

# Uitdagingen in de ontwikkeling van Augmented Reality voor de ondersteuning van assemblageprocessen

- verslag van een verkennend onderzoek –

Manouk Nijhof en Jannes Slomp, lectoraat Lean/World Class Performance, HAN

*Met een verkennend onderzoek onder een gemêleerde groep bezoekers van de open dagen van de HAN (Instituut Engineering), hebben we gezocht naar de kansen en uitdagingen van AR-ondersteuning in assemblageprocessen. Het blijkt dat digitale ondersteuning het assembleren van discrete producten aanzienlijk kan versnellen. Het is echter de vraag wat het effect van digitale ondersteuning is op het leereffect in assemblageprocessen: standaard instructies beperken de ruimte voor creativiteit van assemblagemedewerkers. Het is de vraag hoe we hier mee om kunnen gaan bij het gebruik van digitale ondersteuning. Belangrijke verdere uitdagingen voor ontwikkelaars van digitale ondersteuning betreffen het identificeren van geschikte momenten van informatieoverdracht, het vaststellen en feedback geven op assemblagefouten en het personaliseren van de ondersteuning. Vooral personalisatie is een belangrijke uitdaging voor ontwerpers. Het blijkt dat er een grote variatie is in de appreciatie van de, in dit onderzoek aangeboden, digitale ondersteuning. Assemblagemedewerkers zullen moeten kunnen aangeven waar en op welke manier digitale ondersteuning kan helpen bij het uitvoeren van hun taken.*

## Inleiding

Digitale ondersteuning van assemblagetaken is in ontwikkeling, van het digitaal beschikbaar stellen van tekeningen en assemblage-instructies naar het, middels Augmented Reality, begeleiden van de assemblagemedewerker bij het uitvoeren van zijn taken. Het gebruik van lenstechnologie (zoals Microsoft HoloLens, Google Glasses) wordt reeds gebruikt in demonstratieprojecten. In de praktijk van assemblagebedrijven is het gebruik van lenstechnologie echter nog nagenoeg afwezig. Het is zinvol om te onderzoeken in welke richting digitale ondersteuning van assemblagetaken zich moet ontwikkelen. Het onderzoek dat in deze paper beschreven wordt wil daar een bijdrage aan leveren.

In 2016 en 2017 hebben we een onderzoek uitgevoerd naar het leren en verbeteren van assemblagetaken. Bezoekers van open dagen van de HAN werden verzocht om tweemaal een huisje van duplo te bouwen. Vanwege het leereffect zou, naar verwachting, het tweede huisje sneller kunnen worden geassembleerd. Hierbij hebben we niet gekeken naar mogelijkheden van digitale ondersteuning. Het onderzoek leverde een aantal interessante punten op, zoals de grote variatie in tijd die mensen nodig hadden om een huisje te bouwen en het beperkte leereffect van gemiddeld 95% (zie Slomp & Vermeulen, 2018). Dit ondanks het nadrukkelijke verzoek aan deelnemers om verbeteringen door te voeren. De resultaten uit dit onderzoek vormen een referentie voor de resultaten van het onderzoek dat we hier beschrijven.

We hebben ons in het vervolgonderzoek gericht op de kansen en barrières van digitale ondersteuning bij het assembleren van de huisjes. Ook hier hebben we deelnemers aan het onderzoek twee maal een huisje van duplo laten bouwen, één keer zonder en één keer met digitale ondersteuning. Vervolgens hebben we de deelnemers gevraagd hoe ze de digitale ondersteuning hebben ervaren. Daarnaast hebben we onderzocht of de ondersteuning een positief effect heeft op de assemblagesnelheid. Het onderzoek is uitgevoerd tijdens drie open dagen van de HAN, bij het Instituut Engineering. Binnen dit instituut fungeren verschillende opleidingen: Elektrotechniek, Embedded Systems Engineering, Industrieel Product Ontwerpen, Werktuigbouwkunde en Technische Bedrijfskunde. Het continu leren verbeteren van wat je doet (en van bestaande processen en producten), is een belangrijk onderdeel van deze opleidingen. Het is de attitude die de opleidingen willen meegeven aan de studenten: een gerichtheid op verbeteren. Het Lectoraat Lean/World Class

Performance (zie [www.han.nl/lean](http://www.han.nl/lean)), dat verbonden is aan het instituut, doet onderzoek naar verbeteren, naar de tools en de principes die je hierbij kunt gebruiken. We hebben dit verteld aan de deelnemers van het onderzoek en duidelijk gemaakt dat hun bijdrage belangrijk is voor de verdere ontwikkeling van digitale ondersteuning van assemblageprocessen.

