

KU LEUVEN

 **FACULTEIT
INGENIEURSWETENSCHAPPEN**

Tussentijds Verslag 1

De Bean Bot: Ontwerp van een mechatronische bonenverdeler

Team 302

Quinten Vande Reyde (r0899404)

Tijs Van Genechten (r0894358)

Artuur Van Vlasselaer (r0904903)

Rune Vanoverloop (r0885482)

Tristan Verbruggen (r0884616)

Lander Verhoeven (r0885723)

Maarten Verweyen (r0896033)

Jerry Zhu (r0877241)

Academiejaar **2021–2022**

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	I
1 Inleiding en probleemstelling	1
2 Beschrijving van het ontwerp	2
2.1 Mechanisch ontwerp	2
2.1.1 Toren	2
2.1.2 Schep	3
2.1.3 Verdeelsysteem	3
2.2 Elektronisch ontwerp	5
2.2.1 Motoren	6
2.2.2 Sensor	6
2.2.3 RGB-LED	6
2.3 Software van de Bean Bot	6
3 Berekeningen en testen	7
3.1 Analyse last-proces motoren	7
3.2 Maximaal stroomverbruik servomotor	7
3.3 Materiaalkeuze en duurzaamheid (optioneel)	7
4 Performantietesten	7
4.1 Opzet van de performantietesten	7
4.2 Resultaat van de performantietesten	7
5 Resultaten van de demonstraties	7
5.1 Tussentijdse demonstratie	7
5.2 Einddemonstratie	8
6 Budget	9
6.1 Ontwikkelingsbudget	9
6.2 Kostprijs nieuw toestel	9
7 Vorderingen	9
8 Besluit	10
8.1 Mechanisch ontwerp	10
8.2 Elektronisch ontwerp	10
8.3 Specificaties	10
8.4 Conclusie	10
9 Referenties	11
10 Bijlagen	12
10.1 Planning	12
10.2 Ontwerpdossier	13

1 Inleiding en probleemstelling

Een bonenverdeler kan een hoeveelheid bonen uit een silo verplaatsen naar willekeurig geplaatste vrachtwagens. De gewenste hoeveelheid komt van de klant die het ingeeft in een applicatie op de smartphone. Na het bestellen zal de bonenverdeler zonder verdere externe tussenkomst de bonen binnen een bepaald tijdsinterval leveren. De werkelijke massa wijkt hier maximum 2% af van de gewenste.

1. Randvoorwaarden

Met een budget van €160 is de bonenverdeler volledig functioneel na 14 weken. Deze is volledig op te stellen en af te breken in enkele minuten. Verder hebben we een foutmarge van 2% voor de massa van de bonen. Ook duurt het hele proces niet langer dan 5 minuten. Na 7 weken volgt de eerste demo sessie, waarna er nog 7 weken zijn voor de eindpresentatie.

2. Aanpak

Eerst en vooral is er een ontwerp nodig, dit wordt behandeld in hoofdstuk 2. Deze kan opgedeeld worden in het mechanisch en elektronisch gedeelte. Ook is er software die in tandem met de elektronica het mechanisch deel aanstuurt. Het ontwerp vereist onderdelen die aan de juiste voorwaarden voldoen waardoor hoofdstuk 3 gaat over enkele berekeningen en testen. Voorbeelden zijn: het lastproces van de motoren, maximaal stroomverbruik van de servomotor en de duurzaamheid van de materialen. Hoofdstuk 4 en 5 gaan respectievelijk over de performantie testen en de resultaten van de werkelijke demonstraties. Uiteindelijk wordt het budget behandeld en volgt een besluit.

