

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING	4
1.1	COMPUTERLYD.....	4
1.1.1	FIDELITET	5
1.2	BEGRÆNSNINGER I LYDSIDEN I FPS-SPIL	7
1.2.1	PRIMÆRE PROBLEMOMRÅDE.....	8
1.3	EKSISTERENDE LØSNINGER	10
1.3.1	ALTERNATIVE LØSNINGSMULIGHEDER	11
1.4	PROBLEMFORMULERING.....	12
1.5	EMNETS RELEVANS PÅ MUSIKSTUDIET	13
1.6	RAPPORTENS STRUKTUR.....	14
2	PERCEPTION.....	15
2.1	GENEREL PERCEPTION	15
2.1.1	KOGNITIV PROCESSERING	17
2.1.2	EMBODIED COGNITION.....	18
2.2	MODALSPECIFIK PERCEPTION	19
2.2.1	HØRELSE	19
2.2.2	BERØRING.....	25
2.3	PROBLEMATIK VEDRØRENDE PERCEPTION.....	27
2.3.1	INFORMATIONSMÆNGDE.....	28
2.3.2	AMBIGUITET	28
2.3.3	FORVENTNINGER.....	29
2.3.4	SANSEOVERBELASTNING.....	30
2.4	OPSUMMERING	33
3	MULTIMODALITET.....	35
3.1	HVAD ER MULTIMODALITET?	35

3.2	ÅRSAGSUNDERSØGELSE	36
3.3	BIAS OG DOMINANS	37
3.3.1	VISUEL DOMINANS	38
3.3.2	AUDITIV DOMINANS	39
3.3.3	SAMMENFATNING AF DOMINANS-TEORIER	40
3.4	SPECIFIKKE FORDELE VED MULTIMODALT SAMMENSPIL	41
3.4.1	PÅLIDELIG SIGNALDETEKTION Gennem REDUNDANS	42
3.4.2	RESPONSTID	42
3.4.3	MÅLSØGNING	44
4	INDLEVELSE	46
4.1	IMMERSION.....	46
4.2	PRESENCE.....	49
4.3	REFLEKSION	51
4.3.1	IMMERSION	51
4.3.2	PRESENCE	52
4.4	OPSUMMERING	54
4.4.1	IMMERSION	54
4.4.2	PRESENCE	54
5	SITUATION AWARENESS	56
5.1	SA PARADIGMER	59
5.2	SEQUENTIAL SAMPLING MODEL	61
5.3	SA I TAKTISKE FPS-SPIL	63
5.4	DESIGN AF SA-TEKNOLOGI	64
5.5	FORHOLDET MELLEM LYD OG SA.....	64
6	DISKUSSION	66
6.1	PERCEPTION	66
6.1.1	PERFORMANCEFORBEDRING VIA HAPTİK	66

6.2	PRESENCE.....	70
6.2.1	FORHOLD MELLEM PRESENCE OG SA.....	72
6.3	SITUATION AWARENESS.....	73
6.4	OPSUMMERING	73
7	FRAMEWORK.....	75
7.1	EKSISTERENDE FORSKNING	76
7.2	TYPER AF TAKTORER	78
7.3	FYSIOLOGISKE BEGRÆNSNINGER I ANVENDELSE AF HAPTIK.....	79
8	OPSUMMERING OG PERSPEKTIVERING.....	80
8.1	PERSPEKTIVERING.....	80

1 INDLEDNING

Denne rapport beskriver mit arbejde med at undersøge mulighederne for at forbedre perception, indlevelse (*presence*), *Situation Awareness* (SA) og reaktionstid (RT) i First Person Shooter-spil (FPS)¹, gennem udvidet multimodal samarbejde. Dette har specifikt til formål at støtte spilleren til at agere hurtigere, mere præcist og på et mere oplyst grundlag – og dermed forbedre dennes overordnede performance og spilleglæde generelt.

Incitamentet til projektet udspringer af en mangeårig passion for 3D-computerspil, specielt iht. FPS-genren. Genren, som typisk er kendetegnet ved højt tempo og adrenalinfremkaldende action, havde allerede eksisteret gennem flere årtier, inden den for alvor blev kendt i computerkredse med *single player* spillet *Wolfenstein 3D*² (Apogee Software 1992), udviklet af ID Software - og genrens popularitet blev igen stadfæstet med efterfølgeren *Doom* (GT Interactive 1993) året efter. Denne spilkategori er sidenhen blevet blandt de absolut mest populære i verden, målt både på antal aktive spillere og seere på online streaming-tjenesten Twitch³. I skrivende stund, udgør genren fire ud af de top fem spil med flest spillere på spilplatformen Steam - og til trods for at førstepladsen pt. er indtaget af *Real Time Strategy*-spillet *DOTA 2* (Valve Corporation 2013) (med 529569 aktive spillere), er dette skarpt opfulgt af FPS-klassikeren *Counter-Strike* (Valve Corporation 2000) (518228 spillere) (Grey 2017). Det er ikke svært at forstå genrens appel og popularitet, da det er en utrolig underholdende og medrivende oplevelse, når ens hånd/øje koordination, reaktionsevne, tålmodighed, taktisk kunnen og mentalt overblik, sættes op og afprøves imod en virtuel fjende i et actionfyldt spilmiljø - specielt hvis denne fjende er styret af et menneske. Personligt har jeg, gennem årene, af samme grund *clocket* titusinder af timer i diverse spilklassikere i FPS genren.

1.1 COMPUTERLYD

Denne passion rivaliseres kun af min dybe fascination og interesse for computerskabt lyd, og lige siden jeg som syvårig fik min første computer (en Commodore VIC20), har jeg

¹ I daglig tale ofte kaldet “skydespil”.

² Hvilket også var min første ”rigtige” oplevelse med 3D skydespil.

³ Som må tilskrives at være de facto standard i spilbranchen.

været meget fascineret af de respektive lydpaletter, som disse maskiner kan frembringe. I computerspillenes spæde år var lydene (trods deres æstetiske appel), grundet begrænsninger i lydchips såvel som hukommelsesteknologi, dog ikke særlig repræsenterende ift. hverken musikinstrumenter, menneskelig tale eller andre ”naturlige” lyde. Ikke desto mindre var lydsiden en vigtig del ikke blot til at skabe stemning, men også til at give spilleren feedback og information om objekter og hændelser i spilmiljøet. Et meget berømt eksempel på dette findes i brugen af den såkaldte *adaptive sound*⁴ i arkade-klassikeren *Bubble Bobble* (Taito 1986), hvor en hvid spøgelses-hval dukker op, hvis man ikke har klaret banen indenfor en bestemt tidsramme. Denne karakter er ret svær at styre uden om, og er således ret ”farlig” - hvilket også signaleres med et kort, men meget ominøst staccato ostinat i nedadgående figur. For yderligere at indgyde panik, sættes den ellers ret hyggelige underlægningsmusik op i tempo, hvilket også bidrager til den stressede stemning. Det er altså ikke afgørende, at lyden i computerspil er hverken naturlig eller realistisk, for at den kan bidrage til stemningen og give signalværdi.

1.1.1 FIDELITET

At skulle gennemgå hvordan *sound engines* (spillyds-motorer) på teknisk niveau designes, fungerer og anvendes, bliver let en omstændelig opgave i sig selv, og da dette ikke har afgørende betydning for formålet med dette projekt, har jeg valgt at afgrænse mig fra at gå i dybden med dette. Det er dog vigtigt at have kendskab til spilcomputeres evne og begrænsninger ift. at generere lyd, hvilket vil blive belyst i de følgende afsnit. Med computerteknologiens udvikling gennem tiden, er lyd gengivelse i computerspil imidlertid blevet adskillige gange bedre, og med mulighed for både at afvikle *samples* i så høj opløsning, at det ikke er muligt for det menneskelige øre at høre forskel ift. ”virkelige” lyde, er det ikke på dette punkt at teknologien kommer til kort. Det er nu også muligt at anvende lydprocessering, også kaldet *Digital Sound Processing (DSP)*, i et forsøg på at skabe mere realistiske auditive rum i virtuelle miljøer (VM) - og her er teknologien også i stadig udvikling, med f.eks. emulering af rumklang, frekvensfiltrering mm. Men der er ingen tvivl om, at der stadig er stor forskel på lydoplevelsen i et VM og i den virkelige verden, forillyds-motorer er stadig ikke i stand til at gengive denne på et 100% realistisk og

⁴ Dette betyder lyd, der reagerer på *game states* i spil, som f.eks. skift i spillerens health, baneskift osv. (Collins 2008).

overbevisende niveau. Dette skyldes primært begrænsninger ift. de to førnævnte lydgenereringsmetoder. Selv om det som sagt er muligt at optage naturlyde i så høj opløsning, at intet menneske vil kunne høre forskel⁵, er der fysiske begrænsninger på, hvor meget af dette som praktisk set kan lagres på en harddisk, indlæses i RAM og afvikles uden *latency*. Et eksempel på disse praktiske begrænsninger er lydene af fodtrin; disse er *aldrig* 100% ens, grundet subtile forskelle i underlag, gangbevægelse (hastighed, balance osv.), omgivelser (som reflekterer disse lyde) og så videre. Det er indlysende, at man aldrig ville kunne optage alle mulige kombinationer af disse faktorer, og dette ville også kræve en enorm (læs: uendelig) mængde diskplads – hvilket også er grunden til, at de fleste computerspil begrænser antallet af fodtrin-*samples* til en håndfuld eller to. Men så kommer spørgsmålet jo: hvis man normalt kun anvender et fåtal af samples, hvordan simulerer man så f.eks. vejrforhold, miljømæssige omgivelser mv.? Svaret er, at det bl.a. er i denne henseende man gør brug af DSP. Auditive fænomener som refleksion (rumklang) og filtrering af lyde når de passerer gennem objekter, kan - med en forholdsvis høj grad af realisme – emuleres vha. denne type processing. Men også her er der begrænsninger, og dette er ift. den processorkraft som skal til, for at kunne gøre dette troværdigt. Specielt rumklang er meget processorkrævende⁶, og skulle man behandle samtlige lyde i et givent *sound scape* i ultrahøj detaljegrade, ville dette hurtigt bringe selv de hurtigste computere i knæ. Løsningen på disse to overordnede udfordringer er, at indgå kompromis mellem realisme og resourcekrav. Derfor findes der pt. endnu ikke noget FPS-spil, hvor det ikke er muligt at skelne mellem den virtuelle lydside og den virkelige verden.

Disse begrænsninger bliver naturligvis tiltagende mere tydelige, des tættere *resten* af computerspillet kommer på den totale realisme. Hvis grafikmotor, *game physics* samt handling er nærmest umulige at skelne fra virkeligheden, vil mangler i lydside let komme til at stikke ud som den proverbiale *sore thumb*. Dette kan let illustreres gennem et tankeeksperiment; hvordan ville ens virkelighedsfølelse f.eks. påvirkes, hvis ens fodtrin i den virkelige verden blev skiftet ud med et gentagende, statisk *sample* af blot ét fodtrin - man ville højst sandsynligt hurtigt finde dette *ekstremt* forstyrrende (jf. den resulterende kognitiv dissonans). På samme måde kan en forsimplet lydside i ellers ret

⁵ Audio CD-formatet med en *sample rate* på 44KHz i 16 bit er f.eks. rigeligt til dette formål.

⁶ Et faktum, som de fleste musikproducere som arbejder med softwarebaseret DSP, vil være bekendt med.

troværdige computerspil, være en kilde til erodering af *suspension of belief*; et vigtigt element for indlevelse i VM.

1.2 BEGRÆNSNINGER I LYDSIDEN I FPS-SPIL

Specielt i FPS-spil, har lyd en vigtig funktion ift. bl.a. farekildedetektion. Dette skyldes, at hørelsen (i den virkelige verden, i hvert fald) er omnidirektionel, og altså gør det muligt for os at opdage potentielle akusmatiske farekilder⁷. Dertil kommer, at evnen til visuel fjendedetektion bliver stærkt reduceret, når synsvinklen bevæges (derfor står finskytter ofte også helt stille når de skal opdage fjender i sit synsfelt). Dette fænomen er ikke nær så udtalt iht. lyd - så længe man sørger for ikke at overdøve fjendernes lydspor med egne handlinger (bevægelse, affyring af våben etc.). Derfor er lyd også en afgørende faktor ift. at opnå SA, dvs. viden om det omkringliggende miljø og aktørerne heri. Specielt i titler som Counter-Strike har spillerkarakterernes fodtrin (eller mangel på samme) ofte stor betydning for, hvilket hold der vinder; det kunne faktisk argumenteres, at evnen til at bevæge sig lydløst såvel som at kunne afkode retning af fjendens fodtrin, er lige så vigtig som f.eks. *aiming skills* og reaktionstid (RT). Dette understreger vigtigheden i at have en veludviklet spil-lydsmotor, som kan bidrage til et øget niveau af SA.

Derfor er det selvsagt et problem, når selv de mest avancerede FPS-spil i dag stadig har tydelige begrænsninger ift. at kunne simulere en autentisk lyd gengivelse - specielt ift. processering af akustiske fænomener som f.eks. absorption-koefficienter og den resulterende nonlineære frekvensfiltrering. Et eksempel på dette kunne f.eks. være når en fjende går på den anden side af en betonavæg, og det alligevel lyder som om vedkommende går lige ved siden af en (i frit rum). Dette sker hvis lydmotoren ikke formår at udføre den korrekte filtrering som væggen ville forårsage i en *real world* situation; her ville specifikke frekvensområder absorberes forskelligt af betonen ud fra en specifik frekvenskurve. Eftersom at ingen lydmotorer i FPS-spil endnu formår at skabe et virtuelt lydmiljø, som er sammenligneligt med en tilsvarende "virkelig" situation, har dette ikke kun konsekvenser for spillerens indlevelse, men også for dennes mulighed for at skabe sig et overblik over relevante elementer i sine nære omgivelser. Selv i FPS-spil, hvor de virtuelle vægge rent faktisk simulerer absorption af lyd, oplever man ofte at dette ikke gælder for hverken gulve

⁷ Dvs. lydkilder, som befinder sig i området udenfor vores synsfelt.

eller lofter, og det er derfor ikke (ud fra lyden) muligt at afkode, om andre spillerkarakterer befinder sig på samme plan eller ej. Dette kan være direkte forvirrende når det f.eks. lyder som om at der nærmer sig en bagfrakommende fjende, og man vender sig om for blot at konstatere, at der ikke findes nogen umiddelbar fare. Dette er naturligvis uhensigtsmæssigt på flere punkter, ikke mindst fordi man vil være tilbøjelig til at bruge mere end normalt på at scanne det (før) bagvedliggende område, end man ellers ville – hvilket gør én tilsvarende mere sårbar for angreb fra den side man før vendte imod. Dette er specielt hasarderet, da man jo ofte vender en bestemt retning, fordi man allerede har indikationer på (eller formodninger om), at der er farekilder herfra – og hvis man eksponerer sin ryg pga. ”falske” fareindikationer, er dette en situation som let kan resultere i den virtuelle død. Ergo kan misvisende oplysninger ofte være endnu mere destruktive, end manglende oplysninger. Desværre findes der umiddelbart kun én måde at udbedre disse problemer på, og det er ved at forbedre lyd motorens evne til at simulere et realistisk miljø gennem brug af DSP – hvilket som nævnt ikke altid er praktisk muligt - og desuden er der i branchen en tendens til at fokusere ressourcerne imod visuel fidelitet (Liljedahl 2010). Ovenstående begrænsninger kan umiddelbart kun løses gennem bedre planlægning og bedre funktionalitet i de anvendte spil motorer, og er derfor heller ikke fokuspunktet for denne rapport. Men eksemplerne har til formål at illustrere og belyse nogle af de områder, hvor spil-lyd ikke kan leve op til det niveau, som spil motorer i dag visuelt leverer ift. realistisk simulation af den virkelige verden⁸.

1.2.1 PRIMÆRE PROBLEMOMRÅDE

Men der findes et andet (mere specifikt) problemområde, som netop udspringer af begrænsninger i FPS-spils gængse feedbackfunktioner - og gennem tidligere akademisk arbejde med emnet har jeg fundet indikationer på, at der er potentiale ift. at udbedre denne mangel. Gennem mine mange års erfaringer med denne genre har jeg erfaret, at det ofte - specielt i kaotiske kampsituationer - ud fra lyd og billede alene, kan være ekstremt svært at retningsbestemme objekter og hændelser i det omkringliggende miljø; “The ability to actively locate sound arises from the necessity of being and acting within an ecology and [...] sound is the means not to locate objects in an external world but rather to locate our selves in relation

⁸ Det er evident, at fysikemulering heller ikke altid er helt realistisk i de fleste FPS-spil, men titler som f.eks. Battlefield 1 mener jeg kommer ret tæt på virkeligheden.

to other objects.” (Grimshaw 2015, s.63). Da spillyds-motorerne (endnu) ikke kan levere en tilstrækkelig realistisk simulering af bl.a. rumklang og frekvensfiltrering, har dette konsekvenser for, hvor hurtigt og nøjagtigt vores (ellers temmelig præcise) høreelse – ud fra forskellige *sound events* - kan identificere, samt afkode retning af og afstand ift. individuelle lydkilder (og dermed også deres iboende medbetydning i den givne situation). Der findes naturligvis forskellige ”surround sound” løsninger⁹, men disse er ofte baseret på psykoakustiske teknologier, og disse er efter min mening ikke særlig overbevisende i skrivende stund. Alternativt kan man have et reelt *Dolby Surround* setup i 5.1 eller 7.1 format, men det er nok begrænset hvor mange *gamere* anvender dette i praksis. Det er klart det mest udbredte at anvende almindelige stereo *headsets*¹⁰, da disse er langt billigere, og også ofte mere præcise i deres lydgengivelse.

