. De wrijving die ontstaat door de balk maakt het de machinist gemakkelijker om de last te manipuleren.

Tijdens het congres maakte Per Simon Edström (Arena Teater) de aanbeveling. Als je aankomt met je touw aan de 'pin rail' dan mag je de eerste keer geen acht maken rond de 'pin rail' maar moet je 1 keer helemaal rondslagen rond de pin. Je moet ook starten vanaf de onderste kleine hoek, omdat daar de wrijving het grootst is."

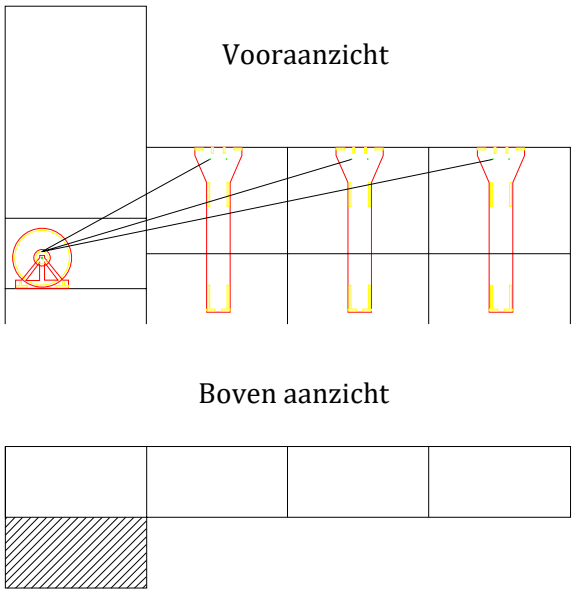
6.4. Schaalmodel feau rue

Afbeelding 50 schaalmodel Feau rue

In de afbeelding hierboven zie je hoe het schaalmodel van de Feau rue er uiteindelijk uitziet.
Als basis hebben we de stelling met aan de linker zijde de toren met daarin de tegengewichtstang en de drum.
Juist buiten de toren staat de lier of tambour die enkel gebruikt werd om het tegengewicht naar boven te trekken.

De drum staat met de kleine as rechtsreeks in verbinding met de cassettes en via een katrol met de tegengewicht stang. Alle de touwen zijn langs dezelfde kant rond de as gewikkeld.
Dit wilt dus zeggen dat als de cassettes omhoog gaan het tegengewicht ook omhoog gaat, als de cassettes naar beneden gaan dan zakt het tegengewicht mee.
De grote as van de drum staat in verbinding met het bedieningstouw. Dit werd dan vastgemaakt aan de voorziene pin rails.

In de afbeelding hieronder toont een schematische voorstelling van de opstelling van het schaalmodel.



Afbeelding 51 schematische voorstelling schaalmodel feau rue

6.5. Schaalmodel Boven machinerie

Afbeelding 52 schaalmodel bovenmachinerie

In bovenstaande afbeelding zie je hoe het schaalmodel van de boven machinerie er uiteindelijk uitziet.
In dit model worden er 3 systemen tentoongesteld. Voor elk systeem hebben we enkele trekken gehangen. Langs de linker zijde hebben we de lier of tambour om het tegengewicht op te trekken, daarna hebben we deze niet meer nodig. Links hangen ook de pinrails met de bedieningstouwen van elk systeem. Van de bedieningstouwen gaan we via de katrollen in de toneeltoren naar de grootste as van de drums.

Het 1e systeem dat we gemaakt hebben is een gloire of de drum met 3 verschillende snelheden. Door het bedieningstouw te laten vieren zakten de trekken gelijktijdig naar beneden maar met een verschillende snelheid en afgelegde afstand.
De trek die op de grootste as hing zal het snelste gaan en die op de kleinste as het traagste en deze zal ook een kortere afstand afleggen.
Omdat we maar een drum met 3 snelheden hebben gemaakt en geen extra as voor het bedieningstouw was het even zoeken naar de perfecte ligging voor de touwen rond de assen.
De breedte van elke as was maar 10cm waar we 2 touwen rond moesten slaan.
Als we de touwen van de trek rond de as slaan bijvoorbeeld met de klok mee dan moeten we het bedieningstouw tegen de klok in rond de as slaan.

Het 2e systeem is een eenvoudige hemp-set zonder tegengewicht. De touwen zijn rechtstreeks van trek naar de bediening geleid met behulp van enkele katrollen.