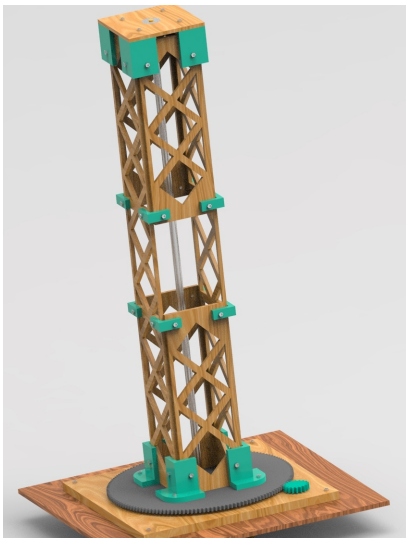
2 Beschrijving van het ontwerp

Een kraan verplaatst de bonen met een schep. De schep is verbonden met een staaf en kan roteren dankzij een servomotor. De staaf zelf kan naar boven en beneden bewegen dankzij een servomotor op de kraanarm. Nadat de bonen in de schep zitten gaat deze omhoog. Dan komt het verdeelsysteem dat eerst ingetrokken tegen de toren zat, naar voren tot onder de schep met behulp van een servomotor. De schep laat vervolgens de bonen in de trechter van het verdeelsysteem vallen. Sensoren kijken nu waar de vrachtwagen staat en een servomotor draait de hele kraan in de juiste hoek. Een andere servomotor past de afstand van het verdeelsysteem tot de kraan aan, zodat deze nu boven de vrachtwagen hangt. Bonen vallen nu langzaam in de vrachtwagen dankzij het rad van het verdeelsysteem dat draait door een DC motor. De balans onder de vrachtwagen deelt het gewicht mee met de Arduino. Als het gewenste gewicht behaald is, stopt het verdeelsysteem en draait het terug naar de silo's waar de overige bonen worden geloosd. Het hele proces herhaalt zich voor de andere boonsoorten.

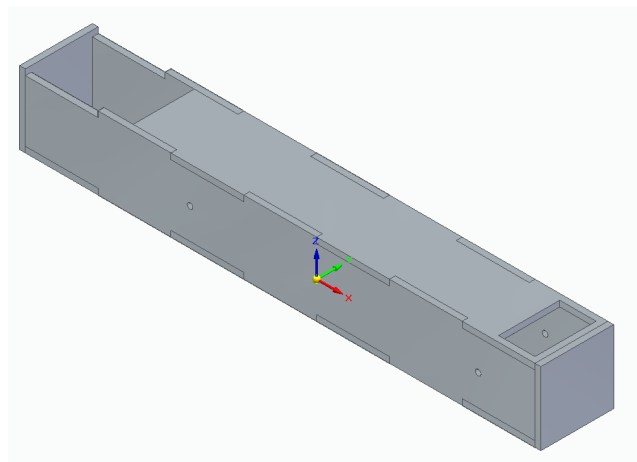
2.1 Mechanisch ontwerp

2.1.1 Toren

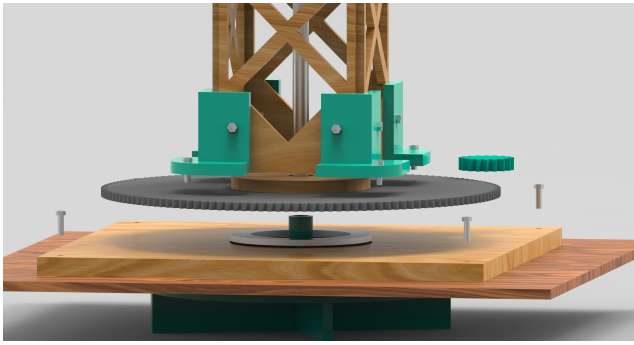
De basis voor het hele systeem is de toren (figuur 1). Deze is gemaakt uit MDF, waarbij een laser cutter de juiste vormen uit een MDF-plaat snijdt. De toren is bevestigd op een tandwiel dat de hele constructie kan laten draaien. De reden hier voor is dat nu de motor enkel het traagheidsmoment van de constructie moet overwinnen. Dit is omdat de lager die onder de toren zit het volledige gewicht van de toren op zich neemt, in plaats van de motor (figuur 3). Halfweg in de toren is een open ruimte voorzien voor de bewegende arm waaraan het verdeelsysteem bevestigd is. Aan de bovenkant van de toren (figuur 4) is nog een arm bevestigd (figuur 2). Deze zit vast op de toren en beweegt dus niet op zichzelf. Aan het uiteinde van deze laatste arm zit de staaf met schep.