Specielt i mindre indendørs-*maps* (”baner”) kan lydsiden hurtigt udvikle sig til hvad R. Murray Shafer betegner som et *lo-fi environment* (Shafer 1993); lydene smelter simpelthen sammen til ét stort auditivt kaos, og det kan være ekstremt svært at skelne dem fra hinanden. Derfor kan det også være svært at opdage faresignal-lyde, hvilket let kan resultere i at man overhører f.eks. lyden af at ens skudsikre vest bliver ramt af projektiler. Dette har altid vakt personlig frustration, da jeg mener at det er temmelig urealistisk ikke at vide om man bliver ramt af skud - og dette sker næppe heller ikke ret ofte i rigtige kampsituationer. Dette bringer os til et andet af de centrale problemer i FPS-spil i dag, nemlig den manglende kropslighed. Når man anvender hovedtelefoner til lydgengivelse, går man glip af den ekstra dimension af lyd, som mærkes i kroppen mere end den kan høres, da membranerne i disse ikke kan replicere lavfrekvent lydmateriale¹¹. Hovedtelefoner kan af fysiske årsager ikke påvirke f.eks. mellemgulvet, når en virtuel kampvogn kører forbi, eller en granat slår ned tæt på. Dette mener jeg er en kæmpe mangel i den gængse spiloplevelse i dag, da kropsligheden netop er *afgørende* for ens indlevelse i et VM; et faktum jeg opdagede, da jeg i forbindelse med et tidligere projekt spændte en *SubPac S2*¹² (et vibrotaktilt apparat til lydproduktion) på ryggen, mens jeg spillede *Battlefield 3*; jeg var simpelthen indtil da ikke klar over, at dette var en dimension som *burde* være en integreret del af enhver spiloplevelse.

⁹ Dette er i parentes, fordi jeg netop ikke mener, at teknologien lever op til hvad den lover.

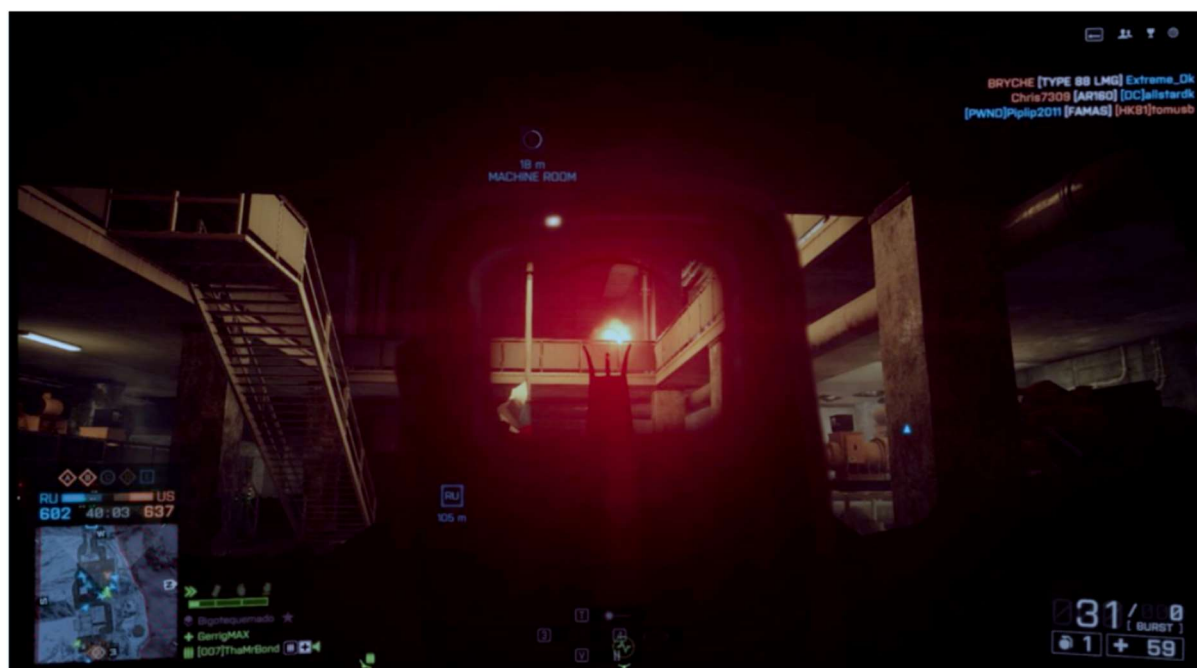
¹⁰ “I personally use a Turtle Beach X11 headset and the difference it makes to being able to hear game sounds and know the direction and distance they are from me is invaluable.” (Syphon AU 2017).

¹¹ Det er korrekt, at man kan få hovedtelefoner med meget ”bas”, men dette er også skabt gennem psykoakustisk teknologi, og kan derfor heller ikke føles fysisk.

¹² <https://shop.subpac.com/products/subpac-s2-seatback>

1.3 EKSISTERENDE LØSNINGER

I et forsøg på at udbedre problemsætningen ift. begrænsningerne i auditiv retningsbestemmelse af signaler, implementerer spiludviklere ofte en visuel retningsindikator på spillets *Heads Up Display* (HUD), men af flere årsager kommer denne løsning ofte til kort. For det første findes der i flere FPS-spil en såkaldt *hardcore mode*¹³, hvor det omtalte HUD ikke figurerer på skærmen (så man f.eks. ikke kan anvende et *real time* oversigtskort til orientering). For det andet anvendes der i mange moderne FPS-spil mange visuelle lys- og specialeffekter, som på samme måde som lyd kan skabe det, som kunne betegnes som en visuel pendant til Schafers *lo-fi environment*. I nedenstående eksempel, taget fra spillet *Battlefield 4*, ses det tydeligt, at lyset fra fjendens lasersigte blinder spillerkarakteren så meget, at det i kampens hede praktisk talt er umuligt at se den konkave, røde skadesindikator, som her kun svagt kan anes øverst i riflens kikkertsigte:



Figur 1: Retningsindikator i *Battlefield 4* (Electronic Arts 2013).

De ovennævnte eksempler viser, at der i nutidens FPS-spil (i min optik) ikke findes nogen tilfredsstillende løsning på problematikken omkring skadesindikation, specifikt ift. at

¹³ Som jeg tit vælger, da niveauet er sværere, og *bullet damage* er langt mere realistisk end i *normal mode*.

give spilleren tydelig og præcis information om *hvornår* og *hvorfra* vedkommende bliver beskudt (og ramt) fra.

I forhold til problematikken om indlevelse gennem kropslighed, findes der på markedet allerede i dag flere produkter, som reklamerer med at kunne afhjælpe denne mangel, som f.eks. TN Games' *3rd Space Ballistic Gaming Vest*¹⁴, specifikt på både retningsbestemmelse og kropslighed gennem vibrotaktilitet. Der er dog flere grunde til, at jeg ikke mener at samtlige af disse på forskellige parametre kommer til kort. Enten er de funktionsmæssigt begrænsede, eller også er de temmelig dyre at erhverve sig. Så vidt vides har ingen af disse produkter endnu formået at ramme en balance mellem funktionalitet og pris, som tiltaler mig specifikt (og dermed formodentlig ej heller mange andre ligesindede amatør-gamere).

1.3.1 ALTERNATIVE LØSNINGSMULIGHEDER

I tidligere projekter har jeg arbejdet med både lyd i computerspil såvel som multimodalitet og haptik¹⁵, og har som sagt derigennem fået øjnene op for potentialet ift. at augmentere computerspil med netop denne modalitet. I et pilotforsøg har jeg bl.a. arbejdet med forskelle i RT fra bimodale (lyd og billede) til trimodale (lyd, billede og haptik) stimulisæt, men er ikke kommet til nogen endegyldig konklusion mht. potentiale på dette parameter i computerspil-regi¹⁶. Men arbejdet har inciteret til et ønske om at undersøge potentialet mere dybdegående, evt. med henblik på sigt at udvikle et apparat, som netop kunne forbedre bl.a. RT i FPS-spil. Det er med afsæt i dette arbejde, at jeg i dette projekt vil udvide og elaborere på (egen) eksisterende viden, og videreudvikle konceptet omkring haptisk baseret performance-forbedring i FPS-spil. Haptik anvendes på nuværende tidspunkt hovedsageligt som en *novelty feature* i computerspil, selv om denne modalitet tilbyder mangfoldig, bidirektionel information: "Our sense of touch has the potential to be one of the most useful input and output tools for digital interaction." (Price et al. 2013, s.3).

Der er flere grunde til, at det er en fordel at bruge haptik i et bruger-*interface*; primært fordi at brug af haptisk feedback kan reducere behovet for visuelt såvel som auditivt

¹⁴ <http://tngames.com/>

¹⁵ Bemærk, at "haptisk" og "taktil" har samme overordnede betydning i denne rapport.

¹⁶ Hvilket skyldes flere faktorer, bl.a. at testgruppen var meget lille (3 personer), og der var tale om monospacial stimuli (dvs. kun fra én retning).

præsenteret information. Dette kan afhjælpe forvirring som opstår pga. overvældende mængder af sanseindtryk i disse modaliteter (og dermed f.eks. gøre en kampsituation mindre kaotisk), vha. aktiv feedback i form af *alerts* og andet struktureret information (Price et al. 2013). Det er derfor min antagelse at haptik kan styrke bevidsthed om farekilder ved at støtte lyd- og billedsiden i FPS-spil gennem multimodal synergi¹⁷, og rapportens funktion er således strukturelt at beskrive arbejdet med at undersøge dette potentiale. Ræsonnementet bygger på, at f.eks. vibrotaktile systemer emitterer vibrationer (dvs. ”lydbølger”), som transmitteres gennem kroppen i stedet for f.eks. luft, og disse stimuli derfor formodentlig vil styrke disse performancefaktorer gennem multimodalt samarbejde. Gennem litteraturstudie vil dette potentiale blive undersøgt, og vurderes det at konceptets potentiale er tilstrækkelig stort, vil der i rapporten blive udarbejdet et *framework* som beskriver de centrale koncepter og elementer der skal tages højde for, ifm. design af et sådant apparat.

Det er evident, at haptisk feedback allerede anvendes i vid udstrækning i bl.a. konsolspil, og allerede da den første Sony Playstation blev lanceret i 1994, medfulgte de såkaldte *DualShock* controllere med indbyggede aktuatorer¹⁸. Derfor kunne man også fristes til at sætte spørgsmålstegn ved dette projekts aktualitet, for er der så overhovedet brug for innovation på dette område? Dette mener jeg dog absolut der er, for controllere med vibrationsfunktion er begrænsede på to punkter ift. fokusområdet for dette projekt. For det første er det (næsten udelukkende) konsolspillere, som anvender denne type controllere, og dermed ekskluderer man langt størstedelen af FPS-spillere som anvender PC med kontrol via mus og tastatur. For det andet optages stimuli afgivet af disse controllere gennem fingrene, uden umiddelbar mulighed for at afgive nogen form for retningsindikation¹⁹. For det tredje, er den grad af indlevelse gennem kropslighed, som et håndholdt vibrationsapparat kan give, efter egen mening forholdsvist begrænset.

1.4 PROBLEMFORMULERING

De ovennævnte problemstillinger belyser områder, hvor jeg mener der er plads til forbedringer i den typiske spilsituation, specielt indenfor FPS-genren. Min hensigt er således

¹⁷(Jones og Sarter 2008).

¹⁸ En elektrisk motor af typen *eccentric rotating mass actuator* (Price et al. 2013).

¹⁹ Hvilket er et af de primære formål med dette projekt; mere herom senere.

at undersøge, hvorvidt det vha. forbedret multimodal interaktion er muligt at udbedre disse problemområder. Dette har udmundet i følgende problemformulering:

”Hvordan fungerer en spillers perception i virtuelle miljøer, og hvordan kan denne bevidsthed styrkes gennem forbedringer i multimodal synergi (mellem lyd, billede og haptik), specifikt med henblik på at forbedre indlevelse og performance på parametrene Situation Awareness og reaktionstid?”

Min hypotese er således, at implementering af haptisk stimulation ind i det eksisterende audiovisuelle sammenspil, vil kunne assistere spilleren til at opnå bedre performance en mere fuldkommen oplevelse af presence i VM.

1.5 EMNETS RELEVANS PÅ MUSIKSTUDIET

Nu da projektets formål og inspiration er fastslået, kunne nogle (forståeligt nok) muligvis undre sig over hvilken relevans dette har som specialeemne for en musikstuderende. Jeg mener dog bestemt, at dette emne er relevant, af flere årsager – specielt for mit vedkommende. For det første hedder denne kandidatlinje ”Lyd i Interaktive Digitale Medier”, og jeg har i flere moduler beskæftiget mig med lyd i computerspil (i hvilken forbindelse jeg blev interesseret i brug af vibrotaktilitet i spil) – hvilket også er hvad jeg håber at kunne få lov at arbejde med efter endt uddannelse. For det andet er multimodalitet et centralt omdrejningspunkt i projektet, hvilket også er et emne som vi har arbejdet med på uddannelsen. Dertil kommer, at de stimuli som vibrotaktile, haptiske apparater udsender, faktisk er identiske med dem man opfanger som lyd gennem luften – blot opfanget gennem kroppen i stedet; ”At a physical level sound is simply a mechanical disturbance of the medium, which may be air, or a solid, liquid or other gas.” (Howard og Angus 2009, s.2). Man kunne ud fra denne udtalelse argumentere, at man på sin vis ”lytter” med kroppen – et synspunkt som deles af bl.a. Evelyn Glennie, som trods døvhed er en verdenskendt percussionist i symfonisk regi (Glennie 2017).

Men vigtigst af alt er argumentet, at jeg anvender min viden indenfor lyd, akustik og computerspil til at belyse et område hvor jeg mener, at lyd (og billede) alene, bare ikke er effektiv nok ift. at opfylde moderne forventninger til generation af sansestimuli, som muliggør hurtig, robust og præcis perception, samt en forhøjet grad af indlevelse hos

spilleren. Når jeg foreslår at anvende haptisk feedback til at afhjælpe disse mangler, er det ikke for at erstatte lydfladen, men for at forstærke den gennem multimodalt sammenpil. Derfor spiller lyd en central rolle i dette projekt, og derfor mener jeg, at emnet er temmelig relevant.

1.6 RAPPORTENS STRUKTUR

For at kunne vurdere potentialet af multimodal interaktion, ift. at forbedre performance på disse punkter, er det nødvendigt først at tilegne sig viden om relevante emneområder; mere specifikt perception, multimodalitet, presence og SA. De næste fire kapitler vil derfor beskrive den viden og de teorier, som jeg har tilegnet mig gennem det litteraturstudium, som ligger til grund for dette projekt. Da kendskab til menneskelig perception er en nødvendig referenceramme for at kunne behandle de andre emneområder, er det nærliggende at begynde teoridelen med denne hjørnesteen. Dette kapitel vil blive efterfulgt af et kapitel om multimodalitet, da dette emne på sin vis kunne betegnes som en udvidelse af perceptionskapitlet²⁰. Dernæst kommer kapitlet om presence (og lignende fænomener), efterfulgt af et om SA. På denne måde er der en forholdsvist logisk fremdrift i rapportens indhold, selvom at dette kan være svært at opnå i et emneområde så komplekst som dette.

²⁰ Pga. emnets størrelse, har jeg valgt at inddele i to kapitler, for overskuelighedens skyld.

2 PERCEPTION

Det menneskelige sanseapparat er ekstremt komplekst, og grundlæggende kendskab til perceptionsprocessen er essentielt for at kunne vurdere begrænsninger i de præsenterede sansestimuli i VM. Dette kendskab er også nødvendig når man skal evaluere multimodalt sammenspil, for vores sensoriske receptorer og centralnervesystem har til opgave fordre perception, uanset om sansestimuli forekommer i virkelige eller simulerede miljøer. “[A] systematic exploration of the capabilities and limitations of the human sensory and motor systems constitutes a prerequisite to the appropriate design of any haptic interface.” (Saddik et al. 2011, s.61). Som beskrevet i forrige kapitel, formår nuværende VM endnu ikke en grad af fidelitet, som er i stand til at snyde vores hjerner til at tro, at disse repræsenterer en *virkelig* virkelighed. For at kunne vurdere hvorvidt det er muligt at udbedre denne mangel gennem haptik, må man først tilegne sig indsigt i hvordan den menneskelige hjerne opfatter sine omgivelser. Da hjernens evne til at samle og bearbejde indkommende sansestimuli, er lige så kompleks som den er imponerende, er det derfor også vigtigt på forhånd at forsøge at skabe et overblik over hvilke informationer man har brug for – og dermed også hvilke områder man vil afgrænse sig fra. Det logiske er i denne henseende først at behandle fænomenet perception helt overordnet, for at skabe overblik, og derefter elaborere ud fra de sanseprocesser, som er relevante ift. analyse af interaktion med VM. Selv om at syn naturligvis er en integreret del af en spiloplevelse, vurderer jeg, at en dybdegående gennemgang af denne modalitet, ikke har betydning for at kunne vurdere multimodalt sammenspil i VM. Dertil kommer, at den visuelle side af FPS-spil som sagt *kan* simulere et forholdsvis realistisk (nok) spilmiljø, og det ikke er i denne henseende, at jeg mener at kunne bidrage med forbedringsforslag. Dette samme gælder som sagt ikke for lydsiden, og for at kunne beskrive de områder, hvor det VM har sine begrænsninger ift. den virkelige verden, er det nødvendigt at beskrive hvordan høresansen fungerer under ”normale” omstændigheder. Da berøringssansen normalt ikke indgår i en typisk spilsituation, og der derfor ikke forelægger evidens for dennes potentiale, er det naturligvis også nødvendigt at tilegne sig dybdegående viden om denne modalitet.