Het 3e systeem is een trek met tegengewicht en een drum. De trek wordt bevestigd op de kleine as en wordt bijvoorbeeld tegen de klok in rond de as geslagen, dan wordt het tegengewicht met de klok mee rond de as geslagen. Het bedieningstouw wordt ook met de klok mee rond de as geslagen. Dus als we het bedieningstouw vieren dan zal de trek zakken en als we trekken zal de trek stijgen.

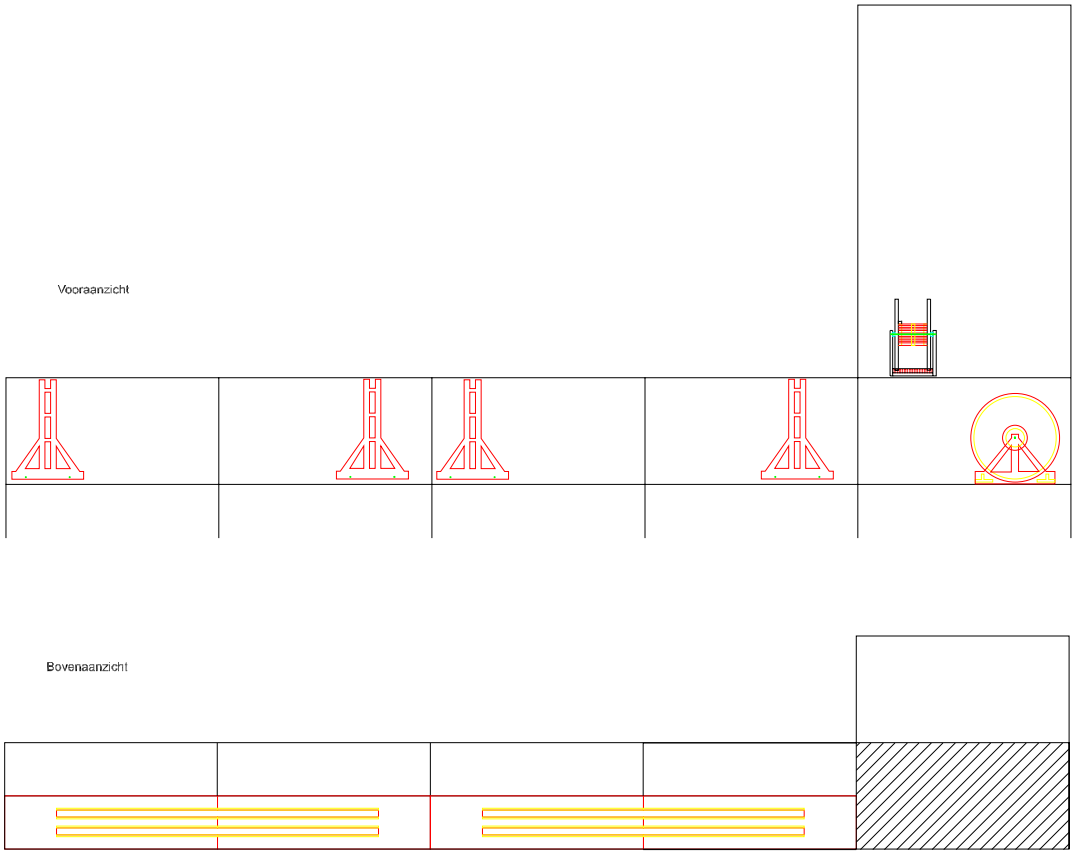
6.6. Schaalmodel Wing change

Afbeelding 53 schaalmodel wing change

In bovenstaande afbeelding zie je hoe het schaalmodel van de wing change er uiteindelijk uitziet. De wing change heeft in dit voorbeeld 2 dubbele wagens en 2 enkele wagens, dit om een voorbeeld van beide te hebben.
De wagens rijden tussen 2 houten latjes die bevestigd zijn op de vloerplaten. Langs boven geleiden ze langs de voorzien sleuven.
Hoe wordt een wing change bediend? Daarvoor hebben we 3 personen nodig, de 1e persoon die trekt het tegengewicht op met de tambour de 2e persoon die volgt met het bedieningstouw zodat dit niet in de knoop komt te zitten en de 3e persoon die neemt het touw van de wagens en trekt dit tegelijkertijd met de andere naar de verste wagen aan zijn zijde van de scene. Eens dit gebeurd is kan de persoon die het bedieningstouw heeft het geheel stil leggen en het vastleggen aan de voorziene pin rails. Ook de tambour mag vastgelegd worden met het voorziene touw aan de tambour.