Figuur 1: Toren



Figuur 2: Kraanarm voor de schep



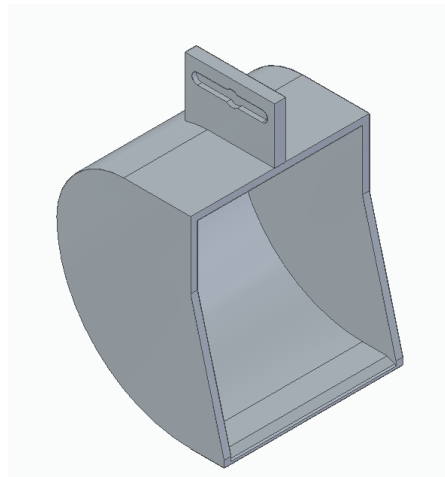
Figuur 3: Onderkant toren



Figuur 4: Bovenkant toren

2.1.2 Schep

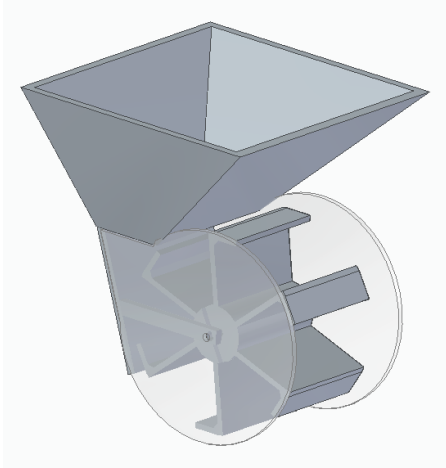
De schep (figuur 5), gemaakt met een 3D-printer, heeft wanden met een dikte van 3 *mm*. De schep bestaat uit één geheel. Aan de schep is ook een stuk om de motor aan te bevestigen.



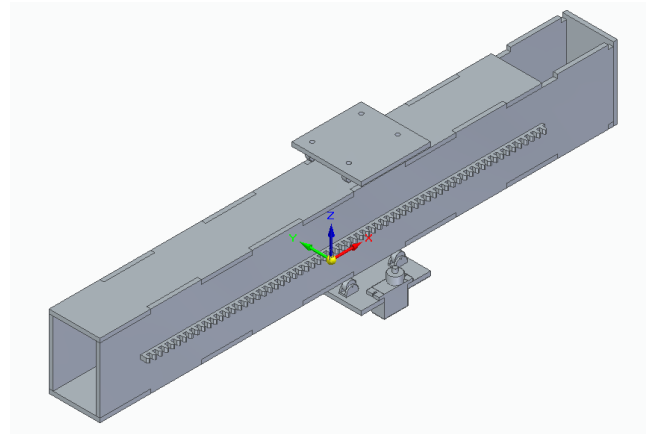
Figuur 5: Schep

2.1.3 Verdeelsysteem

Het verdeelsysteem (figuur 6) bestaat uit twee grote delen: de trechter en het draaisysteem. Beiden zijn geprint met een 3D-printer. De trechter zorgt voor een opvangbak voor de bonen. Het draaisysteem is een rad dat de bonen schept en heft tot in de vrachtwagen. Een DC-motor drijft het rad aan.



Figuur 6: Verdeelsysteem



Figuur 7: Kraanarm waaraan het verdeelsysteem is bevestigd

Het verdeelsysteem is aan de toren bevestigd met behulp van een arm (zie figuur 7). Deze arm gaat door de toren en wieltjes aan de zijkant houden de arm op zijn plaats. Een servomotor die aan de zijkant van de kraan bevestigd is, zorgt dat de arm meer of minder uitgeschoven is.