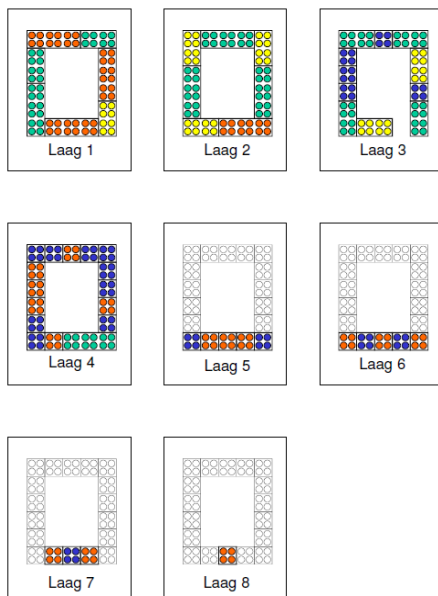
Het onderzoek is bescheiden in opzet. Het aantal deelnemers is beperkt. Er is geen sprake van een systematische keuze van deelnemers. Ook zijn de experimenten niet volledig gestandaardiseerd: de onderzoeker heeft enige invloed op de snelheid waarmee deelnemers instructies krijgen. Om deze reden beperkt dit onderzoek zich vooral tot kwalitatieve observaties en reacties van deelnemers. Hieruit volgen aandachtspunten die van belang zijn in de verdere ontwikkeling van digitale ondersteuning van assemblagetaken.

In het vervolg van dit artikel zullen we eerst de opzet van assemblage-experiment beschrijven. Hierna volgen de resultaten. Het artikel wordt afgesloten met discussie en conclusies.

### De opzet van het assemblage-experiment

Evenals in het eerste onderzoek werden bezoekers van de open dagen bij de HAN (engineering) uitgenodigd om twee keer een huisje van duplo te bouwen. In de tweede ronde werden deelnemers ondersteund door een technologie waarbij via een computerscherm de natuurlijke visuele waarnemingen werden aangevuld met computer gegenereerde informatie.

De uitgangssituatie voor ronde 1 was een volle bak met duplo plus een werkinstructie. Het huisje wordt, conform de instructie, laag voor laag opgebouwd. Zie figuur 1 en 2.