Om de wing change te laten lopen moeten we de tambour losmaken en het bedieningstouw , vervolgens laten we het touw vieren en de wagens wisselen van plaats. De wagens hangen aan elkaar met verbindingstouwen. Aan de linker kant van het model is er een keer wiel gemonteerd zodat de wissel daar ook kan gebeuren.

In onderstaande afbeelding zie je de schematische opstelling wing change.



Afbeelding 54 schematische voorstelling schaalmodel wing change

7. Testen

De uiteindelijke testen zijn tijdens het "Wood and canvas" congres te Antwerpen uitgevoerd. Het thema van het congres is ideeën en methodes te bedenken zodat oude houten toneelmachinerie gebruikt kan worden in moderne theater producties.
Het congres had zowel een academisch luik met een aantal presentaties die dagelijks werden gegeven en een aantal papers die werden toegelicht, als een praktische en didactische kant met bijvoorbeeld onze schaalmodellen ¼.

Het publiek dat deelnam aan het congres was internationaal getint. Waarbij elke deelnemer zijn specialiteit binnen theater heeft. Ook enkele Vlaamse organisaties die zich in zetten voor het cultureel erfgoed waren aanwezig.

Tussen elke paper waren er enkele minuten pauze . Tijdens deze pauze hadden de aanwezigen de mogelijkheid hadden om de schaalmodellen te testen. Het interessante aan het publiek was dat er wel wat academische bij zaten en deze het zeer interessant vonden om het eens praktisch te ervaren en het te zien werken.

De testen gingen zeer vlot er werden weinig tot geen problemen ondervonden.
Enkele problemen die naar boven kwamen zijn de volgende.
Sommige touwen kregen nog te maken met wrijving tegen de basisstructuur. Dit kwam allen voor bij de bovenmachinerie omdat de drums hoger waren dan de toneeltoren zo creëerden we een wrijving tussen de drums en de katrollen in de toneeltoren. Dit was op korte termijn geen probleem, maar in het vervolg moet de toneeltoren boven de drums uitkomen, zodat er geen wrijving kan ontstaan.

Doordat er met tegengewichten werd gewerkt en de touwen daardoor onder een spanning komen te staan begonnen de touwen te torsen. Dit was nadelig bij het voorbereiden van de wing change. Zo torste de touwen die aan het tegengewicht hangen regelmatig op en kwamen zo op te stroppen aan de katrol waardoor er regelmatig de torsie diende uit te halen om de machinerie helemaal voor te bereiden.

Afbeelding 55 Testpubliek Wood and Canvas congres

7.1. Bevindingen

Tijdens het congres zijn er enkele bevindingen en ideeën ontstaan door met de schaalmodellen te testen.

Zo gaf Louis Jansen van Theateradvies uit Nederland een opmerking over de lengte van de verbindingstouwen, deze hebben verschillende lengtes in een moderne trekkenwand. Als er in het systeem met een drum de drum in het midden staat gaan de touwen langs beide zijdes even lang zijn waardoor de rek even groot is aan beide zijdes.

Van enkele Australiërs kregen we een frees tip, om rechte hoeken te frezen is het beste om de uit te kameren vlakken groter te maken . Hieronder vindt u een voorbeeld.

Afbeelding 56 frees tip

Om het idee van de drum verder te trekken opperde Reind Brackman van Trekwerk een idee om een drum te maken met verschillende overbrengingsverhoudingen maar de grootste verhouding te houden als vaste verhouding. Zo krijg je de mogelijkheid de verhouding zelf te kiezen.

8. Krachtberekeningen

In dit hoofdstuk berekenen we de krachten die op een grid zouden staan indien we gebruik maken van drums.
De berekeningen werden pas in dit stadium gemaakt omdat deze mede een functie waren van de uiteindelijke opstelling en de testen.

8.1. Basis principes

8.1.1. Wrijving

Wrijving ontstaat er als er 2 oppervlakten langs elkaar aan schuiven terwijl ze tegen elkaar worden gedrukt. Wrijving kan leiden tot vormverandering en warmteproductie. Hoe minder wrijving er is tussen de touwen hoe minder warmte en slijtage er kan optreden, wat positief is naar veiligheid en langer gebruik van touwen.
Wrijvingskracht leidt zoals elke kracht tot een versnelling, in dit geval een negatieve versnelling.