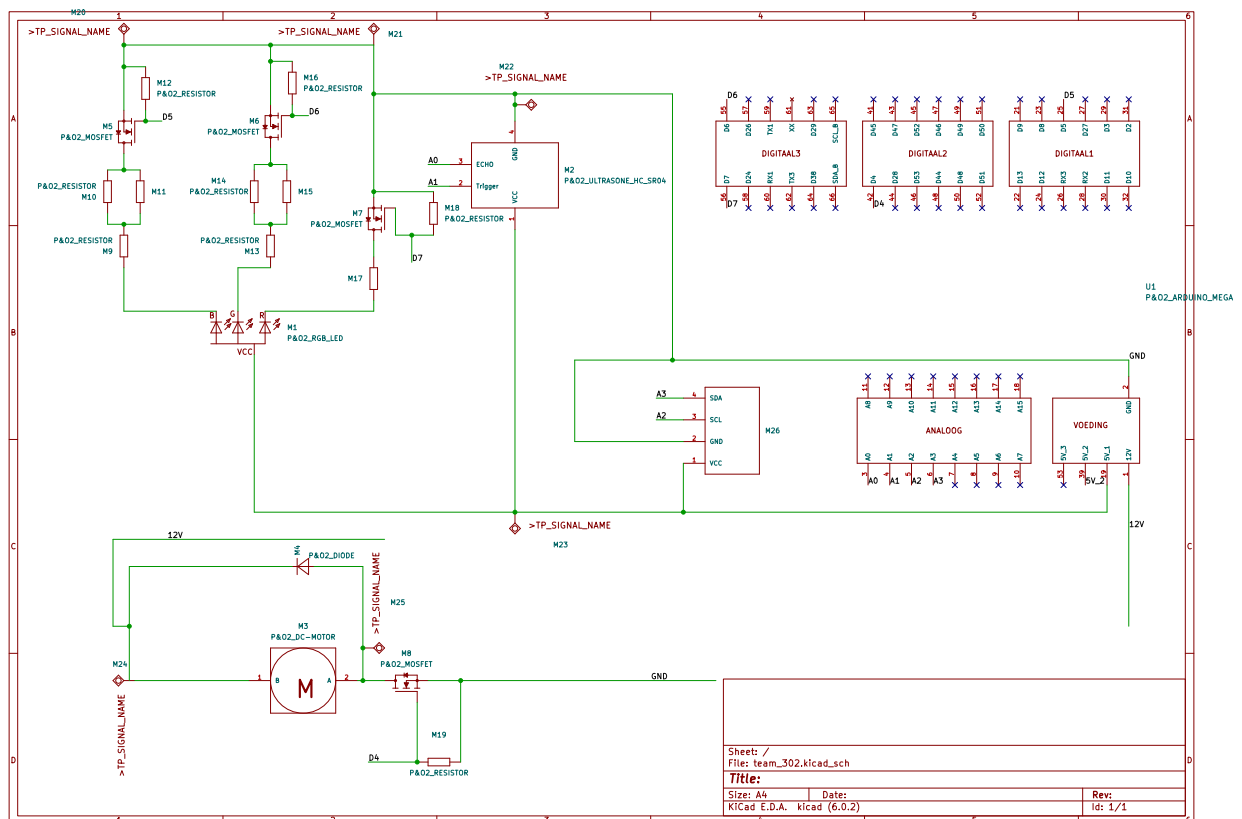
2.2 Elektronisch ontwerp

Voor het elektrisch ontwerp is er gekozen om met vier servomotoren en één DC-motor te werken. De servomotoren laten precieze beweging toe, dit is bijvoorbeeld nodig voor de motor bevestigd aan de schep want er worden nauwkeurige bewegingen verwacht. De ultrasonese sensor is verbonden aan het platform, die aangedreven is door een servomotor. Dit is nodig zodat de toren precieze rotaties maakt en de horizontale kraanarm zich op de juiste positie boven de vrachtwagen bevindt. Het verdeelsysteem hoeft niet heel nauwkeurig te draaien, hiervoor is de DC-motor geschikt. In de subsectie over motoren is er meer uitleg over de werking van de motoren.

Hier onder een overzicht van de componenten die gebruikt zijn voor dit project:

Componenten lijst

- 1 x Arduino Mega
- 4 x Mosfet
- 4 x Servo motoren
- 1 x DC motor
- 1 x Ultrasonese sensor
- 1 x Gewichtsensor
- 1 x Diode
- 1 x RGB



Figuur 8: Elektrisch Schema

2.2.1 Motoren

Het ontwerp beschikt over vijf motoren waarvan vier servo-motoren en één dc-motor. De dc-motor [6] heeft als functie het aandrijven van het verdeelsysteem en werkt met een continue rotatie in één richting. Deze is verbonden met een MOSFET, een diode en een weerstand.

Vervolgens de vier servomotoren:

1. De eerste motor zorgt voor het laten zakken en opheffen van de staaf aan de bovenkant van het platform via een tandwieloverbrenging. Aan deze staaf is de schep bevestigd. [7]
2. De tweede motor zorgt voor het draaien van de grijparm en dus het opscheppen van de bonen. [4]
3. De derde motor heeft als functie het horizontaal verplaatsen van de tweede kraanarm waaraan op het uiteinde het verdeelsysteem is verbonden dit gebeurt met behulp van tandwieloverbrenging. [8]
4. Een vierde servo staat in voor het draaien van de toren rond zijn eigen as en is met een tandwiel verbonden aan de basis van de toren. [4]

2.2.2 Sensor

De ultrasone sensor [9] bepaalt de afstand tot de vrachtwagen.