2.1 GENEREL PERCEPTION

Ordet perception kommer af det latinske perceptio, som betyder ”indsamling”, ”erkendelse” og ”forståelse”, og disse oversættelser indikerer, at der er tale om en flertrins-

proces som skal gennemløbes for at opnå forståelse for sine omgivelser. Gyldendals Store Danske ordbog definerer perception som ”sanseagttagelse” og ”erkendelse af verden gennem sanserne”. Dette kan overordnet beskrives som en detektion- og analyseproces; ”The senses are our window into the world, and they provide the raw material for building an understanding of the environment. The primary goals of perception are to figure out what is out there and where it is.” (Carlson et al. 2009, s.99). Perception kan således beskrives som en forarbejdningsproces, hvor stimuli af forskellig art først får kontakt med en (eller flere) af vores sanser, dernæst registreres af sanseapparatet (via synet, hørelsen, berøring, smags- og lugtesans) og videretransmitteres gennem vores nervesystem til kognitiv analyse i hjernen, inden det resulterer i en subjektiv forståelse af det omkringliggende miljø²¹. Denne proces kan opdeles i to hovedfaser, hhv. sensorisk og perceptuel²² forarbejdning (Bengt-Pedersen, Bundesen, and Rosenberg 2017). Carlson et al. beskriver det overordnede fænomen på flg. vis:

Sensation and perception provide the raw material for cognition, certainly, but this assessment underplays their role. Our perceptions are not a simple registration of sensory stimuli. Sophisticated cognitive processes begin to work on this material almost immediately, producing the brain’s interpretation of the external world as incoming stimuli are analyzed, and existing knowledge guides these dynamic processes. (Carlson et al. 2009, s.50).

Dette betyder f.eks. ift. synssansen, at når lysstråler rammer nethinderne i øjet, dannes et lysmønster (synsindtryk) som repræsenterer de objekter, som strålerne er reflekteret af (også kaldet optisk projektion). Dette videresendes gennem nervesystemet og bliver i hjernen krydsrefereret med f.eks. eksisterende viden om tilsvarende objekter, den situation som vedkommende befinder sig i, samt dennes forventninger til samme – og ud fra denne sammenligning dannes en ny opfattelse af omgivelserne: “Our interpretations of the world around us are determined by the interaction of two things: (1) the biological structure of our brains and (2) experience, which modifies that structure.” (Carlson et al. 2009, s.56).

Denne proces kan eksemplificeres med en situation, hvor en person står på en parkeringsplads og kigger sig omkring efter sin bil. Denne person får først øje på en bil

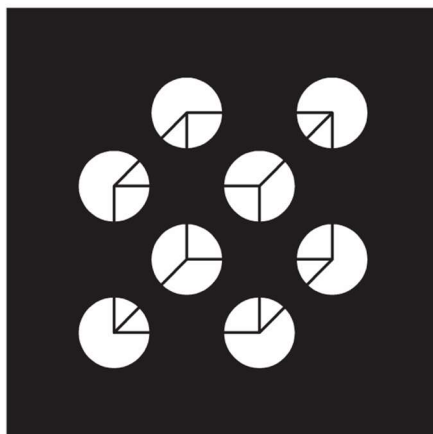
²¹ Denne proces er fortløbende cyklisk, og kognitiv meningsdannelse vil igen fordrer verificerende eller uddybende sansning.

²² Med dette må man antage, at der menes ”kognitiv”.

(”indsamling”), og indsamler gennem synsapparatet oplysninger om dennes fysiske egenskaber (farve, model osv.). Disse informationer krydsrefereres herefter med de oplysninger som vedkommende har lagret i hukommelsen om sin egen bil – og vedkommende opdager i dette tilfælde, at disse oplysninger ikke stemmer overens (”erkendelse”). Som følge af denne analyse uddrager personen heraf, at det ikke er den rigtige bil vedkommende kigger på, og at denne derfor må befinde sig et andet sted (”forståelse”).

2.1.1 KOGNITIV PROCESSERING

Når et sanseindtryk er optaget gennem vores forskellige sanseapparater, og videreført via nervebaner til de relevante behandlingscentre i hjernen, begynder som sagt den kognitive proces af den indsamlede data, som skal bruges til at opbygge vores opfattelse af omverdenen: ”Our cognitive system integrates sensory stimuli into a perception” (Walther-Hansen and Grimshaw 2016, s.79). Denne opdeles i litteraturen ofte i to kategorier, som begge næsten altid indgår i en perceptionsdannelse: *top-down* og *bottom-up* processering (Carlson et al. 2009). Sidstnævnte inciteres af sanseindtryk fra det omkringliggende miljø, og er derfor en reaktiv funktion; en spatiotemporal proces som har til formål at identificere hændelser og objekter omkring os (O’Callaghan 2008). Dette kunne f.eks. i en kampsituation være, at man vha. sine syns- og høresanser *scanner* et bestemt område for at registrere objekter, som potentielt kunne udgøre farekilder; opdages f.eks. et objekt (en person, et køretøj eller lign.) i bevægelse, vil fokus rettes mod dette i et forsøg på at identificere og indsamle oplysninger om dets fysiske egenskaber (form, farve, bevægelsesmønster- og hastighed osv.). *Top-down* processering er, i modsætning til *bottom-down*, styret af kognitive processer, afhængig af vores forventninger og viden, med videre. Disse kognitive elementer har således betydning for, hvordan sanseindtryk indsamles og behandles, og dette har igen betydning for den resulterende perception (Carlson et al. 2009). Et eksempel herpå kan ses i nedenstående figur, hvor de fleste – trods at der reelt set ikke *er* en kube afbilledet i figuren – nok alligevel hurtigt vil kunne genkende linjerne af en tredimensionel *wireframe* kube heri:



Figur 2: Eksempel på Top-Down processing (Carlson et al. 2009, s.51).

Dette kan kun lade sig gøre, når man allerede besidder information om kubers opbygning og egenskaber, for havde man ikke denne viden, ville man kun kunne se 8 hvide cirkler, med hver 3 sorte striber i;

Knowledge about objects provides the basis for recognition. Knowledge also guides perception to the most likely interpretation of the current environment; this interpretation allows us to compensate for missing segments of an edge by extending the detected edges to fill in our perception. In addition, the context surrounding a feature, group, or object helps to determine perception; context can facilitate recognition when it is complementary, or impair recognition when it is misleading. Interactions between knowledge and current perceptual input bring about perception. (Carlson et al. 2009, s.101).

Fænomenet er således forbundet med fokus (*attention*), og er derfor også en mere proaktiv funktion, hvor informationerne som er indsamlet fra miljøet, videreanalyseres og fortolkes ift. eksisterende viden, forventninger/forestillinger og mål (O’Callaghan 2008; Carlson et al. 2009); ”[The] brain often minimizes the uncertainty of imperfect and noisy sensory inputs by combining probabilities of multiple sensory signals to refine sensory estimates. In these optimal estimates, prior experiences are also taken into account” (Hecht og Reiner 2009, s.312).

2.1.2 EMBODIED COGNITION

Der er mange forskellige meninger om, hvad denne betegnelse dækker over. Da fænomenet ikke spiller en direkte central rolle for vores måde at percipere vores omgivelser

på, vil jeg ikke bruge ressourcer på at præsentere dem alle, og forklare forskelle herimellem. Men der er specielt ét synspunkt på embodied cognition (EC), som jeg mener er interessant at belyse iht. dette projekt, og derfor vil jeg kort opridse betydningen heraf, og hvorfor jeg mener det er relevant. Dette synspunkt er, at vi anvender vores omgivelser til at ”aflæse” kognitiv funktionalitet ind i, for at: “reduce the cognitive workload by making use of the environment itself in strategic ways—leaving information out there in the world to be accessed as needed, rather than taking time to fully encode it” (Wilson 2002, s.628). Et eksempel på dette er en ganske almindelig lommeregner, hvis funktion er at tillade os *ikke* at bruge mentale ressourcer på at udføre en given regneopgave. Denne type mental aflastning udføres ofte iht. spatiale opgaver, som f.eks. at bruge fingrene til at tælle på, eller tegne diagrammer for lettere at kunne overskue en vis mængde information. Kunne man så ikke også betegne anvendelsen af f.eks. HUD, til hurtigt at kunne aflæse for f.eks. fjendepositioner, kompasretning, afstand til bestemte bygninger osv., som en form for EC? Dette mener jeg, at man kan argumentere for, da man jo gennem brug af disse apparater, frigør mentale ressourcer til at løse andre, mere komplekse opgaver – så som f.eks. at forudsige fjendebewægelser og derved opnå et højere niveau af SA. Dette kan på samme måde antages også at gøre sig gældende vha. haptiske apparater (hvis disse f.eks. anvendes til at angive proksimitet af objekter i omgivelserne).

2.2 MODALSPECIFIK PERCEPTION

De følgende afsnit vil, som nævnt, indeholde en mere specificeret redegørelse for de sanser, som er (specielt) relevante for dette projekt. Da min formodning som sagt er, at haptiske signaler kan forbedre perception i FPS-spil, vil denne modalitet også blive behandlet. Redegørelsen vil indeholde beskrivelse af sanseprocessering på et overordnet plan, og vil derfor heller ikke gå i dybden med f.eks. de mekaniske processer; formålet med disse afsnit er at beskrive de gængse sanseprocesser med henblik på senere at belyse sammenhænge herimellem.

2.2.1 HØRELSE

Dette afsnit vil indeholde en mere dybdegående gennemgang af sansefunktionerne end det foregående, hvilket hovedsageligt skyldes, at det som sagt er lydsiden, som i min optik

har de største udfordringer med at generere realistiske sansestimuli i VM (og kendskab til perception gennem denne modalitet derfor er af afgørende karakter). Dertil kommer, at hørelsen er omnidirektionel (i modsætning til synet, som er retningsbestemt), og at vi derfor har udviklet metoder til også at opfange og afkode stimuli som ikke nødvendigvis ligger indenfor vores synsfelt. Viden om denne kompleksitet er også afgørende for at kunne forstå, hvorfor det er så ekstremt svært at simulere denne type sansestimuli vha. algoritmer i et VM.

Hørelsen har tre primære funktioner: at detektere lyde, at bestemme lokationen af deres kilder, at identificere disses kilder og dermed også betydning og relevans (for os). For de fleste mennesker er hørelse den anden-mest vigtige sans; ikke mindst fordi at den muliggør verbal kommunikation²³. Måske endnu vigtigere er den information som akustiske stimuli kan bidrage med om elementer som er udenfor synsfeltet – og tilmed virker sansen lige så godt i mørke som i lys²⁴. De tre primære (non-temporale) grundelementer af lyd er frekvens, volumen og klang, og vores hjerner er temmelig gode til at afkode informationer ud fra disse egenskaber; specielt iht. at afdække lydens kilde (hvad frembringer lyden) og spatial lokation (hvor lydkilden befinder sig, og i hvilken retning bevæger den sig) (Carlson 2013).

2.2.1.1 RETNINGSBESTEMMELSE

Vores ører er utrolig præcise ift. at fastslå, hvor på den horisontale akse en lydkilde befinder sig - specielt ift. at bestemme om noget er i 0 eller 180 graders vinkel ift. hovedets retning, og til dette formål gør vi brug af bl.a. to fysiske mekanismer: i forhold til lavfrekvent materiale (ca. under 3000Hz) anvendes faseforskelle, og til højfrekvent materiale anvendes forskelle i intensitet (lydstyrke).

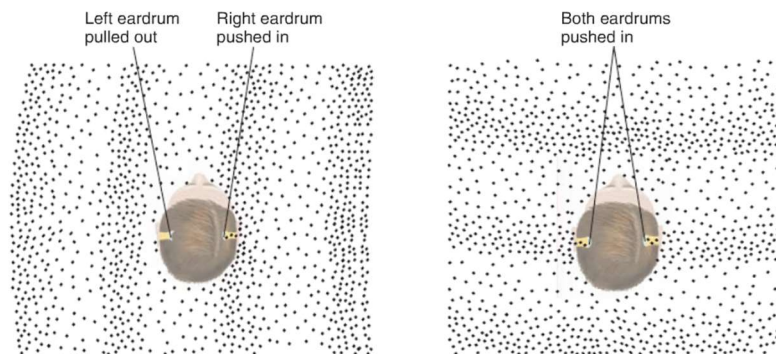
2.2.1.1.1 FASEFORSKYDNING

Førstnævnte mekanisme fungerer ved, at neuronerne i vores høresans reagerer på tidsforskelle i lydens ankomst; hvis lydkilden f.eks. kommer fra venstre, vil lydtryk-bølgen ankomme til venstre øre først. På denne måde vil der opstå en trykforskel fra det ene øre til

²³ Det er evident, at dette også kan gøres via gestikulation (døve-sprog), men det er stadig verbal kommunikation som er den mest udbredte.

²⁴ Man kunne endda argumentere, at den fungerer *bedre* i mørket; det er evident, at frarøvelse af sansestimuli i en bestemt modalitet, skærper vores andre sanser.

det andet, som kan detekteres af høresansen. Følgende figur viser, hvordan dette fænomen fungerer:

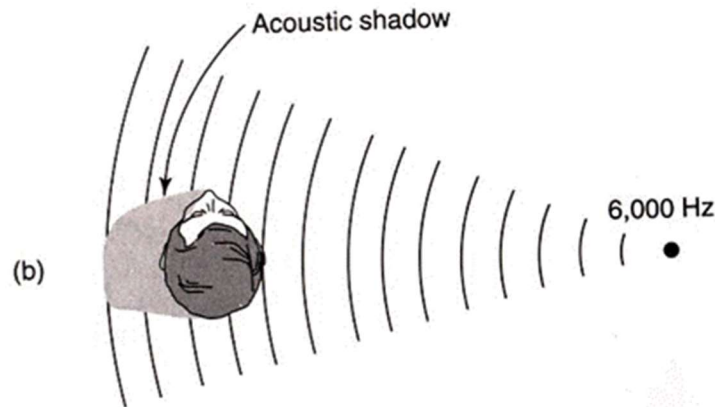


Figur 3: faseforskydning. Kilde: (Carlson 2013, s.220)

I figuren illustreres lydbølgerne som forskelle i luftdensitet, og eksemplet til venstre (hvor lydbølgen kommer fra siden) viser at lufttrykket er større i højre øre end i venstre - hvilket vil forårsage hhv. et pres og et træk i trommehinden. Kun hvis lyden kommer fra enten 0 eller 180 grader, vil ørene blive stimuleret samtidig, som det ses i eksemplet til højre (hvor lyden kommer forfra), og lufttrykket er derfor ensartet i begge ører. Denne form for retningsbestemmelse er kun mulig fordi dette sanseapparat arbejder ekstremt hurtigt, og vores neuroner faktisk er i stand til at opdage tidsforskelle (i fluktuationer i luftdensiteten) på helt ned til en brøkdel af et millisekund (Carlson 2013).

2.2.1.1.2 VARIATION I INTENSITET

Fasebaseret retningsbestemmelse fungerer som nævnt kun under en vis frekvenstærskel, hvilket skyldes, at der er en naturlig øvre grænse for, hvor hurtigt neuronerne kan nå at opfange trykforskelle. Men højfrekvent lydmateriale, som *ikke* udspringer af en kilde i 0 eller 180 graders aksen, vil altid stimulere vores ører forskelligt pga. absorption af lydbølgerne med vores hoved – også kaldet en *sonic-* eller *acoustic shadow* (fig.4) På denne måde kan hjernen bestemme retningen på lydkilden ud fra forskelle i lydstyrke (intensitet) ørene imellem. Det øre, som er vinklet tættest på lydkilden, vil således modtage den mest intensive del af lydbølgen, mens det andet stimuleres af en mere dæmpet lydtryk.



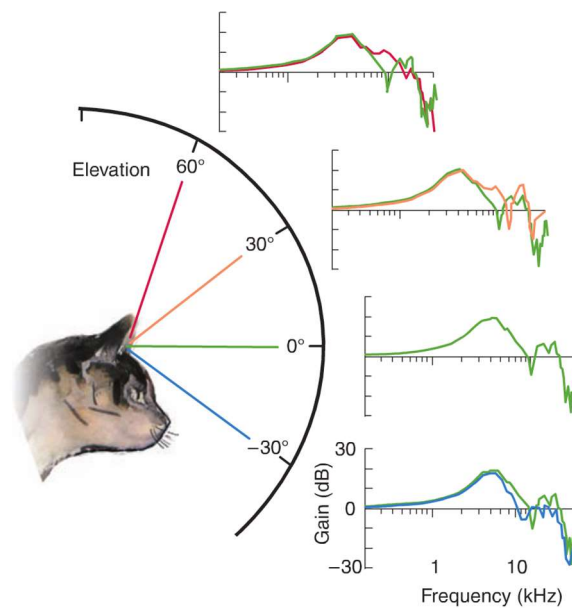
Figur 4: akustisk skygge (Gureckis 2017)

2.2.1.1.3 KLANGFORSKELLE

Når vi skal afkode en lydkildes position på y-aksen, og/eller om noget er foran eller bagved os, anvendes lydets klang som indikator, og dette kan foregå både passivt såvel som aktivt. Sidstnævnte er meget lavpraktisk, og indebærer blot bevægelse af hovedet; på denne måde kan ændringer i den subjektive opfattelse af lydets frekvenskurve, ret hurtigt og effektivt skabe retningsbestemmelse. Den passive mekanisme (som kan assisteres af den aktive metode for hurtigere og mere præcis analyse) muliggøres via formen på vores ører, da disse både dæmper og reflekterer de indkommende lydbølger i bestemte frekvensmønstre, som afhænger af lydkildens retning. For eksempel skal bagfrakommende lyde passere det eksterne øre, inden det rammer øregangen, og dette filtrerer (gennem absorption) lydets højeste frekvenser fra – og hjernen bruger dette filtreringsmønster til at udlede, at lyden må komme fra bagvedliggende vinkel:

[T]he pattern of reflections will change with the location of the source of the sound, which will alter the timbre of the sound that is perceived. Sounds coming from behind the head will sound different from those coming from above the head or in front of it, and sounds coming from above will sound different from those coming from the level of our ears. (Carlson 2013, s.221).

Når lydkilden ankommer forfra, men i en positiv eller negativ elevation, er det ørernes reflektionsmønstre, som indikerer denne højdeforskel. Denne funktion er ens for mange dyrearter (mennesker inkluderet), og et eksempel på dette kan ses ift. katte artens hørelse i nedenstående figur:



Figur 5: Elevationsbestemte refleksionsmønstre (Carlson 2013, s.222).