De wrijvingscoëfficiënt

$$F_w = \mu_w F_n$$

F_w: de wrijvingskracht;
F_n: de kracht loodrecht op het oppervlak (de *normaalkracht*);
μ_w: de wrijvingscoëfficiënt.

8.1.2. Veiligheidsfactor

De werklast is de maximale veilige last die er op hijs- of hefmiddelen mag worden aangebracht. De werklast wordt aangegeven in Kg of ton. Om de werklastaanduiding van een hijsmiddel te herkennen dat ontworpen is op de Europese markt wordt het getal vooraf gegaan door de afkorting WLL of working load limit.

De veiligheidsfactor of de gebruiksfactor geeft de verhouding aan tussen de fabrikant gegarandeerde breeksterkte en de veilige werklast die door hijs- of hefmiddelen kan worden gedragen. De breeksterkte is de maximale weerstand tegen een breuk.
Om in theater veilig boven personen te mogen hijsen dienen we de industriële veiligheidsfactor te verdubbelen.

In onderstaande tabel staan de vastgelegde veiligheidsfactoren voor standaard hijsmiddelen voor de industrie. [5] (Westerik)

Constructies	vf= 1,5
Ketting vanaf kwaliteitsklasse L	vf= 4
Takelketting	vf= 5
Kettingwerk	vf=4
Staalkabel	vf=5

[5] Westerik. (sd). *Keuringen hijsgereedschappen*. Opgeroepen op juli 2014, van http://multikeuring.nl/alle-keuringen/hijsgereedschappen/

Draaiarme staalkabel	vf=6
Kunststof hijsbanden	vf=7
Touw	vf=7

8.2. Krachten

8.2.1. Vectoren

Hier volgt er kort enkele basisbegrippen voor het grafisch oplossen en analytisch oplossen van krachten.
Het bepalen van de resultante van 2 snijdende krachten is niets anders dan het bepalen van de som van 2 snijdende krachten.

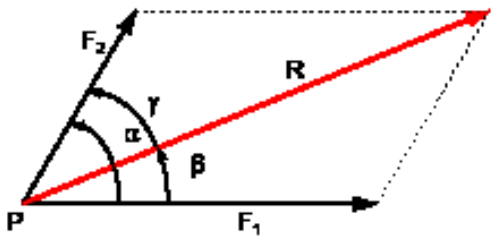
Als er 2 krachten waarvan de werklijn elkaar snijden in een punt. De resultante van deze 2 krachten kan grafisch en analytisch bepaald worden.

Grafisch oplossing

Men kan de resultante van twee krachten grafisch bepalen met behulp van een parallellogram van krachten of met behulp van een krachtendriehoek.

Parallellogram van krachten

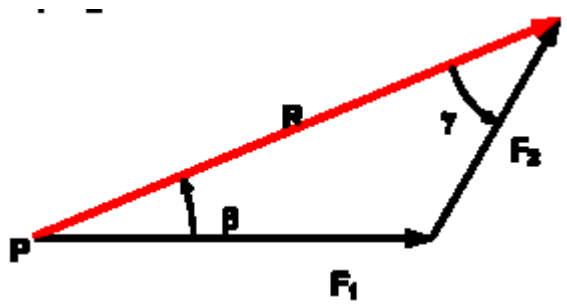
De krachten worden zodanig langs hun werklijnen verschoven, dat de beginpunten van beide krachten samenvallen in een punt. De krachten worden getekend op schaal.
De resultante R wordt dan in grootte, richting en zin gegeven door de diagonaal van het parallellogram geconstrueerd op de twee gegeven krachten. Deze resultante R heeft dezelfde uitwerking als de beide oorspronkelijke krachten F_1 en F_2 samen $R= F_1+ F_2$.



Afbeelding 57 parallellogram van krachten

Krachtendriehoek

Men kan de resultante van de twee krachten bepalen door in feite maar de helft van het parallellogram te tekenen.
Deze worden de twee krachten vanuit punt P in een willekeurige volgorde achter elkaar uitgezet. Vervolgens verbindt men het beginpunt van de eerste kracht met het eindpunt van de tweede kracht. Met behulp van deze krachtendriehoek is de resultante R in grootte, richting en zin bepaald.