De Arduino ontvangt deze afstand en met behulp van de servomotor [8] aan de basis van de toren kan de exacte positie van de vrachtwagens bepalen. Een gewicht-sensor in de vrachtwagen zal een signaal uitzenden naar de DC-motor zodra het gewenste gewicht bereikt wordt, waarop de motor zou stoppen met draaien.

2.2.3 RGB-LED

Een RGB-LED[3] kan drie kleuren vertonen, groen, blauw en rood, maar ook de kleurencombinaties die ze met elkaar maken. Het voltage dat door de rode LED gaat is echter niet gelijk aan het voltage dat door de andere twee LED 's gaat. Dit werd opgelost met behulp van een combinatie van weerstanden zoals te zien op figuur 8.

2.3 Software van de Bean Bot

Aanvankelijk wordt door middel van de app bepaald uit welke silo bonen geschept zullen worden. Wanneer dit aangeduid is in de app, zal er een signaal verstuurd worden waardoor het programma dat de motoren aanstuurt, begint te lopen. Het programma begint bij de twee servomotoren van de grijparm. Eerst zakt de grijparm met behulp van de servomotor die hieraan verbonden is. Zodra de schep(figuur 5) zich op dezelfde hoogte als de bonen bevindt, begint de servomotor verbonden aan de schep te draaien waardoor er bonen worden opgepakt. Vervolgens draait de servomotor van de grijparm dezelfde hoeveelheid terug, waardoor de grijparm weer naar zijn startpositie gaat. Hierna begint de servomotor verbonden aan de basis van de toren te draaien met één graad per milliseconde. De servomotor draait eerst 150 graden waarbij de ultrasone sensor nog niet werkt, zodat deze niet de silo met bonen zou detecteren. Na deze 150 graden vertraagd de servo tot één graad per twee milliseconden. Elke graad na de initiële 150 meet de ultrasone sensor de afstand tot het dichtst bijzijnde voorwerp. Als deze afstand tussen de 14 en 40 centimeter ligt slaat de code deze afstand en de hoek, die de servo al had gedraaid tot deze meting, op. Elke gemeten afstand en opgeslagen hoek worden bij elkaar opgeteld tot respectievelijk een totale afstand en een totale hoek. Zodra de servomotor een hoek van 210 graden heeft bereikt, wordt de gemiddelde hoek en afstand berekend. Vervolgens draait de servomotor terug tot die gemiddelde hoek. De kraanarm (zie figuur 7) met verdeelsysteem(zie figuur 6) wordt via een laatste servomotor uitgeschoven tot de gemiddelde afstand, zodat het verdeelsysteem recht boven de vrachtwagen hangt. Daarna begint de DC-motor met draaien. Na een paar seconden of zodra de gewichtssensor een signaal geeft, stopt de DC-motor met draaien, schuift de kraanarm terug en draait de servomotor verbonden met de basis terug naar zijn oorspronkelijke positie. De code herhaalt zich als het gewenste gewicht nog niet bereikt is.

3 Berekeningen en testen

Er zijn al twee componenten getest. Allereerst de afstandsensor, deze meet de afstand en de data wordt succesvol verwerkt. Ook is al getest of de servo motor het traagheidsmoment van de toren kan overwinnen. Dat is zo, met dank aan de lager die al het gewicht op zich neemt. Verder zijn nog een hele hoop testen gepland. Elke motor moet geïntegreerd worden met zijn mechanische componenten en uitvoerig getest worden.

3.1 Analyse last-proces motoren

3.2 Maximaal stroomverbruik servomotor

3.3 Materiaalkeuze en duurzaamheid (optioneel)

Hier is voor MDF gekozen om verschillende redenen. Allereerst is het gemaakt van gerecycleerd hout en zaagmeel, er moeten dus geen nieuwe bomen voor geveld worden. In tegenoverstelling tot de andere optie, namelijk plexiglas wat afkomstig is uit de petrochemische industrie, is dit dus een relatief milieuvriendelijke optie. Alsook is het veel gebruiksvriendelijker dan plexiglas, wat wel sterker is, maar ook veel brosser en dus makkelijker breekt. Verder is MDF goedkoper, en heeft ons team met dit materiaal al meer ervaring. De keuze was dus zeer voor de hand liggend.