Da der naturligvis er fysiologiske forskelle fra individ til individ, skal denne evne tillæres gennem audiovisuel analyse af objekterne (og deres tilhørende lyd-emission) omkring os, og af samme grund er der en tendens til, at blinde har sværere ved at bestemme lydkilders elevation (Carlson 2013). Det er i denne sammenhæng relevant at pointere, at den aktive retningsbestemmelses-metode ofte anvendes til lydkilde-lokalisering i FPS-spil, da denne for det første er ret hurtig at udføre (via små, hurtige side-til-side bevægelser med musen). For det andet er der pt. (så vidt vides) ingen spil-lydsmotor som har indbygget den omtalte passive frekvensprocessering, og derfor kan man ikke - ud fra frekvensspektret på lydkilder – bestemme lydkildens elevation.

2.2.1.2 AFSTANDSBEDØMMELSE

Når afstanden til en lydkilde skal vurderes, er der særligt to af lydens egenskaber som egner sig til dette formål: lydstyrke og frekvensmæssig konstellation. I henhold til Stokes lov om lyddæmpning i newtonske væsker (som f.eks. luft eller vand), falder amplitude (volumen) af en lydbølge eksponentielt iht. den afstand, den tilbagelægger: "[S]ound propagates in three dimensions. This means that the sound from a source does not travel on a constant beam; instead it spreads out as it travels away from the radiating source [...] As the sound spreads out from a source it gets weaker. This is not due to it being absorbed but due to its energy being spread more thinly." (Howard og Angus 2009, s.37). På denne måde er det muligt at

afkode afstand til lydkilden, såfremt man har en referenceramme omkring dennes ”normale” volumen. Dette kunne f.eks. være fodskridt på betongulv eller et geværskud fra en bestemt type riffel; og en soldat med erfaring med dennes normale lydniveau, ville i en given situation kunne vurdere afstand til lydkilden ud fra dette kendskab. Men dette er som nævnt ikke den eneste måde, afstandsbedømmelse kan udføres; højfrekvent materiale i lydbølger bliver nemlig dæmpet mere end lavfrekvent, i en varierende grad ift. forskellige faktorer:

In practice, there are sources of absorption in air, for example impurities and water molecules, or smog and humidity. These sources of absorption have greater effect at high frequencies and, as a result, sound not only gets quieter but also gets duller as one moves away from a source. The amount of excess attenuation is dependent on the level of impurities and humidity, and is therefore variable. (Howard og Angus 2009, s.37).

Dette fænomen kender de fleste, som har boet i et villakvarter; lyden af genboens plæneklipper lyder ikke kun lavere end naboens, den er også mindre ”skarp” i lyden – hvilket netop skyldes dæmpning i øvre del af frekvensspektret. Har man så en referenceramme ift. hvordan denne plæneklipper lyder på nært hold, vil man kunne foretage et skøn på afstanden, baseret på ens indlærte (og ofte helt underbevidste) evne til at analysere afstand ud fra frekvensdæmpning. Det er naturligvis ikke nær så let at vurdere afstand på basis af disse mekanismer, som det er at retningsbestemme, da begge disse skøn netop afhænger af lytterens referenceramme (som kan være upræcis; genboen kunne f.eks. have fået ny plæneklipper). I de fleste nyere FPS-spil er begge disse mekanismer indbygget i spil-lydmotoren, og det *er* faktisk ofte muligt at bedømme afstand til fjender ud fra f.eks. lyden af deres geværid. Specielt fjerne finskytter er let at genkende ved (foruden den langsomme affyringsfrekvens) de afdæmpede, højfrekvensfiltrede skudsalver – og denne effekt er faktisk relativt troværdig i FPS-spil som f.eks. Battlefield 3 og 4.

2.2.1.3 IDENTIFIKATION VIA KLANG

Men lyd kan, som nævnt, ikke kun anvendes til at afdække *hvor* en lydkilde befinder sig; det kan også fortælle os noget om, *hvad* der frembringer lyden. Klang giver os information om en given lyds beskaffenhed, men de fleste naturlige lyde består af komplekse mønstre af vibrationer i forskellige frekvensområder – og derfor er det nødvendigt for vores hjerner at kunne sortere i denne information: ”The task of the auditory system in identifying sound

sources, is one of pattern recognition. The auditory system must recognize that particular patterns of constantly changing activity belong to different sound sources.” (Carlson 2013, s.223) Vores hjerner er ekstremt gode til at distingvere mellem forskellige (kendte) lydkilder og analysere en lyds individuelle dynamiske klangmønstre, og ud fra denne information drage konklusioner derom²⁵ (Carlson 2013). Det er evident, at klangmønstre som udsendes fra f.eks. en blokfløjte og en motorsav, er vidt forskellige, og derfor heller ikke burde være så svære at skelne imellem. Men at vi formår at ”sortere” i de mange lydkilder i f.eks. et symfoniorkester, og udpege et bestemt instrument, bevidner om hvor god denne evne i grunden er.

2.2.2 BERØRING

Før man kan arbejde med haptisk funktionalitet er det nødvendigt at opnå en forståelse for menneskets evne til at processere disse berørings-stimuli. Dette er ikke ligefrem et nyt emne, og forskere anerkendte allerede i 1960’erne potentialet for denne type teknologier; vores berøringssans er nemlig afgørende i vores hverdagsinteraktioner med omverdenen. For eksempel når vi leder efter noget i lommen, bliver denne sans den primære modalitet, og da vores hud dækker over et temmelig stort overfladeområde er mulighederne for at indsamle information herigennem, store. Dertil kommer, at denne sans ofte ikke er specielt meget i fokus, hvilket gør den ideel til aflastning af syns- og høresansen; ”As the skin is often less engaged in other tasks than the eyes or ears, it is always ready to receive information” (Price et al. 2013, s.3).

2.2.2.1 FYSIOLOGI

Det menneskelige haptiske system består af fire komponenter: det mekaniske, sensoriske, motoriske og kognitive element (Saddik et al. 2011). Men da projektet omhandler perceptionsforbedring vha. stimuli-baseret kommunikation, og ikke f.eks. forsøg med at inducere fornemmelsen af vægt eller modstand i VM, vil de mekaniske og motoriske komponenter ikke blive uddybet, og der fokuseres i stedet på de sensoriske og kognitive processer. Opfattelsen af berøring kan overordnet inddeles i to separate kanaler: den kinæstetiske og den kutane (*cutaneous*) (Spirkovska 2005; Lindeman et al. 2006). Når vi

²⁵ Erfaring med disse objekter og deres ”normale” lydstyrkeforhold, bidrager også til afstandsbedømmelse.

færdes i vores (virkelige) omgivelser, anvendes disse ofte i sammenhæng²⁶, og udelukker altså ikke hinanden. Men da kinæstetisk perception hovedsageligt omhandler bl.a. kraftoverførsel ift. objekter i vores omverden (hvilket er relevant ift. f.eks. *force feedback*-controllere), har denne heller ikke umiddelbar relevans for dette projekt. Kutan perception involverer stimulation af hudens overflade gennem direkte kontakt, og kan inddeles yderligere i oplevelser af pres, strækning, temperatur og vibration (Price et al. 2013; Carlson 2013). Sidstnævnte af disse er i særdeleshed anvendelige som informationskanaler, og har derfor stort potentiale ift. den tiltænkte applikation.

Vibrationer opfanges i huden af specialiserede mechanoreceptorer af typen corpusculum lamellosum, og denne form for stimuli indgår i en såkaldt ”passiv perception”, som betegner taktil sansning, som er begrænset til den kontaktzone som opstår mellem huden og stimuluskilden.

Typically, a physical stimulus activates these receptors and causes them to convey sensory information (mechanical, thermal, pain, etc.) of the touched object via the afferent neurons to the central nervous system. The brain, in turn, analyzes and “perceives” this information and issues appropriate motor commands to activate the muscles and initiate hand or arm movements. (Saddik et al. 2011, s.46)

2.2.2.2 PERFORMANCE

I forhold til retningsdetektion, har berøringssansen i forsøg vist sig at være lige så præcis som hørelsen, og er generelt meget anvendelig ift. dette formål; "For directional warnings, such as the location of an approaching enemy, a tap in the appropriate place on the body gives an instinctive understanding of exactly which direction that enemy plane is approaching from." (Spirkovska 2005, s.17).

Den maksimale frekvens som taktile stimuli kan opfattes med, kaldes sansebåndbredden, og hastigheden for individets respons eller handling herpå kaldes manipuleringsbåndbredden. Disse to båndbredder er asymmetriske, og sansebåndbredden er langt den hurtigste af disse to, hvilket betyder at mennesker kan opfatte haptisk stimuli langt hurtigere end de kan

²⁶ Et eksempel kunne være at gribe en bold; det kinestetiske element vurderer vægten af denne ift. f.eks. inertie og tyngdekraft, mens det kutane hjælper os til at gribe sikkert ved f.eks. at videregive information om overflade mv.

reagere herpå (Saddik et al. 2011). Berøringssansen anses for at være den hurtigste af vores modaliteter, og i forsøg har respons på taktile stimuli også vist sig at være betydeligt hurtigere end respons på auditive stimuli – faktisk hele 34% hurtigere. Synssansen er dog i tæt opløb, og er således kun 5% langsommere end berøringssansen. Disse forsøg viste endvidere, at der ikke umiddelbart er nogen forskel i RT på taktile stimuli, ud fra dennes placering på kroppen – i hvert fald ikke mellem håndled og benene (Ng og Chan 2012). Disse forsøg indikerer altså, at haptisk feedback faktisk *har* potentiale ift. at sænke RT i FPS-spil.

2.2.2.3 REFLEKSHANDLINGER

Selv om handlinger (normalt) kontrolleres af hjernen, besidder rygmarven en vis grad af autonomi, og bestemte former for somatosensorisk stimuli kan udløse hurtig respons gennem nervebaner i rygsøjlen. Disse typer respons kaldes reflekshandlinger, og er den simpleste form for motorisk integration; i modsætning til ”normal” reaktionshandling, forekommer disse helt automatisk, og kræver derfor ikke nogen form for kognitiv behandling for at kunne udføres. Dette kan bl.a. påvises vha. et let slag på senen under knæet, da den resulterende bevægelse af benet er forsinket med kun omk. 50ms - hvilket er for kort til at kunne involvere hjernen, da det ville tage betragteligt længere tid for sanseinformation at blive sendt til hjernen, og for motorfunktionsinstruktioner om at blive returneret (Carlson 2013). Man kunne muligvis være tilbøjelig til at forestille sig, at man gennem denne mekanisme kunne ”skyde genvej” i sanseprocessen, og dermed (gennem haptik) kunne udløse meget hurtige *flight*-handlinger som f.eks. at få spillerkarakteren i et FPS-spil til at smide sig på jorden. Dette er jeg dog overbevist om *ikke* er en mulighed, da denne type handlinger ikke er *hard wired* ind i vores fysiologi, og må antages at involvere komplekse perceptionsmønstre og motorfunktioner.

2.3 PROBLEMATIK VEDRØRENDE PERCEPTION

Kompleksiteten i vores *sense making*-proces er - som dette kapitel har belyst - meget høj, og der kan derfor også let opstå problemer med at afkode og sammenfatte den kumulative informationsstrøm, som vi modtager gennem sansernes konstante indsamling af data – hvilket også let resulterer i mistolkning af vores omgivelser i en given situation. De følgende afsnit vil belyse nogle af disse problematikker, samt årsager hertil, således at man kan inkorporere

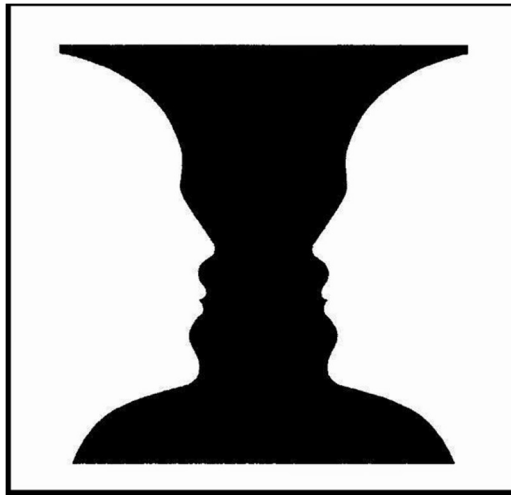
denne viden i sine overvejelser ifm. potentielle løsningsmuligheder til projektets primære problemområde.

2.3.1 INFORMATIONSMÆNGDE

Manglende kongruens mellem perception og virkelighed tilskriver Carlson et al. hovedsageligt to årsager: “The two problems of perception in relation to the sensory world, then, are “not enough” and “too much.” In both cases, cognitive mechanisms are necessary to provide the means to interpret and understand the material our senses bring to us.” (Carlson et al. 2009, s.52). Det andet problem betegnes også som *sensory overload*, og dette fænomen vil blive behandlet lidt længere nede i teksten. I tilfælde af mangelfulde informationer, har hjernen to muligheder: enten kan den opgive at fortolke indtrykket, eller også kan den forsøge at udfylde tomrummet med information uddraget fra omgivelserne eller hukommelsen (hvilket selvsagt kan resultere i mistolkning) (Carlson et al. 2009). Førstnævnte mulighed vil enten føre til en erkendelse af, at man ikke ved hvad det opfangede stimuli repræsenterer, hvilket igen evt. kunne føre til videre undersøgelse (indsamling af mere data) eller en accepteret tilstand af uvished. Det er indlysende, at den individuelle situation vil have betydning for hvilket resultat er acceptabelt; et ukendt objekt i fredelige og ufarlige omgivelser vil ofte ikke føre til bekymring, men i f.eks. kampsituationer er ukendte objekter også lig potentielt farlige objekter, og derfor vil uvished herom være langt fra optimalt. Men i samme situation, ville erkendelse af tilstedeværelsen af et ukendt objekt, langt hen ad vejen være bedre end en decideret fejlvurdering. Hvis man opfatter objektet som noget andet, end det rent faktisk er, kan det potentielt set fejlagtigt konkluderes at dette objekt er uskadeligt – og der vil derfor være tendens til at rette fokus mod andre objekter eller hændelser i det omkringliggende miljø.

2.3.2 AMBIGUITET

En anden årsag til mistolkning af sanseindtryk, udspringer af det faktum, at disse ofte er tvetydige, hvilket oftest vil resultere i kun én konklusion, frem for flere. “[...] sensory stimuli typically are ambiguous, open to multiple interpretations; this is the first problem of perception.” (Carlson et al. 2009, s.50). Et eksempel der illustrerer denne tendens til at ende med én opfattelse ud fra potentielt flere, ses i den berømte *Rubin face-vase illusion*:



Figur 6: Rubins vase (Carlson et al. 2009, s.96).

Denne figur fører i de fleste tilfælde til én af to fortolkninger; enten ser man silhuetterne af to ansigter, som vender ind mod hinanden, eller også ser man en vase; "selective attention is what participants need in order to choose between two simultaneously presented, but incongruent, competing stimuli" (Parise and Spence 2012, s.321). Dette kan forklares ud fra principperne for *competition and adaptation*:

[P]erceptual systems find a single interpretation of the input in which all of the pieces fit together simultaneously, even if another interpretation is possible. Interpretations are achieved and changed in accordance with the principles of competition and adaptation: if one of two (or more) possible interpretations produces a stronger pattern of activation, this interpretation suppresses the other(s) (Carlson et al., 2009, s.102).

Man er altså tilbøjelig til ikke at søge andre muligheder, når man først har "fået øje på" den ene løsning, hvilket næppe skyldes hverken ligegyldighed eller mental dovenskab; det synes langt mere sandsynligt, at dette må udspringe af en biologisk betinget økonomisering af ressourcer.

2.3.3 FORVENTNINGER

Disse eksempler understreger, hvor upræcis og skrøbelig en perceptionsproces kan være, hvilket også bekræftes af Carlson et al.: "[P]erception is not a simple registration of

sensations: it involves interpretation of often ambiguous, insufficient, or overwhelming information in the light of your knowledge, beliefs, goals and expectations.” (Carlson et al. 2009, s.99). Denne udtalelse indikerer altså, at disse problemer med perception er forankret i ens forventninger til en given situation. Dette fænomen kan eksemplificeres med den situation, hvor man forveksler en fremmed person med en bekendt, fordi vedkommende har lignende fysiske egenskaber (stemme, bygning, bevægelsesmønster). Denne situation kan også opstå omvendt, som f.eks. det (uventet) at møde en bekendt person i et fremmed land, vil ofte føre til kognitiv dissonans; dvs. at man ikke kan forene den viden man besidder, med sanseindtrykkene i den givne situation. I sådanne tilfælde vil hjernen ofte forlange verificerende sansestimuli²⁷, før den konklusion kan drages, at det rent faktisk *er* den pågældende person man har mødt. Vores viden om objekter i miljøet udgør således fundamentet for genkendelse, og henleder vores perception imod den mest sandsynlige fortolkning, af det aktuelle miljø man færdes i. Dette gør os i stand til at kompensere for manglende ”brudstykker” i vores perception, ud fra konteksten i en given situation; interaktion mellem viden og aktuelle perceptuelle indtryk skaber den resulterende perception (Carlson et al. 2009).