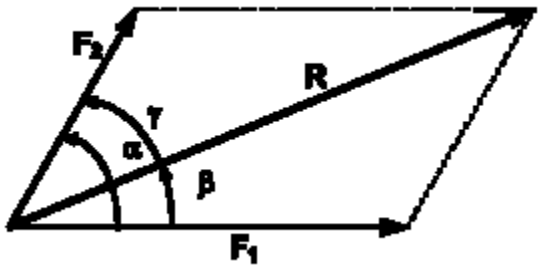


Afbeelding 58 krachtendriehoek

2. Analytische oplossing

Men kan de grootte en de richting van de resultante van twee krachten ook analytisch bepalen, dus berekenen.
Indien we de hoek tussen de 2 krachten weten kunnen we de resultante R berekenen. [6](Sint lucas)

$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2\ F_1F_2 \cos\alpha 100$

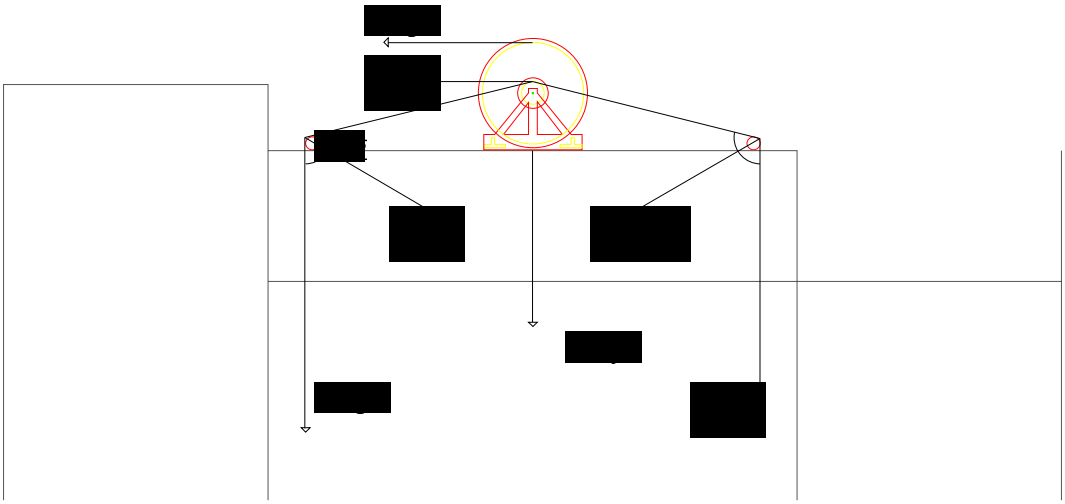


Afbeelding 59 analytische oplossing

[6] Sint lucas. (sd). *Samenstellen en ontbinden van snijdende krachten.* Opgeroepen op augustus 2014, van http://etopia.sintlucas.be/3.14/1BaAR-1112-Krachten-H2.pdf

8.2.2. Krachten op het grid

In onderstaande afbeelding heb je een schematische voorstelling van hoe het grid van het schaalmodel er uit zag. Om dit te vergelijken maken we een berekening van welke krachten er zich zouden voor doen met het gebruik van drums en katrollen op je grid.

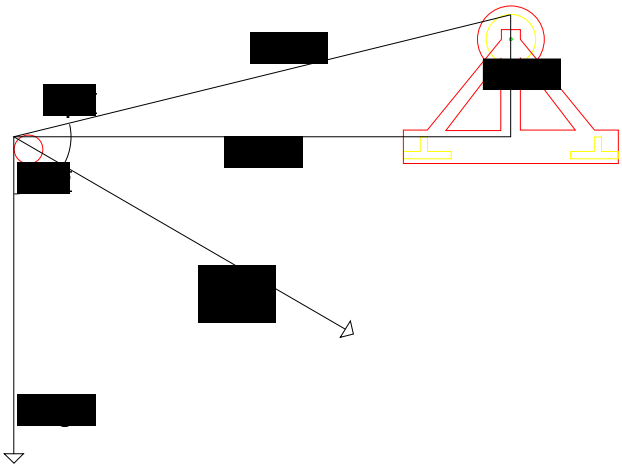


Afbeelding 60 schematische voorstelling berekening krachten

Bijvoorbeeld de kracht die aan de bevestigingstouwen hangt is F_1= 100N en F_2= 100N deze komen samen op de kleine as van de drum en kunnen daar als kracht worden opgeteld.
$R_2 = F_1 + F_2$
R_2 = 100N + 100N
R_2 = 200N