Complexere onderdelen werden geproduceerd met een 3D-printer. We hebben hier gekozen om met PLA te werken. Het wordt gewonnen uit maiszetmeel en sojabonen. Dit maakt het dus een milieuvriendelijk materiaal. Omdat het van plantaardige afkomst is komen er ook niet veel broeikasgassen vrij bij de productie van het materiaal. Bovendien is het zelfs biologisch afbreekbaar. Het nadeel van deze talloze voordelen is dat het minder duurzaam is dan andere polymeren. De levensverwachting van een PLA 3D-print is binnenshuis onder normale omstandigheden 15 jaar, wat zeker lang genoeg is voor dit project. De andere optie was PETG. Het is sterker dan PLA, maar is echter ook een product van de petrochemische industrie en dus meer vervuילend. De extra stevigheid is in dit project niet nodig, dus was PLA hier de beste keuze.

4 Performantietesten

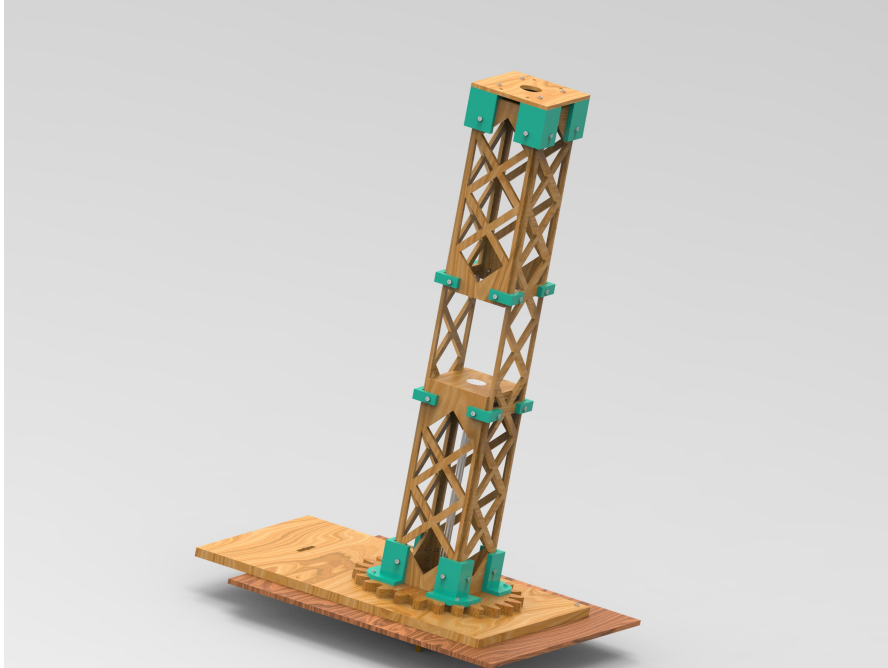
4.1 Opzet van de performantietesten

4.2 Resultaat van de performantietesten

5 Resultaten van de demonstraties

5.1 Tussentijdse demonstratie

De tussentijdse demonstratie verliep vlot. De werking van alle mechanische componenten werd afzonderlijk gedemonstreerd. De elektronische componenten werden nog niet allemaal gedemonstreerd. Dit is te wijten aan de nog niet voltooide integratie van mechanische en elektronische componenten. De al gedemonstreerde elektronische component is de servo motor die de toren laat roteren. Deze werkte, maar het besturingsprogramma moet nog verfijnd worden om de schokken er uit te halen. Verder kwam ook het probleem naar boven, dat de metalen staaf zoals in figuur 1 te zien is, dwars door de onderste kraanarm gaat. Om dit probleem op te lossen wordt de staaf verkort, en gaat deze bevestigd worden aan het platform waarop de onderste kraanarm rust. Deze aanpassing is te zien in (figuur 9).



Figuur 9: Aangepaste Toren

5.2 Einddemonstratie

6 Budget

Het budget voor de bonenverdeler is €160. Onze groep bestaat uit acht leden waarbij elk teamlid €20 in een tijdelijk pot heeft gedaan bij het begin van het project om dit bedrag te bereiken. Aan het einde van ons project zal het niet opgebruikte bedrag dan gelijk verdeeld worden onder de acht leden. Voor ons project waren er roller bearings nodig, deze zijn aangekocht samen met groep 303 om op leverkosten te besparen, de terugbetaling kan je ook in de tabel zien.