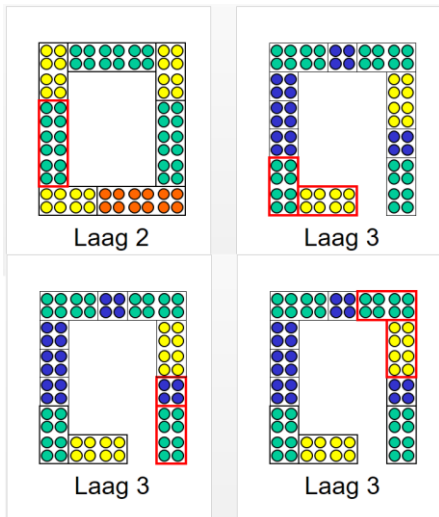


Figuur 1 – De werkinstructie

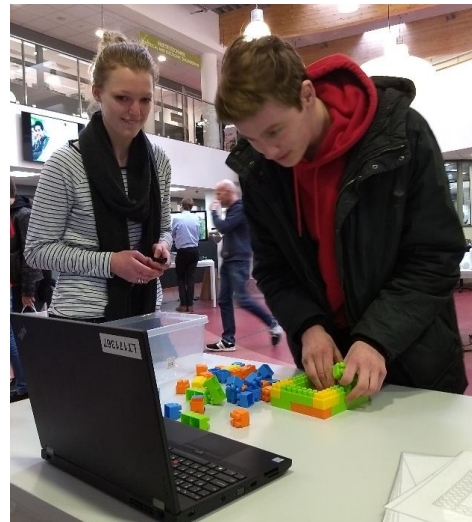


Figuur 2 – Ronde 1

De uitgangssituatie voor ronde 2 was een volle bak met duplo en een computerscherm met de werkinstructie (PowerPoint) die de deelnemers richting gaf tijdens het bouwen van het huisje. De rode omlijning op de presentatie gaf aan welke blokjes de deelnemer moest pakken. In elke assemblagestap, PowerPoint scherm, werden twee blokjes aangewezen. Figuur 3, op de volgende pagina, laat het scherm zien van het laatste blokje van laag 2, de eerste twee blokjes van laag 3 en twee opvolgende instructies. Het computerscherm imiteerde hierbij augmented reality toepassingen waarin de gebruiker ook stap voor stap instructies krijgt. De onderzoeker is onderdeel van de technologie door de handmatige aansturing van de PowerPoint. Zie figuur 4 op de volgende pagina.



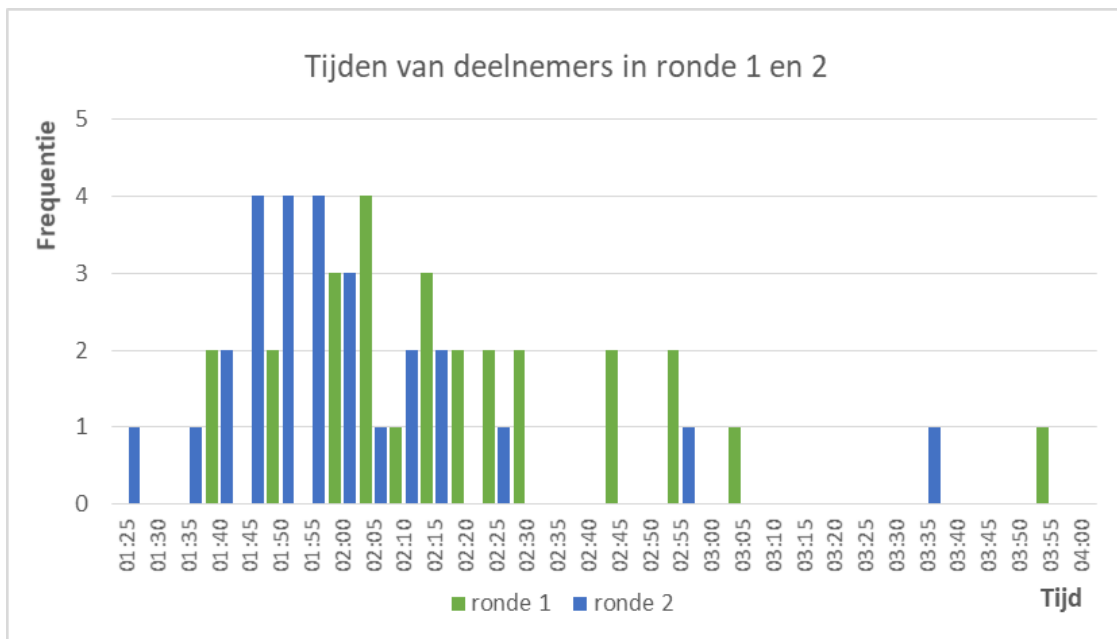
Figuur 3 – Voorbeeld projectie op computerscherm



Figuur 4 – Ronde 2

## Resultaten

In totaal hebben 27 bezoekers deelgenomen aan het onderzoek. Figuur 5 op de volgende pagina geeft de tijden weer die de deelnemers nodig hadden om het huisje te bouwen in ronde 1 en ronde 2. In ronde 1 varieert de benodigde tijd tussen de 1 minuut en 40 seconden en 3 minuten en 55 seconden. In ronde 2 varieert de benodigde tijd tussen de 1 minuut en 29 seconden en 3 minuten en 36 seconden. De standaarddeviatie is afgerond 29 seconden voor ronde 1 en 25 seconden voor ronde 2. Dit betekent dat de spreiding van de uitkomsten rondom het gemiddelde in ronde 1 iets groter is dan de spreiding in ronde 2.