De verhouding tussen de assen is ¼, dit wilt dus zeggen als we 200N kracht nodig hebben op de kleine as om de krachten F_1 en F_2 te laten bewegen hebben we 50N nodig om de krachten F_1 en F_2 met de grote as te laten bewegen.
$R_1 = R_2 /4$
R_1 = 200N/4
R_1 = 50N

Om de resultante R_3 te berekenen hebben we eerst de hoek α nodig, deze kunnen we bereken met behulp van de stelling van Pythagoras en de sinusregel.
We weten de volgende afmetingen.
a= 25,6 cm
b= 96cm
α-β= 90°



Afbeelding 61 berekening krachten

$c^2 = a^2 + b^2$
$c = \sqrt{(a^2 + b^2)}$
$c = \sqrt{(25{,}6^2 + 96^2)}$
$c = 99{,}35$ cm

Nu kunnen we met de sinusregel de hoek β berekenen.

$\sin \beta = a/c$
$\sin \beta = 25{,}6/99{,}35$
$\sin \beta = 0{,}2576$
$\beta = \sin^{-1} 0{,}2576$
$\beta = 17°$

Nu kunnen we de hoek α berekenen.

$\alpha = 90° + 17°$
$\alpha = 107°$

Nu kunnen we met de resultante R_3 met de volgende formule. Dit omdat we de hoek weten tussen de 2 krachten F_1 en de c deze krachten zijn beide 100N.

$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2\, F_1F_2 \cos\alpha$
$R^2 = 100^2 + 100^2 + 2(100 \times 100 \times \cos 107°)$
$R^2 = 17805{,}31$N
$R = \sqrt{17805{,}31}$
$R = 133{,}43$ N

De kracht die diagonaal op het grid zou werken is 133,43N als we 100N aan elk verbindingstouw zouden hangen.

9. Verdere uitbreidingsmogelijkheden

Heel het onderzoek zou verdere uitbreidingsmogelijkheden hebben. Zo zou het verder mogelijk zijn om dieper in te gaan op de berekening van krachten en dit uiteindelijk te gaan vergelijken met een modern grid en machinerie.

Er zouden nog enkele machines kunnen we gebouwd en onderzocht worden zoals een lift die hetzelfde principe gebruikt als een feau rue.
De kleine as van de drum kunnen we zo verlengen zodat we meerdere sets kunnen laten bewegen, bijvoorbeeld meerdere wing changes achter elkaar die dan tegelijkertijd zouden kunnen bewegen.
De verschillende vliegsystemen die gebruikt werden kunnen we integreren in de bovenmachinerie zodat er verschillende toepassingen mogelijk zijn met hetzelfde model.
Enkele vallen met de verschillende soorten luiken.

Er zijn nog zeer veel mogelijkheden om deze machinerie verder te onderzoeken en de mogelijkheden er van uit te testen.

10. Conclusie

Het onderzoek heeft tot een beperkt aantal machines geleid die de basis leggen van de houten toneelmachinerie met het gebruik van tegengewichten. De werking en de uiteindelijke testen met de machines zijn zeer vlot gelopen en zouden verder kunnen gebruikt worden in een verder praktisch onderzoek. Het heeft dus vele uitbreidingsmogelijkheden.

De basis machinerie die er gebouwd zijn de drums, tambours , de cassettes en de wagens van de wing change. Uit het onderzoek maar ook uit de praktische opstelling van de schaalmodellen is gebleken dat de drums de belangrijkste elementen zijn in een theater met houten toneelmachinerie. Zonder deze drums zou er niet kunnen gewerkt worden met tegengewichten.

Wat ook gebleken is, is dat de lieren niet voor de beweging zorgen maar de drums, anders dan wat algemeen werd aangenomen.
Een praktisch onderzoek maakte het eenvoudiger om dit onderwerp aanschouwelijk te benaderen en te beschrijven en de verschillende systemen uit te leggen. Doordat de systemen tijdens de bouw zeer vlot liepen zonder noemenswaardige problemen was het niet nodig om tijdelijk kleine aanpassingen uit te voeren aan de machines.
Het praktisch uitvoeren van deze scriptie heeft het ritme in het onderzoek gehouden en maakte de principes duidelijker.