In			Uit		
	Geld groepsleden (8*20)	160	02/03	basispakket	35,00
16/03	Geld voor roller bearing van groep 303	22,50	09/03	roller bearing (+ groep 303)	36,01
			16/03	MDF-platen voor lasercutten	7,50
			16/03	Staaaf	4,50
			22/03	elektronische componenten	57,00
			21/03	3D-prints	5,30
			23/03	3D-prints	7,10
			24/03	3D-prints	14,00
			29/03	3D-prints	6,90
	Totaal in:	182,50		Totaal uit:	173,31
				Verschil:	9,19

Tabel 1: Inkomsten en uitgaven

6.1 Ontwikkelingsbudget

6.2 Kostprijs nieuw toestel

7 Vorderingen

Op het tijdstip van dit verslag is de beschikbare tijd voor dit project ongeveer voor de helft voorbij. Er zijn grote vorderingen gemaakt bij zowel het mechanische als bij het elektronische team. Zowat alle onderdelen zijn gemaakt, de grote delen moeten enkel nog in elkaar gestoken worden. Op dat vlak loopt het mechanisch team voor op schema. Het ontwerpen van de app is een stuk later gebeurd dan origineel de planning was. Voor de rest zit ook het elektrisch team goed op schema.

Er zijn wat aanpassingen gedaan aan de planning. Die zijn te zien op de vernieuwde planning (figuur 11). De lichtgroene blokjes duiden tijdsloten aan die eerst voorzien waren, maar achteraf niet nodig bleken of waar geen tijd voor was. De gele blokjes zijn nieuw toegevoegd. De originele planning (figuur 10) is ook toegevoegd om te kunnen vergelijken.

8 Besluit

8.1 Mechanisch ontwerp

Het mechanische ontwerp en het assembleren van de verschillende individuele onderdelen is over het algemeen afgewerkt. Vanaf nu is het vooral een kwestie om alle onderdelen, die apart van elkaar ontworpen zijn, samen te brengen in één geheel. Er moet nog een oplossing gezocht worden om het verdeelsysteem aan zijn kraanarm te bevestigen en er moet nog een manier gezocht worden om de wieltjes, waarover de kraanarm van het verdeelsysteem kan rollen, aan de kraan te bevestigen. Verder moet nog verder uitgewerkt worden hoe de schep met de motor aan hun pvc-buis worden bevestigd en een manier gevonden worden om de pvc-buis betrouwbaar te laten bewegen in het gat van de kraanarm dat hiervoor voorzien is. Daarnaast moet er in de volgende weken hecht samengewerkt worden met het elektronische team om het elektronische systeem te integreren in het mechanische systeem. Pas daarna kan er getest worden of alle verschillende motoren en sensoren werken naar behoren en of de geschreven software doet wat ervan verwacht wordt.

8.2 Elektronisch ontwerp

Het elektronische gedeelte van de *Bean Bot* verloopt volgens planning. De codes, die nodig zijn om de motoren aan te sturen, zijn allemaal opgesteld. Aanstaaende weken kunnen deze motoren dus op elkaar afgesteld worden en gefinaliseerd worden. Daarna kunnen alle codes samengevoegd worden en dan is het slechts een kwestie van performantietesten uit te voeren. Die zullen helpen bij het bepalen van de juiste hoek en *delay* van de motoren. Verder ligt het maken van de app op schema. Wanneer de Wi-Fi module aankomt, kan de app dus een signaal versturen waardoor alle motoren in werking treden. Daarnaast is de PCB ingediend en verwachten we deze te ontvangen binnen een tweetal weken. Zodra alle onderdelen geleverd zijn, kan het assembleren beginnen. Hiervoor wordt nog een concrete planning gemaakt zodat het combineren van het elektronische en mechanische ontwerp zo vlekkeloos mogelijk verloopt.

8.3 Specificaties

De exacte specificatie zijn nog niet gekend.

Component.	Lengte	Breedte	Hoogte	Dikte	Materiaal
Schep				3 mm	
Verdeelsysteem					
Kraanarm					
Toren					

Tabel 2: Afmeting en gebruikt materiaal

8.4 Conclusie

Wat nog moet gebeuren is het maken en programmeren van de applicatie en zorgen dat de mechanische onderdelen goed samenwerken met de motoren. Er moet nog verder getest worden en zorgen dat de motoren op elkaar zijn afgestemd. De planning wordt over het algemeen goed gevolgd.