Figuur 5 – Resultaten deelnemers ronde 1 en 2

Op één deelnemer na heeft iedereen een snellere tijd behaald in de tweede ronde. Als we de leerfactor uitrekenen zien we dat deze gemiddeld 87% is<sup>1</sup>. Dit betekent dat de deelnemers het huisje in de tweede ronde gemiddeld 13% sneller bouwden dan in de eerste ronde.

We hebben gevraagd hoe de deelnemers de verbeteringen en de digitale ondersteuning in ronde 2 hebben ervaren. Tijdens de nabespreking gaven de meeste deelnemers aan dat ze minder hoefden na te denken en dat de strikte focus hen hielp om sneller resultaat te behalen. Zo worden handen niet onnodig gebruikt voor het bladeren tussen werkinstructies. Het merendeel van de deelnemers vond dat de digitale ondersteuning het bouwen van het huisje gemakkelijker en duidelijker maakt.

*“Met de kaarten gebruik je je handen voor onnodige dingen, zoals het draaien en verleggen van de kaarten et cetera.”*  
(Deelnemer, 20 januari 2018)

Ondanks deze positieve resultaten benoemden diverse deelnemers ook een aantal knelpunten. Ze gaven aan dat de digitale ondersteuning de assemblagesnelheid ook beperkt. Ze wilden sneller bouwen dan werd aangegeven op het computerscherm of prefereerden een andere aanpak dan hetgeen in de computer stond geprogrammeerd. Bijvoorbeeld het bouwen met meer dan twee blokjes gelijktijdig of het uitvoeren van de assemblage in een andere volgorde. Daarnaast gaven de deelnemers aan dat het niet altijd duidelijk was wanneer het rode kader naar de volgende blokjes sprong. Om deze reden keek de onderzoeker bij de deelnemers van de laatste open dag vaker naar de ogen van de deelnemer dan alleen naar de correcte plaatsing van de blokjes op het bouwwerk. Ook bij Augmented Reality toepassingen zou dit ingebed moeten worden.

Daarnaast gaven diverse deelnemers aan dat het hebben van voldoende overzicht een belangrijk element is. Waar het voor een aantal deelnemers voldoende was om het huisje alleen per laag in kaart te brengen, met stapsgewijze instructies, bood dit voor andere deelnemers onvoldoende overzicht. De meningen over het geven van meer overzicht varieerden: sommigen suggereerden dat het voldoende zou zijn om twee lagen aan te geven, anderen pleitten voor zijaanzichten of een 3D weergave.

Een volgende constatering die deelnemers maakten was de mate van feedback die de digitale ondersteuning kan bieden tijdens het maken van fouten in het assemblageproces. Fouten in de assemblage moeten herkend worden door de digitale ondersteuning. Vervolgens is het de vraag in hoeverre de digitale ondersteuning moet helpen bij het oplossen van fouten.

Tot slot beschreven een aantal deelnemers de digitale ondersteuning als erg strikt. Er is een beperkte mogelijkheid om af te wijken van de instructies. Ze gaven aan dat het plezier in het bouwen van het huisje lager is bij de digitale ondersteuning. Een andere deelnemer gaf aan dat de uitdaging groter is als je zelf de verantwoordelijkheid krijgt. Digitale ondersteuning beperkt de creativiteit van mensen.

*“Het is leuker als je zelf beslissingen mag nemen.”*  
(Deelnemer, 18 november 2017)

Wat in alle bovenstaande knelpunten naar voren komt is het verschil in wensen en behoeften van de deelnemers. Waar de ene deelnemer zich stoort aan het ene element, past de andere deelnemer liever een ander element aan. Dit benadrukt het belang van personalisatie bij digitale ondersteuning.