2.3.4 SANSEOVERBELASTNING

Som nævnt tidligere i kapitlet, er *sensory overload* (”too much”-problemet) også et fænomen som kan påvirke vores kognitive proces (og derfor også vores evne til *sense making*), og dette sker ofte hvis der er (for) mange informationer (i.e. stimuli) at bearbejde inden for et (for) kort tidsrum (Spirkovska 2005). “[the] second problem is that the world presents us with too much sensory input to include into our coherent perceptions at any single given moment.” (Carlson et al. 2009, s.51). Denne situation kan f.eks. opstå når man kører bil, men kan også ske hvis man skal navigere i et rodet eller ”travlt” grafisk interface; dette hænder hvis der er for mange oplysninger på skærmen samtidig, og man derfor ikke kan overskue dem allesammen på samtidig (uanset om disse hver især er kritiske for succes eller ej) (Price et al. 2013). Det er indlysende, at dette fænomen kan have store konsekvenser i en kampsituation, da man bl.a. risikerer at ”overse” vigtige *cues* på slagmarken. Dette kan igen føre til fejlagtige beslutninger, da disse er baseret på ufuldstændige oplysninger. Øget

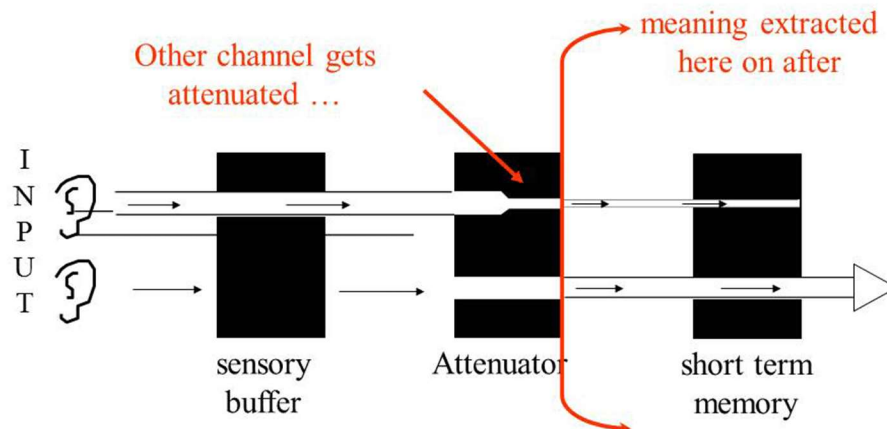
²⁷ På engelsk dækker udtrykket *double take* over den situation, hvor man kigger en ekstra gang for at sikre sig, at man har set korrekt.

stressniveau hos den individuelle soldat er også en potentiel risiko, og dette kan føre til panikhandlinger eller forhastede beslutninger, i et desperat forsøg på at afhjælpe situationen. Endvidere kan *sensory overload* besværliggøre kommunikation, specielt hvis ens kognitive kapacitet er optaget af sanseanalyse. Ikke desto mindre er ”too much information” en realitet som vi alle skal håndtere i en ganske almindelig hverdag. Der eksisterer på praktisk talt *alle* tidspunkter en så enorm mængde sanseinformation i vores omgivelser, at det simpelthen ikke er muligt at inddrage og analysere det hele; vores hjerne ville simpelthen ikke kunne rumme så meget data på én gang. ”[Even] though there is a subset of the world that is within [ones] horizons and so available for sensation, we do not sense concurrently all that is available and only sense that that is within our saliency horizons; that is, what we are made aware of or choose to become aware of.” (Walther-Hansen and Grimshaw 2016, s.77).

2.3.4.1 INFORMATIONSSORTERING

En af naturens måder at afhjælpe dette problem på, er således ved at begrænse vores fokus (*attention*) til relevante objekter eller hændelser i miljøet. Allerede i 1800-tallet omtales emnet i psykologien, og James Sully har f.eks. beskrevet fokus som den primære mekanisme ift. at studere sanseindtryk, og definerer *selective attention* (hvilket kunne oversættes som ”begrænset fokus”), som en måde at reducere mangfoldigheden af sanseindtryk og andre elementer, til en enkelt tråd af forbundne hændelser – eller som ”concentrating of consciousness” (Hoffman 2015, s.76). “Our ability to engage in selective attention allows us to choose part of the current sensory input for further processing at the expense of other aspects of that input” (Carlson et al. 2009, s.52). Det vides endnu ikke præcist hvordan denne sortering af sensorisk information foregår, men der er bred enighed om, at denne fungerer som en slags flaskehals (ellers ville alle sanseindtryk blive optaget og behandlet samtidig). Der er dog ikke klar konsensus om hvordan (eller i hvilken grad) dette foregår, hvilket har ført til forskellige teorier, forsøg og modeller som beskriver processen. En af disse er fremsat af Donald Broadbent, og udspringer af hans arbejde med lufttrafikkontrol under anden verdenskrig. Overordnet mener han at al sanseinformation optages i en *buffer*, hvorefter specifikke brudstykker udvælges og passerer gennem et filter (flaskehalsen) – og først herefter begynder den kognitive proces ift. at viderebehandle informationen. Han konkluderede, at mennesket kun kan fokusere på én ”kanal” af information på samme tid, som f.eks. udelukkende gennem kun ét øre, og at informationen blev filtreret ud fra deres fysiske karakteristika (én stemme, et toneleje osv.), og altså ikke på basis af semantisk

indhold. Problemet med denne teori er bl.a., at det sidenhen i forsøg er vist, at vi rent faktisk underbevidst opfanger ord i en samtale, som vi ikke aktivt lytter til – hvilket også understøttes *cocktail party*-effekten, som indikerer at der løbende må foregå semantisk analyse *inden* data filtreres. Ud fra bl.a. disse problemstillinger, har Anne Treisman siden videreudviklet på denne idé, og hun modificerer modellen, således at den førnævnte frafiltrering er ændret til en dæmpningsfunktion:



Figur 7: Treismans Attenuation Model (McLeod 2008, s.4).

2.3.4.2 PRIORITERING

Som figuren viser, mener Treisman altså at den information som ikke er i fokus, bliver dæmpet inden semantisk analyse - og derfor heller ikke optager nær så meget af vores korttidshukommelse. I tilfælde af sensorisk overbelastning, vil den sekundære informationskilde i højere grad blive nedprioriteret, og derfor heller ikke blive analyseret på samme niveau som den primære – hvilket dog i visse tilfælde kan underkendes, hvis f.eks. en samtale indeholder ens navn, eller der forekommer nødhjælpsråb (McLeod 2008). Om dette også gælder faresignaler i kampsituationer, er ikke klarlagt – men min personlige erfaring i FPS spil som Battlefield og Counter-Strike siger mig, at man netop *er* ekstra opmærksom på lyde, som ikke kommer fra ens synsretning.

Witmer og Singer mener, at der er tale om en prioritering af fokus ud fra et relevans-hieraki: "attention is guided by the meaningfulness of the information presented" (Witmer and Singer 1998, s.226). Vi udsættes for eksempel konstant for støj i det offentlige rum, og derfor må hjernen kontinuerligt frasortere unødvendig information, hvilket ifølge neuroforsker Shibab

Shamma fungerer ved at fremhæve de mest dynamiske lyde i omgivelserne: “When I’m talking to you, my voice is coming on and off in bursts as I open and close my lips, that’s very dynamic, while white noise is very static [...] Sounds that are more dynamic get enhanced, while sounds that are sustained and repeated over a long period of time are basically thrown out.” (Brookshire 2014). Her anses ikke-dynamisk støj altså af hjernen som mindre relevant, og denne frasorteres til fordel for at kunne fokusere på den umiddelbart mest vigtige information, nemlig den som indkapsles i samtalen.

2.4 OPSUMMERING

Det burde efterhånden stå klart, at den menneskelige perception er et vidt- og dybtrækkende emne, og derfor er det vigtigt at afgrænse sig til at undersøge den viden, som er mest relevant ift. ens formål. For overskuelighedens skyld, vil jeg her opsummere de mest centrale punkter fra kapitlet, således at der er klarhed om hvilke mekanismer og fænomener, der vil blive refereret tilbage til gennem resten af rapporten.

- 1) Formålet med perception er at forstå sine omgivelser ud fra de sanseindtryk man præsenteres for i sine omgivelser.
- 2) Processen indeholder flere trin:
 - Sanseoptagelse.
 - Kognitiv forarbejdning.
 - Forståelse.
- 3) Processen er cyklisk, og perception udvikles og ændres kontinuerligt.
- 4) Perception kan være upræcis eller ”forkert”.
 - Dette kan bl.a. skyldes:
 - For meget eller for lidt information.
 - Tvetydig information.
 - Forventninger/fordomme.
- 5) Man kan ikke percipere alle sanseindtryk. Derfor gennemgår sanseindtryk en filtreringsproces iht. visse parametre.

Alle disse eksempler og fænomener, som er nævnt i dette kapitel, bevidner om en perceptionsproces, som let kan føre til fejlfortolkning af de sanseindtryk vi optager fra

omverdenen. Der er som nævnt flere forskellige grunde til, at vi overser eller misforstår objekter eller hændelser i miljøet, men en af de potentielt største kilder til upræcis sanseanalyse ligger i fænomenet multimodalitet. Dette begreb omfatter sansernes indbyrdes relationer og hvordan disse kan påvirke hinanden og dermed også hjernens forsøg på at skabe overblik i en given situation: "Perceiving is richly multimodal. Perceptual processes involve extensive interaction among sensory systems." (O'Callaghan 2008, s.3). På grund af fænomenets kompleksitet og spændvidde, foruden centrale betydning ift. projektets formål, vil dette blive behandlet i et kapitel for sig selv.

3 MULTIMODALITET

Multimodalitet spiller en central rolle for, hvordan vi opfatter vores omgivelser, og er derfor også grundlæggende ift. at forstå, hvordan de forskellige sanser er med til at præge vores perception. I modsætning til forrige kapitel, giver dette et mere specificeret indblik i hvordan sansernes indbyrdes forhold kan påvirke vores oplevelse af virkelighed. Dette er åbenlyst relevant, når man ønsker at tilføje stimuli af en anden modalitet, end dem som allerede indgår i en specifik medieret oplevelse; især for specifikt at kunne vurdere, hvilket potentiale haptik har ift. performanceforbedring i FPS-spil. Dette gælder specielt ift. SA og RT - men også i hvilken udstrækning implementering heraf kan forstærke oplevelsen af presence i VM.

3.1 HVAD ER MULTIMODALITET?

Som det blev belyst i sidste kapitel, opfanges og processeres sanseindtryk oftest af mere end én af vores traditionelle fem sanser (modaliteter) sideløbende, og dette fænomen kaldes multimodalitet:

Despite their differences, the senses work in concert. Perceiving frequently occurs in a multimodal context, among sources that collectively or individually stimulate more than one sense. Sensory organs and pathways are not activated entirely in isolation. Activity in the different senses is responsible for your overall perceptual experience at any given time. (O’Callaghan 2008, s.3).

Et eksempel kunne være oplevelsen af at bide i et stykke pizza. Her opfanges og analyseres flere egenskaber samtidig: hvor varmt er pizzastykket? Hvor blødt eller sprødt er det? Hvordan smager det? Umiddelbart kunne man være tilbøjelig til at tro at disse egenskaber udelukkende behandles af hhv. berørings- og smagssansen. Men hvis man undersøger processen lidt nærmere, vil man sikkert opdage, at dette ikke kan forklare hele oplevelsen. Når man bider ned i et pizzastykke vil de kræfter, som skal til for at bide igennem pizzabunden, naturligvis give en indikation på hvor sprødt dette er. Men hvad med lyden? Det er evident, at denne faktor også har stor betydning for, hvilken oplevelse af ”sprødhedsfaktor” man får. Der findes forskning der bevidner om lydens afgørende faktor ift. denne (subjektivt vurderede) egenskab, og at man f.eks. kan man snyde hjernen til at tro at

f.eks. kartoffelchips er mere sprøde end de er, ved at øge lydstyrken af den knasende lyd der opstår ved tygning (Zampini og Spence 2004). Lugt har også en afgørende betydning for smag, hvilket er let selv at afprøve; det er blot at holde sig for næsen mens man smager på en madvare, og man vil opleve at smagsoplevelsen bliver ”dæmpet”. Så selv om, at en stor del af sanseprocessering foregår i sansernes individuelle, respektive kanaler - og at nogle indtryk (så som f.eks. oplevelsen af farve) er associeret med én enkelt sans – bliver informationen fra flere sanser ofte samlet for at danne en integreret, perceptuel oplevelse (O’Callaghan 2008).

3.2 ÅRSAGSUNDERSØGELSE

Men hvad skyldes multimodalitet så? Et godt bud på dette spørgsmål er (som vist i forrige kapitel) at vores individuelle sanser ikke altid formår at løse vores perceptuelle problemer på tilfredsstillende vis: “Deferring completely to the modality that is most reliable for a given feature need not always lead to the optimal or most reliable perceptual result.” (O’Callaghan 2008, s.11). Multimodale perceptuelle processer reagerer ift. konstanter og fællestræk ved stimuli (mellem alle sanseorganerne), og når sanserne arbejder sammen kan perception forstærkes ved at forståelsen for deres fælles kilde bliver mere robust og kan på sin vis dermed betegnes som at blive mere højopløselig (Sella, Reiner, and Pratt 2014). Multimodalitet kan altså gøre det lettere for os at opfatte, identificere og interagere med objekter i vores omverden, og kan også rette evt. ”fejl” i perception²⁸. “There is a strong sense in which one's visual experience, auditory experience, tactile experience, and so on, make up a single composite experience with discernible visual, auditory, tactile, and so on, aspects or components. In this respect, perceptual experience is multimodally unified.” (O’Callaghan 2008, s.4).

Multimodal interaktion betegnes også som krydsmodalitet, når sanserne påvirker hinanden (og dermed også den resulterende perception): “[C]rossmodal recalibrations in fact help to improve the accuracy of our perceptual responses given information from multiple sensory sources. Vision's impact on other modalities concerning spatial features often resolves ambiguities and corrects or minimizes perceptual conflicts and errors.” (O’Callaghan 2008, s.8). Krydsmodalitet opstår altså når stimulering af én sans påvirker oplevelsen som

²⁸ Som f.eks. når synet korrigerer hørelsen, hvis denne har taget fejl i vurdering, om hvorvidt et objekt befinder sig foran eller bagved synsretningen (O’Callaghan 2008).

udspringer af stimuli fra en anden, og hele processen sammensmelter i en ændret perception, end de individuelle sanseindtryk ville have givet (Sella, Reiner, og Pratt 2014). Det vi f.eks. ser og hører er altså ikke altid hvad vi *egentlig* ser og hører, for når perception skabes i fællesskab gennem indbyrdes interaktion sanserne imellem, nedprioriteres det individuelle indtryk til fordel for det endelige perceptuelle resultat. Dette betyder, at individuelle sanseindtryk over tid (af vores hjerner) tilpasses for at kunne indgå i et samlet, kohærent perceptionsbillede. En vigtig pointe er dog, at der eksisterer grænser for, hvor forskellige indtrykkene kan være, og samtidig indgå i en såkaldt *unity assumption* - altså i hvor høj grad man opfatter indtrykkene fra de forskellige sanseindtryk som at have udspring i samme kilde/*event* (Warren et al., 1981); "Crossmodal interactions and illusions weaken predictably once spatial and temporal information from different senses begins to diverge. Increasing disagreement beyond some threshold leads to perceptual separation with biasing toward the dominant modality" (O'Callaghan 2008, s.9).

Når nu at vores perception ikke er statisk og uforanderlig, men derimod i høj grad plastisk og påvirkelig inter-modalitetsmæssigt, må det betyde at vores perception ofte bygger på regulær illusion – en formodning, som da også bekræftes af O'Callaghan: "Frequently, stimulation to one sensory system impacts processes and alters experiences that are commonly associated with another. Interactions of this sort are rampant, and they regularly lead to perceptual illusions. To be clear, activity in one sensory system causes perceptual illusions associated with another modality." (O'Callaghan 2008, s.5).

3.3 BIAS OG DOMINANS

Der er altså indikationer på, at vores hjerne ikke vægter alle sanseindtryk ligeligt (Hecht and Reiner 2009) - men findes der så faste regler for, hvornår en specifik modalitet "vinder" en uoverensstemmelse, og hvornår sanseindtrykkene bliver perciperet som separate hændelser? Dette er et område, som endnu ikke helt er klarlagt i videnskaben, men der findes forskellige teorier ift. hvordan bias, om-kalibrering og illusion fungerer, og hvilken modalitet er den mest hensigtsmæssige ift. en specifik opgave. Der findes dermed ikke nogen fastlagt definition ift. "sanse-dominans" mhp. specifikke formål, men nogle forskere hælder til den såkaldte *modality appropriateness*-teori, "[...] according to which the modality that provides the most accurate, or appropriate, sensory information - audition in the case of temporal

information and vision in the case of spatial information - dominates the ensuing percept.” (Spence og Squire 2003, s.2; Jones og Sarter 2008). For at afprøve denne teori, vil jeg i de følgende afsnit vil jeg fremhæve tre eksempler på krydsmodalitetsmæssig illusion – nærmere betegnet som spatiotemporal elasticitet af perception - hvilket opstår når to sanseindtryk er forskudte, men stadig relativt tæt forbundet (tids- eller positions-mæssigt): “Spatiotemporal proximity commonly cues recalibration when different senses disagree, whether the disagreement concerns space, time, or some other attribute.” (O’Callaghan 2008, s.9).

3.3.1 VISUEL DOMINANS

Det første eksempel er den såkaldte McGurk-effekt, som demonstrerer hvordan vores hørelse kan snydes via (verbal) visuel stimulus. I en videosekvens vises f.eks. en person som siger ”bah, bah, bah”, og den korrekte, tilhørende lyd afspilles samtidig. Hvis man så – uden at skifte lydsporet – erstatter videosekvensen med en, hvor personen siger ”gah, gah, gah”, vil man opfatte lyden helt anderledes, selvom denne er identisk med den som blev afspillet i det første eksempel. Dette viser, at vores perception (ift. verbal kommunikation, i hvert fald) er tilbøjelig til at ”redigere” i det vi hører, for at opnå en sammenhængende virkelighedsopfattelse; hjernen antager simpelthen, at vi har hørt forkert (O’Callaghan 2008; Grimshaw 2015). Det pudsige er dog, at fænomenet ikke ændrer sig, uanset hvor mange gange man skifter mellem de to videosekvenser; man vil *altid* ”høre” en ændring i lyden sekvenserne imellem. Det andet eksempel er den såkaldte *ventriloquism effect* (”bugtaler-effekten”), som også viser at synet ofte dominerer i situationer med spatial uoverensstemmelse. Denne viser, at når forsøgspersoner præsenteres for uafhængige (og forskudte) visuelle og auditive stimuli, opfattes disse alligevel som at have fælles oprindelsespunkt²⁹. Denne type effekt demonstreres ofte vha. en video, som viser en talende person, hvor højttaleren (hvor den indspillede tale afspilles igennem) er spatial forskudt ift. videomonitoren. Det er således muligt at give forsøgspersonen opfattelsen af, at lyden kommer fra samme punkt som billedet, selvom denne er forskudt på f.eks. x-aksen. Dette er altså et eksempel på det førnævnte *unity assumption*-fænomen; hvis man *tror*, at sanseindtrykkene har samme udgangspunkt, vil vores perception altså ”rette ind” således at der opnås en kongruent opfattelse af omgivelserne (Warren, Welch, and McCarthy 1981). Disse eksempler viser, at

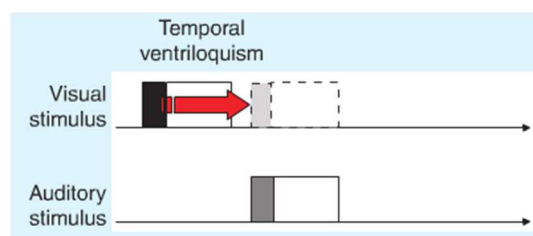
²⁹ Dette gælder dog kun op til en vis grænse: “Increasing disagreement beyond some threshold leads to perceptual separation with biasing toward the dominant modality, followed by complete dissociation without biasing.” (O’Callaghan 2008, s.9)

det *ikke* nødvendigvis altid den mest logiske sans, som dominerer vores perception, og man kunne derfor ledes til at tro, at synet altid ”vinder” når høre- og synssansen arbejder sammen om at danne mening i en given situation - men dette er ikke altid tilfældet: ”Crossmodal effects on perceptual experience [...] are not limited to vision's impact upon other modalities, and they do not concern just spatial features.” (O’Callaghan 2008, s.6).