Door een schaalmodel te bouwen kan er dieper op de technische werking van deze machines worden ingegaan en gediscussieerd worden over hoe het zou hebben gewerkt. Dit omdat het een vrij realistische weergave geeft van de werking van de machines en niet het uiterlijke.
Hierdoor kunnen we stellen dat houten toneelmachinerie zeker nog kan gebruikt worden in hedendaagse theatervoorstelling maar dan moet de kennis er zijn om al deze machines te kunnen aan sturen.

Het onderzoek heeft invloed op mij gehad op het gebruik op autocad voor CNC verschillende houtsoorten en hun toepassingen en het beter begrijpen van de principes van houten toneelmachinerie.

11. figuren lijst

Afbeelding 2 doorsnede Bourlaschouwburg 1992 8
Afbeelding 3 Voorbeeld scene vloer met wingchange uit Traité de Scénographie van Pierre Sonrel 9
Afbeelding 5 Systeem om vallen onder de scene te laten glijden 9
Afbeelding 7 voorbeeld van een Hemp-set uit Traité de scénographie van Pierre Sonrel 11
Afbeelding 12 Technische tekening verschillende soorten drum van de Bourlaschouwburg 13
Afbeelding 16 Drum met verschillende snelheden 16
Afbeelding 22 Constructieschema Tambour 24
Afbeelding 23 Basisstructuur verlijmen 25
Afbeelding 25 Afgewerkte tambour 25
Afbeelding 26 constructieschema drum 26
Afbeelding 27 basisstructuur verlijmen 27
Afbeelding 30 Afgewerkte drum 28
Afbeelding 31 Constructieschema drum met verschillende snelheden 29
Afbeelding 32 basisstructuur verlijmen 30
Afbeelding 36 constructieschema cassette 32
Afbeelding 37 verlijmen lat cassette 33
Afbeelding 39 constructieschema wagens wing change 34
Afbeelding 41 verbinding wagens wing change 35
Afbeelding 42 Oogsplits 38
Afbeelding 43 Voorbeeld mastworp 38
Afbeelding 44 Eindsplits 39
Afbeelding 45 Barton rechtstaande katrol 40
Afbeelding 46 Barton katrol enkel en dubbel met swivel 40
Afbeelding 47 Barton Cheek 40
Afbeelding 48 Voorbeeld van krachtverdeling bij meerdere katrollen 41
Afbeelding 50 schaalmodel Feau rue 42
Afbeelding 51 schematische voorstelling schaalmodel feau rue 43
Afbeelding 52 schaalmodel bovenmachinerie 44
Afbeelding 53 schaalmodel wing change 45
Afbeelding 54 schematische voorstelling schaalmodel wing change 46
Afbeelding 55 Testpubliek Wood and Canvas congres 47
Afbeelding 56 frees tip 48
Afbeelding 57 parallellogram van krachten 50
Afbeelding 58 krachtendriehoek 51
Afbeelding 59 analytische oplossing 51
Afbeelding 60 schematische voorstelling berekening krachten 52
Afbeelding 61 berekening krachten 53

12. bronnenlijst

1. Fablab. (sd). *Fablab brussels*. Opgeroepen op juli 2014, van http://www.fablab-brussels.be
2. *Frezen*. (2014, juni 10). (10 jun 2014 om 13:56) Opgeroepen op juli 2014, van http://nl.wikipedia.org/wiki/Frezen
3. Pieters, M. (2007). *Rope work*. Opgeroepen op juli 2014, van http://home.hccnet.nl/m.pieters/sites/oogsplits.htm
4. Sint lucas. (sd). *Samenstellen en ontbinden van snijdende krachten.* Opgeroepen op augustus 2014, van http://etopia.sintlucas.be/3.14/1BaAR-1112-Krachten-H2.pdf
5. Sonrel, P. (1984). Traité de Scenographie. In P. Sonrel, *Traité de scenographie* (p. 301). Parijs: librairie theatrale.
6. Touwfabriek Langman BV. (2012). *Langman touwen*. Opgeroepen op juli 2014, van http://www.langmantouw.nl/langman/: http://www.langmantouw.nl/langman
7. Westerik. (sd). *Keuringen hijsgereedschappen*. Opgeroepen op juli 2014, van http://multikeuring.nl/alle-keuringen/hijsgereedschappen/