## Discussie en conclusie

Onze sample van 27 deelnemers is te klein om bovenstaande resultaten, constatering en aannames te kunnen generaliseren en hier strikte conclusies uit te trekken. Desondanks bevat het uitgevoerde onderzoek stof tot nadenken. Interessant is dat de leercurve gemiddeld 87% is. Bij assemblagewerk wordt vaak uitgegaan van een leereffect van 80%. In ons voorgaande onderzoek waarin geen gebruik werd gemaakt van de digitale ondersteuning was sprake van een zeer beperkt leereffect van gemiddeld 95%. Opvallend dat we dit verschil hier zien. Zit de oorzaak wellicht in de concrete sturing die de digitale ondersteuning biedt? Maar dan, hoe zit het als we deelnemers verplichten om op een

---

<sup>1</sup> Aan het eind van dit schrijven staat een korte beschrijving van de leerfactor.

dergelijke manier nog een aantal rondes extra uit te voeren? Wat doet dit met het leereffect, de motivatie en het aantal fouten? Dit zijn vragen waar we nu nog onvoldoende antwoord op kunnen geven.

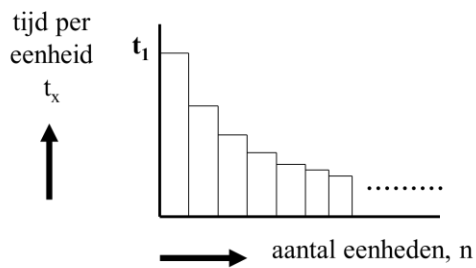
Wat we wel uit dit onderzoek kunnen afleiden is dat ondersteuning door digitale technologie nog niet zo eenvoudig is. Het is belangrijk dat nieuwe informatie op het juiste moment wordt gepresenteerd; op het moment dat de assemblagemedewerker hier behoefte aan heeft. Het is lastig om dit moment te identificeren zonder instructie te geven aan de assemblagemedewerker (b.v. klikken met de vingers). Verder moet de digitale ondersteuning in staat zijn om assemblagefouten te herkennen en feedback te geven. Verder is het een uitdaging om ruimte te bieden voor creativiteit van de assemblagemedewerker.

Uit ons onderzoek blijkt dat mensen verschillend reageren op het gebruik van digitale ondersteuning. Het varieert van appreciatie van de nieuwe technologie tot ergernis over het sturende karakter en de beperkte mogelijkheden om zelf verbeteringen te integreren. Hieruit kunnen we concluderen dat het kunnen personaliseren van digitale ondersteuning een belangrijke uitdaging wordt voor ontwikkelaars.

### **Tot slot**

Wij danken alle deelnemers voor het meedoen aan dit onderzoek.

## De leercurve



$$t_n = t_1 n^b \quad (b \text{ is een constante})$$

even op doorgaan:

$$t_{2n} = t_1 (2n)^b = 2^b t_1 n^b = 2^b t_n$$

definitie: leereffect  $p = t_{2n}/t_n$

$$\text{dus: } p = 2^b$$

$$\log p = b \log 2 \quad b = \log p / \log 2$$

dus:

$$t_n = t_1 n^{\log p / \log 2}$$

### De leercurve – een formule

Hiernaast ziet u een afleiding van een formule waarmee u een schatting kunt maken van de tijd die u in de n-de ronde nodig hebt. U moet enkel de tijd weten dat u nodig had in de eerste ronde en het leereffect ( $p$ ).

Uitgangspunt in de afleiding is de aanname dat de verbetering na elke ronde afneemt. De verbetering (in seconden) is groter na de 1<sup>ste</sup> ronde dan na de 2<sup>e</sup> ronde, etc. De formule  $t_n = t_1 n^b$  is een algemene formule voor een naar beneden lopende kromme. Hierbij is  $t_n$  de tijd die nodig is voor de n-de ronde.

De formule  $p = t_{2n}/t_n$  geeft aan dat je de tijd die je nodig hebt in ronde  $2n$  gelijk is aan de tijd die je nodig hebt in ronde  $n$  maal het leereffect.

Om de afleiding te snappen en de formule te kunnen gebruiken, moet je wel weten wat logaritmes zijn.

Voor assemblagewerk is de leerfactor zo'n 80% (0.8). Dit blijkt uit gepubliceerd praktijkonderzoek.