3.3.2 AUDITIV DOMINANS

Der findes også situationer, hvor hørelsen kan genkalibrere visuelle sanseindtryk. For eksempel vil ét lysglimt, akkompagneret af to eller flere bip-lyde, opfattes som flere lysglimt (Hecht og Reiner 2009). Men endnu mere udtalt er følgende eksempel, som også omhandler *ventriloquism* - men er af temporal art.

Det er evident³⁰ at der er forskel i den tid det tager for hhv. lyspartikler og lydbølger at bevæge sig fra en kilde til vores sanseapparater. Men pga. forskelle i den tid det tager at indsamle og behandle disse individuelle stimuli (lyd processeres hurtigst), ændrer vores opfattelse af dette fænomen sig faktisk, når kilden er mindre end ca. 10m fra os – den såkaldte *horizon of simultaneity*. Dette har dog ikke nogen større betydning ift. verbal kommunikation, for her er tolerancen for uoverensstemmelse mellem lyd faktisk på over 250ms, hvilket i frit rum svarer til en distance på omkring 90m (og over den afstand er det nok oftest fald i lydstyrke der forårsager kommunikationsproblemer). Men for lyde indenfor den pågældende tærskel har forsøg vist, at det er muligt at påvirke visuel perception med auditiv stimulus – hvilket er den modsatte effekt ift. spatial *ventriloquism* (Spence og Squire 2003).



Figur 8: Temporalforskydning i perception. Kilde: (Spence og Squire 2003, s.1)

³⁰ Enhver som har oplevet lyn og torden, vil have observeret forskellen i lys og lydbølgers bevægelseshastighed i luft.

3.3.3 SAMMENFATNING AF DOMINANS-TEORIER

Ovenstående eksempler³¹ viser altså, at *modality appropriateness*-teorien ikke kan forklare alle krydsmodalitetsfænomener³², og der findes også eksempler på, at andre modaliteter (såsom berøring) kan påvirke temporaloplevelse iht. synssansen, og hørelsen interagerer i nogle tilfælde med ledsansen³³ i spatial regi. Biaseffekter som disse kan også omvendes, for i tilfælde af f.eks. sløret syn eller endda blot kaotiske synsindtryk, øges auditiv dominans i takt med den faldende visuelle pålidelighed. Dette indikerer, at dominansmønstrene også kan påvirkes af sådanne faktorer, og ”If appropriateness depends upon reliability, appropriateness is not an inherent characteristic of a sense modality.” (O’Callaghan 2008, s.10). Men hvis pålidelighed skulle afgøre krydsmodal interaktion, hvordan forklares fænomener som McGurk-effekten så³⁴? Det synes at gøre sig gældende, at total dominans i en specifik modalitets favør, ikke er reglen; derimod synes mekanismerne at involvere forskellige grader af kompromis: “[...] crossmodal biases and recalibrations enhance the reliability of perception in the face of noisy, fallible, or imprecise sensory stimulation.” (O’Callaghan 2008, s.10). Dette betyder, at i ”almindelige” tilfælde (hvor sanserne er ”enige”) bliver de individuelle sanseindtryk forstærket, og detektion bliver således mere robust gennem denne multimodale, resulterende konsensus. Men i situationer, hvor der opstår modstridende oplysninger sanserne imellem, er det kun i et fåtal af tilfælde, at én af disse vinder ”meningsudvekslingen” absolut; ofte vil der være tale om forskellige gennemsnitsfordrende mekanismer, hvor variable vægtningsforhold bestemmer det resulterende kompromis (O’Callaghan 2008). Opsummeret er der stærke indikationer som understøtter teorier om, at perception opstår gennem et multimodalt samarbejde mellem sanserne og kognitive processer; såfremt at sanseindtrykkene ”rapporterer” et nogenlunde sammenligneligt indtryk (af f.eks. et objekt, en hændelse eller de generelle omgivelser), fungerer mekanismer som *modality appropriateness* og *unity assumption* i varierende grad ift. at danne den endelige (omend kortvarige og fortsat foranderlige) perception.

Multimodal interactions obey intelligible principles; they resolve conflicts; they enhance the reliability of perception; they are not mere quirks or accidents[...] The intermodal biasing and recalibration responsible for crossmodal illusions requires

³¹ O’Callaghan nævner et lignende eksempel, hvor lyd kan påvirke hvornår lys synes at blive tændt (O’Callaghan 2008).

³² Et synspunkt, som også supporteres af flere forskere (Hecht and Reiner 2009).

³³ Dvs. den sans, som informerer hjernen om de enkelte kropsdeles stillinger i rummet.

³⁴ Denne effekt opstår jo ikke af hverken sansernes hensigtsmæssighed eller pålidelighed.

that information from sensory stimulation associated with different senses is taken to be commensurable. Since conflict resolution requires a common subject matter, commensurable information from different senses shares or traces to a common source. Crossmodal processes thus amount to the exercise of a principled perceptual grasp upon the common sources of sensory stimulation across modalities.” (O’Callaghan 2008, s.19).

Dette kapitel har indtil videre handlet om at skabe et overblik over, hvordan sanserne arbejder sammen om at skabe vores virkelighedsbillede, og hvilke teorier der eksisterer omkring hvordan dette i praksis foregår. Næste skridt må derfor være at vurdere hvordan dette spiller ind ift. projektets fremsatte formål, og indtil videre er der meget der tyder på, at *sense making* gennem flere modaliteter på samme tid, er en stor fordel når man færdes og agerer i et givent miljø (uanset om dette er ”virkeligt” eller virtuelt). Da det således viser sig, at multimodalitet i langt de fleste tilfælde giver en mere robust perception, end den som bygger på monosensorisk information³⁵, understøtter dette jo umiddelbart formodningen om, at tilføjelse af ekstra modaliteter burde have potentiale ift. at opnå bedre interaktion med et VM. Men om dette også gælder haptisk feedback specifikt, er endnu uvist; for at kunne af- eller bekræfte dette, er det nødvendigt at undersøge disse forhold nærmere.

I næste sektion vil jeg derfor belyse en række vigtige mekanismer, som specifikt har relevans ift. haptisk og audiovisuel krydsmodalitet, for at kunne belyse hvordan dette sammenspil har potentiale ift. at styrke perception og dermed forbedre performance i FPS-spil.

3.4 SPECIFIKKE FORDELE VED MULTIMODALT SAMMENSPILE

Selv om der ikke findes nogen endegyldig (stringent) facitliste for, hvornår de forskellige modaliteter dominerer en situation³⁶, findes der til gengæld scenarier og effekter ved multi- og krydsmodalitet, som kan have potentiale ift. performanceforbedring i FPS-spil. Hurtig og

³⁵ Nogle ville måske pointere, at de omtalte gennemsnitsmekanismer ikke altid nødvendigvis giver den ”korrekte” opfattelse af omverdenen. Men såfremt at udviklere af VM ikke ligefrem har til hensigt at vildlede spilleren, må man antage, at de sansestimuli som præsenteres heri, netop *har* kongruente oprindelseskilder – hvilket naturligvis, i denne henseende, gør diskussionen irrelevant.

³⁶ Foruden de nævnte *tendenser* til at syn dominerer i spatial regi, mens lyd dominerer i temporalt regi.

præcis signaldetektion er som sagt en af de vigtigste funktioner, som vores perception skal håndtere i kampsituationer, om end disse er virtuelle eller ej. Derfor er det naturligvis vigtigt at opdage så mange (relevante) faresignaler som muligt, og her viser trisensorisk perception sig at være en klar fordel.

3.4.1 PÅLIDELIG SIGNALDETEKTION GENNEM REDUNDANS

Den såkaldte *Colavita* effekt viser, at der er større tendens til at overhøre auditive signaler, end det er at overse visuelle signaler. Dette underbygger teorien om visuel dominans i spatial regi, og understreger igen begrænsninger ved auditiv signaldetektion, og påpeger derfor også behovet for at støtte lydsiden i spil på dette punkt. Denne tendens gælder dog også for haptik, for også her opfanges en større procentdel af signalerne af synssansen, end der gør af berøringssansen³⁷. Men der eksisterer ingen nævneværdig forskel mellem haptik og hørelse i denne henseende, og da berøringssansen således (på dette punkt) ikke har nogen fordel frem for høresansen, kunne man muligvis ledes til at tro, at haptik således kun har potentiale ifm. sanseaflastning (som nævnt i forrige kapitel). Men da synssansen heller ikke er ufejlbarlig, er det her at samarbejdet mellem alle tre sanser igen viser sig kumulativt at have afgørende betydning vores perception: “[In] a tri-sensory combination when a visual signal is presented simultaneously with both the auditory and the haptic signals, the probability of missing two signals is much smaller than of missing only one signal and therefore the visual dominance disappears.” (Hecht og Reiner 2009, s.307; Jones og Sarter 2008). I bisensoriske forsøg er synssansen således mere effektiv end høre- og berøringssansen til signaldetektion, men grundet ”livrem og seler” princippet udlignes dette, for der er ganske enkelt mindre risiko for at ”overse” et af signalerne i trisensoriske forsøg – hvilket intuitivt stemmer godt overens med hvad man kunne forvente i en sådan situation – sandsynligheden for at ”overse” to signaler er logisk set altid mindre end for at ”overse” blot ét signal (Hecht og Reiner 2009).

3.4.2 RESPONSTID

Når man opdager en potentiel fare i et FPS-spil, er der en række ideelle reaktionsmønstre, som afhænger af forskellige faktorer som f.eks. afstand til fjende, hvilken retning

³⁷ Dette skyldes bl.a. fænomenet *attentional tunneling* (Spirkovska 2005).

vedkommende vender, om vedkommende er i bevægelse (og hvor hurtigt) og om denne øjensynligt har (eller potentielt kunne) opdaget én. Er fjenden f.eks. langt væk, og ikke virker til at udgøre nogen øjeblikkelig fare, har man mere tid til at overveje sine valgmuligheder, end når vedkommende er tæt på. Men en typisk situation i FPS-spil, hvor RT derimod bliver kritisk, er når man i bedste *western*-stil pludselig kommer ansigt til ansigt med en fjende, og bliver tvunget til at vælge mellem *fight or flight*. Hvis situationen i forvejen sansemæssigt er meget kaotisk (dvs. at både de visuelle og auditive sanseindtryk er forvirrende), og man derfor er i tvivl om man bliver ramt af skud eller ej³⁸, vil ens muligheder for at reagere hurtigt og ”korrekt” være begrænsede, ift. hvad de ville være hvis man havde vished herom.

Forsøg viser, at multimodal interaktion begynder før, at kognitive processer har mulighed for at kunne påvirke resultatet. Denne interaktion begynder nemlig normalt under 200ms efter stimuli præsenteres, og derfor ikke afhænge af kognitive processer (Sella, Reiner, og Pratt 2014). Dette kan være en af årsagerne til, at det også ift. RT er en fordel at anvende trisensoriske stimuli; typisk viser forskning, at multimodale signaler opfanges hurtigere, end når samme signaler præsenteres separat – et fænomen som kaldes *multi-sensory enhancement*. I ovenstående forsøg af Hecht og Reiner, viste RT sig dog at være *langsommere* i bi- og trimodale forsøg, end de var i de monomodale – men dette kan forklares ved forskelle i opgavernes betingelser. Multi-sensory enhancement studier bygger nemlig normalt på det såkaldte *redundant signal* paradigme, dvs. at deltagerne i forsøg skal reagere så snart de detekterer blot ét af signalerne, og de skal også kun trykke på én knap. I forsøget af Hecht og Reiner skulle forsøgspersonerne differentiere mellem flere svarmuligheder, hvilket naturligvis indebærer en mere kompleks proces; ”Consequently, responses to uni-sensory trials were shorter as participants needed to make only one decision, whereas in the bi- and tri-sensory trials they were required to make two (or 3) separate decisions—one for each sensory modality—and the additional cognitive process resulted in longer RTs.” (Hecht og Reiner 2009, s.313). Disse undersøgelser understøttes af tilsvarende forsøg, som viser at multimodale stimuli øger performance på parametrene RT og *Success Rate* (SR), iht. alle kombinationer af hørelse, berøring og syn. Disse forsøg viser også, at trimodale *cues* detekteres hurtigere end bimodale, som igen er hurtigere end unimodale. (Sella, Reiner, og Pratt 2014).

³⁸ Dette kunne f.eks. være hvis man hørte geværskud, men var i tvivl om at de kom fra fjenden eller en anden kilde. Man kunne også være delvist blindet af en *flashbang*-granat, og derfor ikke kunne se om vedkommende skyder i ens retning eller ej.

3.4.3 MÅLSØGNING

En anden metode som må antages at have stort potentiale for performanceforbedring i FPS-spil, er beskrevet af O’Callaghan, som bl.a. skriver at man gennem fremprovokering af *selective attention* kan forbedre både RT og præcision i målsøgning. Dette kan opnås ved at man præsenteres for et (auditivt eller visuelt) *cue* til den ene side i ens synsfelt, hvorefter ens fokus vil tiltrækkes imod denne side, og *target detection* dermed forbedres i den side: “Top-down influences, such as processes associated with selective attention activated by one modality, also impact multiple modalities” (O’Callaghan 2008, s.9). Denne adfærd er ganske basal for de fleste dyrearter, og eksemplificeres på daglig basis gennem handlingen at vende synet mod en pludselig, uventet lyd. Men i kunstige (virtuelle) miljøer har man muligheden, for at udnytte dette adfærdsmønster til performanceforbedring vha. kunstigt fremskabte sansestimuli. Man kunne f.eks. forestille sig, at man (gennem auditiv augmentation) kunne præsentere et kort ”bip” i det ene øre, kunne bruges som en indikator af farekilder i den side – eller potentielt endnu bedre: et ”prik” i siden, fortrinsvist i den omtrentlige retning af denne farekilde.

Ifølge O’Callaghan fungerer denne *crossmodal cuing* også mellem andre modalitetspar, for hjernen vil som nævnt altid søge at danne mening fra fællesindtrykket: “Both active and passive attention also impact the strength of crossmodal interactions and illusions. Whether directed intentionally or not, attention enhances multimodal processing and strengthens the inclination to reconcile discrepant information from distinct sensory sources.” (O’Callaghan 2008, s.9). Dette fænomen bekræftes af flere andre kilder; bl.a. har Tan et al. i forsøg påvist langt hurtigere RT, når forsøgspersonerne blev præsenteret for haptisk, synkrone sansestimuli – faktisk sænkede dette RT med gennemsnitlig hele 41%. Effekten blev også testet ved at give forsøgspersonerne *modstridende* information gennem haptisk stimuli, og dette viste sig at øge RT med 19% (Tan et al. 2003). Helt specifikt ift. målsøgning i militær sammenhæng, har Oron-Gilad et al. foretaget forsøg med haptik til målsøgning vha. et vibrotaktilt apparat placeret på hånden, som kunne indikere retning til bestemte mål på en computerskærm: ”The game players received tactile feedback whenever their hand deviated away from the target. The results of a user study showed that the haptic feedback on the hand when combined with

visual feedback was extremely effective in helping users to acquire a target.” (Price et al. 2013, s.14).

Disse ovenstående eksempler på performanceforbedring gennem trisensorisk perception, må alle siges at pege mod et betragteligt potentiale for haptisk augmentation i FPS-spil. Et af de primære formål i denne henseende er som sagt at styrke spillerens SA i specielt kaotiske situationer, og dette må også antages at være muligt gennem trisensorisk, haptisk betinget perceptionsforbedring. Det første skridt til at undgå en fare, er at være opmærksom om dens eksistens, og derfor spiller signaldetektion netop en central rolle for SA; dette potentiale vil blive viderebehandlet i kapitel 5, som specifikt omhandler dette emne.

Da det på nuværende tidspunkt således er muligt (forsigtigt) at konkludere, at der netop *bør* være potentiale ift. at anvende haptik til performanceforbedring ift. bl.a. RT og SA, vil næste kapitel omhandle et af de andre problemområder i denne rapport: indlevelse i det VM.

4 INDLEVELSE

For overhovedet at kunne overveje og diskutere potentiale ift. at øge immersion og/eller presence i VM, er det nødvendigt først at definere disse begreber, så der inden den efterfølgende udredning foreligger en klar definition af de koncepter, der vil blive benyttet i denne rapport. I forhold til dette emne, er dette dog ikke en hel simpel opgave; der findes, i den akademiske litteratur herom, flere forholdsvist ensartede og overlappende begreber der omhandler samme emnesfære, og der eksisterer reelt set ikke nogen klar konsensus om hvad de individuelle begreber præcist dækker over. Dertil kommer, at nogle af begreberne kan have flere forskellige betydninger, alt efter om man anser det som et psykologisk, kropsligt eller helt tredje fænomen. Nogle mener endda ligefrem, at denne mangel på enighed ligefrem har resulteret i en opløsning af betegnelsernes betydning: "[...] there is strong evidence suggesting that current models of immersion are either broken or lacking data sufficient to fully explain how immersion occurs. In fact it is quite clear that the very term "immersion" is broken" (Wilcox-Netepczuk 2013, s.94)³⁹. Derfor er det naturligvis vigtigt præcist at klargøre hvad man mener, når man bruger begreber som f.eks. immersion og presence - og for at kunne gøre dette, vil de følgende afsnit indeholde en redegørelse af nogle af de væsentligste (relevante) synspunkter, som findes i litteraturen om emneområdet. Jeg vil afslutteligt perspektivere og kommentere, og for klarhedens skyld afslutteligt præcist definere hvad jeg mener de centrale begreber dækker over.