9 Referenties

- [1] MASTER. https://p.cygnus.cc.kuleuven.be/bbcswebdav/pid-32315849-dt-content-rid-312687004_2/courses/B-KUL-H01C2a-2122/Servo_klein_DS3012%281%29.pdf.
- [2] Arduino Get Started. *Arduino-Servo Motor*. <https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-servo-motor>.
- [3] components101. *RGB LED*, 3 2018. <https://components101.com/diodes/rgb-led-pinout-configuration-circuit-datasheet>.
- [4] DF ROBOT. *9g 270°Metal Servo with Analog Feedback(1.5kg)*. https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SER0046_Web.pdf.
- [5] A. A. Jabbaar. *Ultrasonic Sensor HC-SR04 with Arduino Tutorial*, 9 2019. <https://create.arduino.cc/projecthub/abdularbi17/ultrasonic-sensor-hc-sr04-with-arduino-tutorial-327ff6>.
- [6] Mclellan. *TECHNICAL DATA*. https://p.cygnus.cc.kuleuven.be/bbcswebdav/pid-32315763-dt-content-rid-312682761_2/courses/B-KUL-H01C2a-2122/DCMclellan%281%29.pdf.
- [7] multicompro. *Analog Continuous Rotation Servo Motor, 6V, 360°*, 3 2020. <https://www.farnell.com/datasheets/2914227.pdf>.
- [8] Powerday. *powerday 180°Control Angle Waterproof DS3225MG Digital Servo Metal Gear 25KG Torque 25T Metal servo Horn for RC Car Robot*. https://p.cygnus.cc.kuleuven.be/bbcswebdav/pid-32315849-dt-content-rid-321363828_2/courses/B-KUL-H01C2a-2122/DS3225MG%20datasheet.pdf.
- [9] tech support elec freaks. *Ultrasonic Ranging Module HC - SR04*. Elec freaks. https://p.cygnus.cc.kuleuven.be/bbcswebdav/pid-32315703-dt-content-rid-312682732_2/courses/B-KUL-H01C2a-2122/Afstandssensor_Ultrasoon_HCSR04_Datasheet%281%29.pdf.

10 Bijlagen

10.1 Planning

Teamzitting	TZ3		TZ4		TZ5		TZ6		TZ7 eerste dem		TZ8		TZ9		TZ10		TZ11		TZ12 DEMO		
Data	2/03/2022		9/03/2022		16/03/2022		23/03/2022		30/03/2022		20/04/2022		27/04/2022		4/05/2022		11/05/2022		18/05/2022		
	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	
Taken:																					
planning maken																					
mechanisch ontwerp																					
solid edge toren																					
solid edge kranen																					
solid edge cornflakes																					
solid edge grijper																					
toren produceren/assembleren																					
kranen produceren/assembleren																					
cornflakes produceren/assembleren																					
grijper produceren/assembleren																					
elektrisch ontwerp																					
elektrisch schema																					
app maken																					
pcb ontwerpen																					
sensoren programmeren																					
programma cornflakes																					
grijparm programmeren																					
draaiende as programmeren																					
verslag																					
deadline pcb																					

Figuur 10: Originele planning

Teamzitting	TZ3		TZ4		TZ5		TZ6		TZ7 eerste dem		TZ8		TZ9		TZ10		TZ11		TZ12 DEMO		
Data	2/03/2022		9/03/2022		16/03/2022		23/03/2022		30/03/2022		20/04/2022		27/04/2022		4/05/2022		11/05/2022		18/05/2022		
	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	8u15-10u15	10u30-12u30	
Taken:																					
planning maken																					
mechanisch ontwerp																					
solid edge toren																					
solid edge kranen																					
solid edge cornflakes																					
solid edge grijper																					
toren produceren/assembleren																					
kranen produceren/assembleren																					
cornflakes produceren/assembleren																					
grijper produceren/assembleren																					
Onderdelen in elkaar bevestigen																					
Motoren bevestigen																					
elektrisch ontwerp																					
elektrisch schema																					
app maken																					
pcb ontwerpen																					
sensoren programmeren																					
programma cornflakes																					
grijparm programmeren																					
draaiende as programmeren																					
finetuning + onvoorzien werk																					
verslag																					
deadline pcb																					

Figuur 11: Vernieuwde planning

Tot nu toe werd de planning tamelijk accuraat gevolgd. De snelheid waarmee sommige onderdelen werden voltooid verschilde echter af en toe.

10.2 Ontwerpdossier