4.1 IMMERSION

Gyldendals Store Danske ordbog forklarer ordet immersion som "neddykning", og dette er i forbindelse med computerspil også en ret passende betegnelse. Immersion kan med lidt forsigtighed beskrives som en form for rammedefinition for den "neddykkende" oplevelse, det kan være at lade sig opsluge af en virtuel verden (eller enhver anden form for underholdning, for den sags skyld) – uanset om denne præsenteres via en almindelig computerskærm, VR briller eller et helt tredje medie.

³⁹ Jeg har haft lidt svært ved at finde information om denne forfatter, så jeg kan ikke undersøge hans *credentials*. Artiklen er dog et *conference paper*, og er citeret nogle enkelte gange andre steder. Uanset hans merit, mener jeg at artiklens indhold er af forholdsvist troværdig karakter, da hans udtalelser ofte er ret evidente, og på centrale fokusområder korellerer med mine synspunkter.

I en artikel som omhandler etablering af et *framework* for immersive VM, beskrives et af de tidligere eksperimenter i VR feltet, hvor immersion defineres som et udelukkende teknologibaseret fænomen: "Immersion refers to what is, in principle, a quantifiable description of a technology. It includes the extent to which the computer displays are extensive, surrounding, inclusive, vivid and matching. The displays are more extensive the more sensory systems that they accommodate." (Slater et al. 1996, s.3). Ergo dækker begrebet iflg. artiklens forfattere over teknologiens evne til at skabe et troværdigt VM, og er altså en objektiv betegnelse, som ikke (direkte) involverer den subjektive oplevelse hos brugeren. Dette synspunkt deles dog ikke af bl.a. Witmer og Singer, som udtaler "Immersion is a psychological state characterized by perceiving oneself to be enveloped by, included in, and interacting with an environment that provides a continuous stream of stimuli and experiences." (Witmer og Singer 1998, s. 227).

En række andre definitioner sammenfattes næsten to årtier senere i en artikel af Grimshaw, Charlton og Jagger, og her tilskrives Dianne Carr at mene, at der både findes psykologisk og sensorisk immersion. Sidstnævnte beskrives som en monopolisering af subjektets sanser, hvor disse (sædvanligvis synet og hørelsen) påvirkes på en måde, at man i høj grad fokuserer på disse stimuli, mens psykologisk immersion beror på at vedkommende fuldstændig optages (af spilverdenen), uden at ænse sine omgivelser (Grimshaw, Charlton, og Jagger 2011). Ermi og Mäyrä udvider begrebet yderligere. De opdeler psykologisk immersion i to undergrupper; udfordrings- og fantasimæssig. Udfordringsmæssig immersion opstår når sværhedsgraden i et computerspil er "lige tilpas", og man får en succesoplevelse ved at overvinde de udfordringer, som man udsættes for – samtidig uden at disse bliver for lette⁴⁰: "Challenges can be related to motor skills or mental skills such as strategic thinking or logical problem solving, but they usually involve both to some degree." (Ermi og Mäyrä 2005, s.101). Fantasimæssig immersion opstår, ifølge disse forfattere, når individet får mulighed for at bruge sin fantasi til eksempelvis digte medbetydning og narrativ ind i et allerede eksisterende narrativ. Disse tre typer immersion overlapper og forstærker ofte hinanden, specielt i computerspil (Ermi og Mäyrä 2005).

⁴⁰ Dette ville ofte resultere i at udfordringerne begynder at føles trivielle; en situation man vil kunne nikke genkendende til, hvis man på noget tidspunkt har benyttet sig af diverse snydefunktioner computerspil.

Fokus (*attention*) har ifølge Grimshaw, Charlton og Jagger betydning for hvor høj en grad af immersion man kan opleve: "These authors found support for [...] three levels of immersion which differ in the extent to which a person attends to their immediate (non-gameworld) environment; varying levels of attentional resources may be involved which consequently require different levels of cognitive involvement. These three levels are engagement, engrossment and total immersion." (Grimshaw, Charlton, og Jagger 2011, s.8) – og for at gøre forvirringen total, indikerer Wilcox-Netepczuk i sit litteraturstudie, at "total immersion" faktisk er det samme som presence (Wilcox-Netepczuk 2013).

Ifølge Grimshaw, Charlton og Jagger, forbinder McMahan graden af immersion (i.e. hvor stærk/udtalt den er) med graden af interaktivitet mellem spiller og spilverden. Hun definerer realisme som et af de vigtigste elementer i immersion, men ikke nødvendigvis audiovisuel realisme; det er vigtigt ift. immersionsfaktoren, at spillets tema virker troværdigt, og at spilleren føler at vedkommende har en nogenlunde realistisk interaktion med den virtuelle verden⁴¹ Dette synspunkt bakkes op af Wilcox-Netepczuk, som beskriver det som en "Projected Realism hypothesis", hvor realisme afhænger af og defineres ud fra spillerens forventninger til spillets økologi. Han er enig i, at der skal være en balance i denne realisme, og nævner at ideelt set bør eksempelvis en bazooka kunne destruere en trædør, hvis den kan sprænge f.eks. en tank i luften; dette er ikke blot er iht. audiovisuel realisme (eller æstetik, for den sags skyld), men handler derimod om *gameplay*-relateret realisme⁴². Ligeledes er f.eks. dårlig *AI*⁴³ også et element, som kan have en negativ effekt på immersionsfaktoren. Men ift. at elementer som grafik, *storyline* mv., alle kan bidrage til immersion i de forskellige typer spil, er det den samme type immersion der er tale om, blot af varierende grad. Med dette mener han, at der ikke er nogen specifik type immersion ift. de forskellige elementer (som f.eks. realisme), og at ingen af disse er altafgørende ift. immersion. Teorien bag denne tilgangsvinkel er, at immersion ikke er effekten af at blive "trukket ind" i et computerspil, men rettere spillerens projektion af det spilunivers der kigges ind i - hvad enten dette er på en mobilenhed, computer eller anden platform, såfremt dennes forventninger bliver reflekteret tilbage på tilfredsstillende vis. På denne måde handler det ikke om hverken skærmstørrelse,

⁴¹ Dette kan f.eks. være muligheden for at bevæge sig frit i spilmiljøet, at ting kan gå i stykker som følge af karakterens handlinger, osv.

⁴² I spil er det ofte nødvendigt at finde et nøgleobjekt eller løse en udfordring, inden spilleren kan komme videre i handlingen, og derfor ville det være progressionsbrydende, hvis karakteren blot kan skyde sig gennem disse proverbiale trædøre.

⁴³ Kunstig Intelligens; i computerspil bedømmes denne ud fra de computerstyrede fjenders adfærd.

opløsning, lydkildens kvalitet, platform eller styringsmuligheder, men om der er en korrelation mellem det, som spilleren forventer, og det vedkommende oplever. Er der ikke det, brydes immersion (Wilcox-Netepczuk 2013).

4.2 PRESENCE

Reiner og Hecht definerer overordnet begrebet presence som en oplevelse af at befinde sig, såvel som udføre handlinger i, et VM (Reiner og Hecht 2009). Dette lyder umiddelbart meget som den beskrivelse af immersion, som beskrevet ovenfor, men der er forskelle mellem disse begreber, som afhænger af bl.a. den individuelle oplevelse hos subjektet, såvel som det medie, man præsenteres for oplevelsen gennem. Weibel og Wissmath uddyber yderligere: "Presence, also referred to as telepresence or spatial presence, describes a state of consciousness that gives the impression of being physically present in a mediated world." (Weibel og Wissmath 2011, s.2), en definition som også understøttes af Slater et al. (1996) Her beskrives altså en mere omsluttende oplevelse, end man nødvendigvis opnår når man oplever immersion; en form for "dybere nedsenkning" i den handling, man pludselig føler sig som en del af. I stedet for blot at være en person, som har en styringsmulighed i et VM, er der en øget tendens til direkte at identificere sig med den avatar, som fungerer som spillerens repræsentant i dette miljø; altså en form for "udvidet" immersion.

Der er flere faktorer, der spiller ind, før man kan opnå en tilstand af presence. Der er, i de kilder jeg har undersøgt om emnet, forholdsvis meget enighed om, at dette kræver et virkelighedslignende miljø som kan tilbyde en oplevelse der er nogenlunde troværdig for spilleren (hvilket normalt vil kræve et tredimensionelt VM). "[Presence] refers to a sense of spatial immersion in a mediated environment." (Weibel og Wissmath 2011, s.1). I forhold til grafikens kvalitet, findes der også forsøg som indikerer, at god grafik kan påvirke presence positivt (Bracken og Skalski 2006). Det optimale er i denne henseende en decideret VR situation med stereoskopiske briller og surround-simulerende lyd, men det er ikke strengt taget en nødvendighed. Graden af presence afhænger nemlig ifølge Witmer og Singer i høj grad af spillerens fokus (*selective attention*), specifikt i den information der er mest betydningsfuld og interessant for individet (Witmer og Singer 1998). Dette vil sige, at presence godt kan opnås ved kontinuerligt fokus på f.eks. en alm. computerskærm, da hjernen

automatisk vil frafiltrere ikke-nyttig information fra spillerens perifersyn - som f.eks. hvilken farve væggen bag skærmen har. "[...] the experience of presence is based in attention to continuities, connectedness, and coherence of the stimulus flow." (Witmer og Singer 1998, s. 227). Witmer og Singer har opstillet et skema med de faktorer de har fundet, som de mener har indflydelse på fornemmelsen af presence (faktorer som jeg mener er specielt relevante for dette projekt er markeret med fed skrifttype):

Control Factors	Sensory Factors	Distraction Factors	Realism Factors
Degree of control	Sensory modality	Isolation	Scene realism
Immediacy of control	Environmental richness	Selective attention	Information consistent with objective world
Anticipation of events	Multimodal presentation	Interface awareness	Meaningfulness of experience
Mode of control	Consistency of multimodal information		Separation anxiety/ disorientation
Physical environment modifiability	Degree of movement perception		
	Active search		

Tabel 1: Faktorer i presence. Kilde: (Witmer og Singer 1998, s. 229)

Man skulle tro, at Witmer og Singer gennem denne dybdegående analyse, mener at have ”knækket koden” ift. presence og hvordan forskellige faktorer kan påvirke denne i negativ eller positiv retning - men selv de må indrømme, at fænomenet er ganske komplekst: “Precisely how these factors combine and interact to affect presence is not clear. [...] We do not claim to have identified all of the factors that affect presence, nor do we fully understand the presence construct”. (Witmer og Singer 1998, s. 239).

Daniel Mestre (2015) har udgivet en artikel om immersion og presence i VR applikationer. Mestre definerer også immersion som de tekniske faktorer, der muliggør indlevelse i et VM, og derfor også er nødvendige for at opnå en tilstand af presence, og i artiklen præsenterer han en model af de faktorer, som han mener har indflydelse på, såvel som udspringer af, presence. Han inddeler de indflydelsesmæssige faktorer i tre kategorier: tekniske, kontekstuelle og psykologiske (disse kan betegnes som ”input” faktorerne). Det tekniske aspekt dækker over det givne VR-apparats potentiale ift. at isolere subjektet fra den virkelige verden, ud fra faktorer som informationens opløsning, *latency* og multimodal stimulation; som alle påvirker performance ift. RT, styring/kontrol mm. Det kontekstuelle

immersive aspekt dækker over f.eks. scenarie, opgaver, målsætninger mv., og påvirker sammen med de psykologiske faktorer (engagement, *suspension of belief* mm.) den subjektive oplevelse af presence, og derigennem også adfærd.

Resultatet af disse input faktorer, samt den resulterende tilstand af presence, påvirker igen iflg. Mestre to centrale ("output") aspekter: performance og repræsentantskab. Helt specifikt definerer han presence på følgende måde: "Presence thus refers to a psychological, attentional and cognitive state, in which the participant, immersed within a virtual environment, behaves in accordance with the affordances provided by this environment, as if what is happening in the virtual environment was real." (Mestre 2015, s.1). Mestre argumenterer, at presence øger tendensen til en opførsel i et VM, som repræsenterer *real world* adfærd, og derfor også oplevelsens realisme. Presence er således en komplementært tilstand af immersion, og gør spilleren i stand til at udvise adfærd i VM, som er repræsentativt ift. en tilsvarende non-virtuel situation.

4.3 REFLEKSION

Efter at have studeret litteraturen omtalt i dette kapitel, og katalyseret den relevante viden og teori gennem egen erfaring med computerspil gennem tiden, kan jeg nu opstille nogle kriterier for nærmere definition af begreberne immersion og presence - specifikt iht. FPS-spil, og i nogle tilfælde ift. VM generelt. Bemærk, at dette ikke skal forstås som generelle definitioner, som nødvendigvis kan overføres til alle typer af situationer, hvor fænomenerne kan opstå, men derimod som en refleksion over de aspekter af emnet, jeg mener har relevans ift. denne type spil.

4.3.1 IMMERSION

Den definition, som jeg mener bedst beskriver fænomenet immersion, er den som betegner det som graden af spillerens "opslugthed" af et givent computerspil⁴⁴ - uanset om dette bliver præsenteret visuelt, auditivt mm. eller i en kombination af disse modaliteter.

⁴⁴ Specifikt ift. den enkelte session; ikke spillet generelt.

Dette kræver en jævn og (forholdsvist⁴⁵) uafbrudt spiloplevelse, hvor evt. irritationsmomenter (fejl i spilmotor o. lign.) ikke må overskygge glæden (som følge af øgede dopaminniveauer i hjernen) ved aktiviteten. Det er altså tilstanden af fokus og indlevelse, som har betydning for graden af immersion. Derfor mener jeg også, at det synspunkt⁴⁶, der beskriver immersion som udelukkende at omhandle det teknologiske potentiale ift. at skabe et VM, i bund og grund kommer til kort ift. at dække alle aspekter af begrebet. En forklaring på denne skarpe afgrænsning kunne evt. være, at emnets åbenlyse kompleksitet har affødt et ønske om at afskærme begrebet fra at overlappe med den betydningssfære der omkredser (bl.a.) fænomenet presence. En anden forklaring kunne være, at denne artikel er skrevet på et tidspunkt, hvor feltet ikke var helt udviklet endnu, og at betydningen derfor har ændret sig siden. Men blot at definere immersion som et teknologisk potentiale, uden overhovedet at tage stilling til den subjektive oplevelse, tvinger én til at udvide definitionen ”presence” til at betyde noget mere, end jeg mener det gør⁴⁷. Det er min erfaring og overbevisning, at immersion definitivt er mulig i todimensionelle VM – en opfattelse, der understøttes af f.eks. samtlige titler i *Civilization* (MicroProse 1991) serien. Her er man som spiller udmærket godt klar over, at man ikke er en del af selve spilmiljøet, men bliver alligevel ofte så opslugt af handlingen, at man ofte hverken ænser tid eller rum omkring sig⁴⁸.

4.3.2 PRESENCE

Det er efter min opfattelse evident, at teknologien har betydning for at kunne projicere en spilverden, som er troværdig og realistisk nok til, at en tilstand af presence kan opnås. I min optik ligger forskellen mellem immersion og presence, i den subjektive oplevelse af at hengive sig fuldstændig til spillets handling, og vitterligt føle, at man rent faktisk *er* den avatar, som udgør ens virtuelle repræsentation. Af samme grund mener jeg, at det kræver et forholdsvist naturtro, tredimensionelt VM, for at denne tilstand kan opnås. Det er svært at forestille sig, at en spiller kan leve sig så meget ind i et *side scroller*-spil som f.eks. arcadespillet *Golden Axe* (Sega 1989), at vedkommende direkte identificerer sig selv med den

⁴⁵ I holdbaserede FPS-spil som f.eks. Counter-Strike, er ros og direkte (ansigt til ansigt, hvis man sidder i samme lokale) taktiske diskussioner med sine holdmedlemmer, i pauserne mellem runderne, en normal procedure. Dette bryder kortvarigt immersion, men denne genoptages hurtigt så snart næste runde starter.

⁴⁶ Jf. (Slater et al. 1996)

⁴⁷ Med mindre man selvfølgelig opfinder et nyt begreb, som kan dække over den subjektive oplevelse af immersion uden presence.

⁴⁸ Seriens uofficielle slogan er derfor også med tiden blevet ”Wait! Just... one... more... turn...”, inspireret af spillets *game over* skærbillede.

avatar, som bliver styret på skærmen – hvilket formodentlig i høj grad afhænger af, at avataren bliver præsenteret i tredjepersonsperspektiv, og ikke i førstepersonsperspektiv. Det er ligeledes svært at forestille sig, at et horror spil vil begå sig særlig godt på f.eks. en Gameboy, hvilket indikerer, at man også skal op i en forholdsvis høj skærmstørrelse, før presence bliver mulig. VR teknologi er ikke således (som nævnt) efter min opfattelse ikke nødvendig for at opnå presence, men der er næppe tvivl om, at dette har potentiale til at gøre oplevelsen heraf langt mere komplet. Når faktorer som troværdighed og følelsen af at være til stede, afgør niveauet af presence, har en stereoskopisk og omsluttende visuel repræsentation en klar fordel ift. en almindelig PC monitor; et VR *headset* eliminerer endvidere risikoen for at bryde immersion ved at komme til at kigge udenfor skærmen.

4.3.2.1 HAPTISK PRESENCE

Men realistiske og naturtro tredimensionelle billeder er faktisk ikke den eneste måde, som presence kan opnås igennem. Reiner og Hecht taler om teknologi som kan inducere presence, selv om brugeren ikke nødvendigvis oplever immersion. I et forsøg, hvor subjekterne skulle ”røre” billeder på en skærm med et haptisk apparat, har de vist, at der er tilbøjelighed til at berøre de virtuelle objekter mere forsigtigt, hvis kontakt med disse i den virkelige verden ville være farligt⁴⁹. Ergo må forsøgspersonen (bevidst eller ubevidst) forbinde de kombinerede visiohaptiske stimuli med kontakt med et ”rigtigt” objekt; “[...] the sense of presence, in [haptic] VE systems, is the presence of a (virtual) object.” (Reiner og Hecht 2009, s.183). Denne forskning er specielt interessant ift. dette projekt, for det er nærliggende at antage, at samme fænomen har en lignende betydning for presence-induktion gennem haptiske apparater. Dette er formodentlig også derfor, at Wii Sports kan virke så ”realistisk”; når man udfører en bevægelse med controlleren, som spejler den man ville foretage i den virkelige verden, oplever man et kort øjeblik af ”realisme” i situationen. Trods forældet og tegnefilmslignende grafik, samt det faktum, at controlleren på ingen måde føles (vægt mv.) som f.eks. en tennisketcher, formår denne teknologi alligevel at indgyde en form for presence. Man kunne også forestille sig, at man forholdsvis let kunne inducere presence gennem andre sanser. For eksempel kunne man opstille et scenarie, hvor man anvender lugt, vind, temperaturforskelle og lyd til at give fornemmelsen af at sidde ved et bål ude i naturen.

⁴⁹ Som f.eks. ift. et barberblad el.lign.

Det er nærliggende at formode at en forsøgsperson, med bind for øjnene, uden større besvær kunne opnå en tilstand af presence i dette ”analoge” (dvs. tankebaserede) VM.

4.4 OPSUMMERING

Som nævnt i starten af dette kapitel, vil jeg i dette afsnit opsummere de centrale begreber der er behandlet heri, ud fra de definitioner, som *jeg* mener er dækkende ift. dette emneområde. Kort sagt kan begreberne defineres på følgende vis:

- Immersion er ”opslugthed” i det VM.
- Presence er ”tilstedeværelse” i det VM.

Det følgende afsnit vil bestå af en række beskrivelser af de faktorer, som gælder for de individuelle begreber, efter egen definition.

4.4.1 IMMERSION

- Immersion betyder at være ”opslugt” af en medieret oplevelse. Derfor skal denne være også være underholdende og tilpas udfordrende, for at immersion opretholdes.
- Immersion kræver fokus/opmærksomhed.
- Spilleren skal føle sig underholdt i høj nok grad til at bevare engagement.
- Større dissonans mellem spillerens forventninger ift. f.eks. realisme (ift. handlingsmuligheder, spilmotor mv.), og det feedback som returneres til vedkommende, kan bryde immersion.
- Spillet skal køre forholdsvis problemfrit for at bibeholde tilstanden af immersion (For mange irritationsmomenter kan bryde immersion).
- Immersion kan eksistere uden presence.
- Immersion kræver *ikke*, at det VM er tredimensionelt.

4.4.2 PRESENCE

- Presence er at føle sig ”transporteret” ind i en anden verden, og anse denne tilstand som ”virkelig”; en tilstand som i høj grad afhænger af *suspension of disbelief*.
- Den mest udbredte type af presence er spatial (dvs. audiovisuel); derudover findes der bl.a. social og haptisk.

- Teknologien skal være tilstrækkelig avanceret til, at der kan skabes et forholdsvis naturtro/troværdigt VM, iht. sensoriske inputs mv.
- I forhold til FPS-spil, skal de samme faktorer, som forudsætter immersion, være opfyldt.
- Opmærksomheden skal være fuldt fokuseret på spilmiljø og handling; direkte kontakt med den ”virkelige verden” bryder presence.
- Presence kræver normalt immersion.
- VR teknologi er ikke påkrævet, men en fordel.

5 SITUATION AWARENESS

Når man taler om at danne sig forståelse for ens omgivelser i en given (ofte tidsbegrænset) situation, spiller Situation Awareness-teori en central rolle ift. at forklare den kognitive proces der ligger til grund for den resulterende evaluering.

Feltet udspringer oprindeligt fra forskning i fænomenet opmærksomhed (*attention*), et emne som er at spore i psykologien helt tilbage til 1800-tallet. Specielt i den sidste halvdel af det 19. århundrede var emnet ret populært hos de fleste centrale figurer indenfor eksperimentalspsykologien, men det mistede momentum i starten af det 20. århundrede, for så igen at komme i fokus i sidste halvdel af samme århundrede. Opmærksomhed er et fænomen bestående både af bevidsthed ("Hvilke objekter eller hændelser er jeg opmærksom på?"), perception ("Hvad ser jeg?") og kategorisering ("Hvilken type ting eller hændelse er det?"). "Attention "presents" to consciousness an awareness of what is being perceived, in terms of concepts and categories that are already known (memory). Attention thereby allows us to make judgments and decisions. Attention is a bridge between sensation and memory" (Hoffman 2015, s.74).

Forskning i SA har sin begyndelse i luftfartsbranchen (luftvåben, fragt og charter), men har siden hen spredt sig til andre sektorer, heriblandt militæret: "Situation awareness (SA) is an important construct for understanding the link between cognitive processes decision-making and performance in modern military operations." (Matthews et al. 2001, s.1). Dette skyldes ikke mindst, at militære styrker verden over, i (hastigt) stigende grad inkorporerer digital teknologi i deres jordbårne styrker. F.eks. har den amerikanske hær udviklet det såkaldte *Land Warrior* system, som forbinder infanterister med bl.a. lyd- og billedkommunikation. Dette resulterer i en eksponentielt stigende mængde information, som den enkelte soldat har til rådighed, hvilket bevirker, at denne skal kunne sortere og processere store mængder information hurtigt og præcist⁵⁰. Som følge heraf er det en ligeledes voksende udfordring for den individuelle soldat at etablere og opretholde SA i taktiske operationer (Matthews et al. 2001); "Acquiring and maintaining SA becomes increasingly difficult, however, as the complexity and dynamics of the environment increase." (Endsley 1995, s.33). Dette bliver naturligvis et problem, når soldaterne skal forsøge at træffe velfunderede

⁵⁰ Hvilket naturligvis let medfører *sensory overload*.

og taktisk sunde beslutninger under (tids)pres, specielt i de hyppige tilfælde af ekstreme vejr-situationer, støj og andre eksterne faktorer (også kaldet *fog of war*) som bidrager til forvirring og stress. I sådanne situationer har soldaterne løbende brug for opdateret, tydelig og overskuelig information, for når ens analyseproces, beslutninger og handlinger afgør forskellen mellem liv og død, "[...] even small lapses in SA can have catastrophic repercussions." (Endsley 1995, s.33).

Mica Endsley er tidligere *Chief Scientist* i det amerikanske militær, og er en af de største autoriteter ift. SA, og en af de første, som begyndte at behandle emnet i forskningslitteraturen. Hun har skrevet adskillige artikler i den forbindelse, og er forfatter til Endsley-modellen, som beskriver de forskellige trin og SA-faktorer i en given situation⁵¹. Hendes definition af SA er den, som hyppigst bliver refereret til, når emnet behandles af andre forskere: "Situation awareness is the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future." (Endsley 1995, s.36). Endsleys SA model har således 3 niveauer (perception, forståelse og projektion), som beskrives i figuren nedenfor:

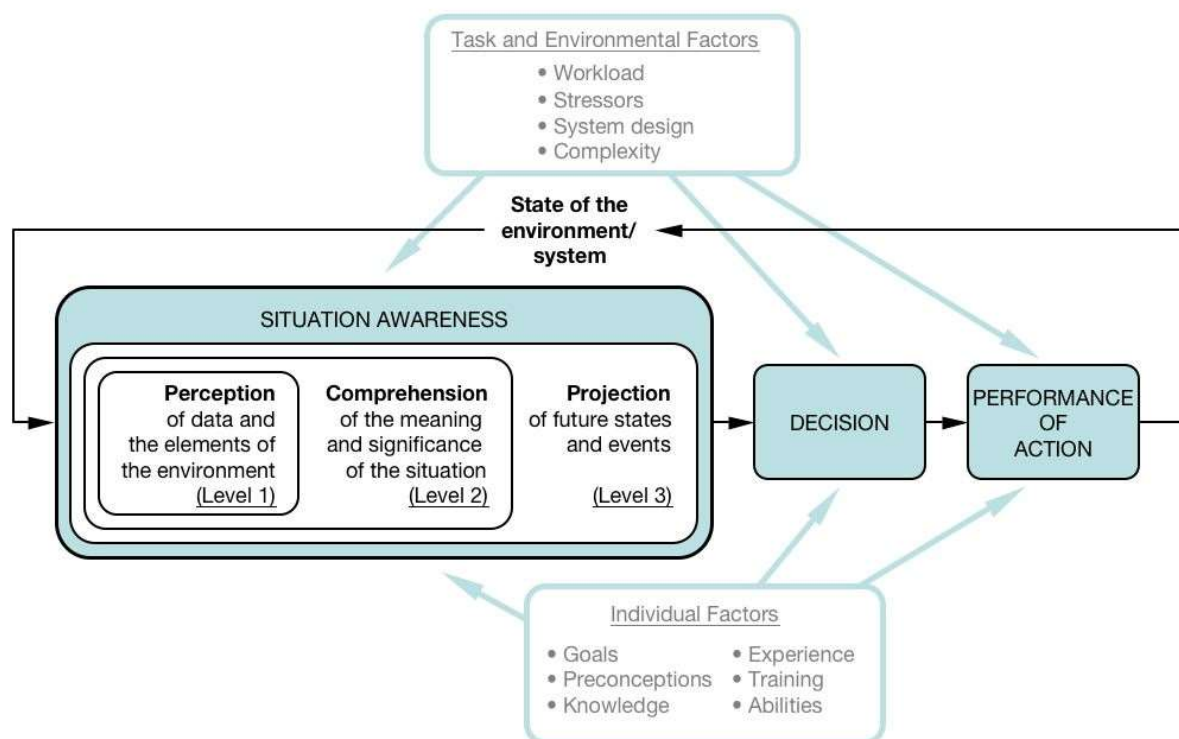
Niveau 1: <i>Perception of the Elements in the Environment</i>	Dette niveau beskriver sensorisk processering af omgivelserne; en soldat ville f.eks. lægge mærke til andre mennesker (soldater såvel som civile), bygninger, køretøjer, terræn og bevoksning. Omfatter bl.a. <i>sensation, cue detection, feature identification, monitoring, awareness of states</i> og <i>perception attention</i> .
Niveau 2: <i>Comprehension of the Current Situation</i>	Dette niveau beskriver den analyserende fase, og her vil soldaten (eller vedkommendes gruppefører, såfremt denne er i direkte kontakt), ud fra den information som er samlet i 1. niveau, forme et holistisk billede af det omkringliggende miljø, og vurdere betydningen af objekter og hændelser heri. Beskrives af Hoffman som <i>apperception</i> ; "the mental process by which a person makes sense of an idea by assimilating it to the body of ideas he or she already possesses." (Hoffman 2015).
Niveau 3: <i>Projection of Future Status</i>	Dette er det højeste niveau af SA, og beskriver evnen til, ud fra informationen som er indsamlet og analyseret gennem de første to niveauer, at forudsige handlingerne af miljøets elementer (i en umiddelbar fremtid) (Endsley 1995).

Tabel 2: Opsummering af Endsleys SA Model.

Disse tre niveauer ses også i fig.9, som visualiserer Endsleys SA model i en nyere, revideret udgave. Som modellen viser, udgør SA den indledende fase af en cirkulær, fortløbende handlingsmodel, med efterfølgende hhv. beslutnings- og handlingsfase:

⁵¹ Denne model har gennemgået flere revisioner gennem tiden, da den er bredt anvendt i litteratur omhandlende SA.

”According to this model, a person's perception of the relevant elements in the environment, as determined from system displays or directly by the senses, forms the basis for his or her SA. Action selection and performance are shown as separate stages that will proceed directly from SA.” (Endsley 1995, s.34). Endsley påpeger, at SA eksplicit er en separat konstruktion fra beslutnings- og handlingsfasen; des mindre SA personen når at opnå inden vedkommende går videre til beslutningsfasen, des mere risikabelt vil udfaldet af handlingsfasen også blive. Selv de bedst trænedte beslutningstagere vil foretage forkerte beslutninger hvis de har upræcis eller ukomplet SA. Omvendt kan en person med perfekt SA stadig foretage en forkert beslutning som følge af dårlig træning, taktik mv.



Figur 9: Endsleys SA model (Lankton 2017).

De opgave- og miljømæssige faktorer, som ses i den øverste kasse, tilskrives at påvirke alle tre trin i handlingsmodellen, hvilket også kan argumenteres for. Arbejdsbyrde og stressfaktorer (f.eks. hvor afgørende situationen/missionen er for succes/overlevelse i en kampsituation, samt evt. beskydning) kan uden tvivl påvirke specielt en mindre erfaren soldat, i alle tre faser. Systemdesign er naturligvis kun aktuelt, når personen benytter sig af informationsteknologi (som f.eks. det førnævnte *Land Warrior*-system eller *real time* elektroniske, interaktive kort), til at forbedre f.eks. perception og til at støtte

beslutningsprocessen, men har også helt klart potentiale til at påvirke alle tre faser. Komplexiteten af situationen eller missionen vil også uden tvivl kunne påvirke performance iht. mindre erfarne (eller stressede) personer, i alle tre faser af modellen.

Individuelle faktorer spiller, som nævnt, også en rolle i Endsleys SA model. Faktorer som forudindtaget opfattelse, erfaring, evner, træning, viden og målsætning vil i alle tilfælde påvirke performance i hver af de tre faser. Specielt erfaring og træning må antages at spille en stor rolle, og til en vis grad kunne modvirke fejl og mangler i både miljømæssige og individuelle faktorer. SA er også fundamentalt forbundet med den eller de målsætninger en person må have i en given situation. Disse kan være både kort- og langsigtede, og derfor prioriteres der løbende ift. den umiddelbare situation. Dette kunne f.eks. være at forsøge at undgå at blive opdaget af fjender i nærheden, da dette ville forhindre en i at udføre et givent mere langsigtet mål. Man prioriterer altså overlevelse i øjeblikket over hurtig eksekvering af missionens overordnede formål. I tilfælde hvor der er flere, måske endda modstridende mål, gøres der enten brug af *top-down* eller *bottom-up* beslutningsproces. (Endsley 1995)

5.1 SA PARADIGMER

Det er dog ikke alle, som mener at SA er et enkelt og veldefineret begreb, som det er beskrevet ovenfor. I et litteraturstudie beskriver Stanton et al. tre forskellige paradigmer, som alle har deres tilgangsvinkel til emnet: “There are those who argue that SA is purely a psychological phenomenon, that it is experienced in the mind of the individual person [...] Others argue that the phenomenon is situated in the world” (Stanton et al. 2010, s.30).

Det synspunkt, som bebuder at SA udelukkende eksisterer i det individuelle sind (også kaldet *SA in the mind*), og derfor er uafhængig af personens tilgængelige informationsteknologi mv, tilskrives psykologien og er muligvis også det mest udbredte. Det andet paradigme (også kaldet *SA in the world*), som primært følges af ingeniører og systemoperatører, beskriver SA som værende integreret i de informationssystemer, de anvender i en given arbejdsituation; f.eks. visuelle displays osv: “In a study of military helicopter pilots using mission planning systems, the authors found that the pilots would refer

to their displays as containing their SA⁵²” (Stanton et al. 2010, s.33). Det tredje paradigme, kaldet *Distributed SA* (DSA), er en kombination af de to første, og er primært et socio-teknologisk synspunkt, specielt udbredt i *human factors* og ergonomiforskning. Her argumenteres det, at SA er en egenskab som opstår af interaktion mellem mennesker og miljø; en form for distribueret⁵³ kognition, som eksisterer både i sindet hos de involverede personer såvel som de objekter de interagerer med. Det betyder, at SA ikke er et rent individuelt fænomen, men derimod en systematiseret bestræbelse, hvor kognition ”deles” af de individuelle aktører, og dermed opnås gennem koordination mellem menneskelige og teknologiske agenter i et kollaborativt system:

Viewing the system as a whole, it does not matter if humans or technology own this information, just that the right information is activated and passed to the right agent at the right time. It does not matter if the individual human agents do not know everything, provided that the system has the information. This view combines the view of SA in the mind and SA in the world, presented in the previous two sections. The perceptual cycle is the foundation for this perspective, as it links mind to action to world back to mind. (Stanton et al. 2010, s.34).

Alle tre paradigmer synes at være velfunderede, og argumenterne for de forskellige holdninger er solide; dog mener jeg ikke, at de alle er lige holdbare eller relevante/dækkende ift. FPS spil. Jeg mener for det første det er ganske evident, at et menneske kan opnå SA uden tekniske hjælpemidler. Det betyder dog ikke, at jeg mener at SA kun eksisterer i det menneskelige sind, for i så fald ville tekniske apparater ikke kunne bidrage til processen - og så ville min hypotese om haptisk forbedret SA jo ikke give mening. På den anden side mener jeg heller ikke, at SA blot eksisterer i den informationsteknologi man benytter sig af - hvilket skyldes, at jeg i høj grad tilskriver mig den overbevisning, at SA påvirkes af alle de individuelle faktorer, som er nævnt i Endsleys SA model. Et eksempel som viser logikken i dette standpunkt, kunne være det *mini-map*, som vises på skærmen i de fleste taktiske FPS spil i dag; hvis man mente at dette var den eneste medie som spilleren kunne tilegne sig SA gennem, skulle man jo også mene at det ikke bidrager til SA hvis spilleren danner sig et overblik over kampsituationen vha. ørerne. Men da jeg netop mener, at f.eks. haptiske hjælpemidler har potentiale ift. at øge SA i FPS spil (og at jeg derfor mener, at mennesket og teknologi *kan* skabe og forbedre SA sammen), mener jeg netop at teorien om DSA er relevant

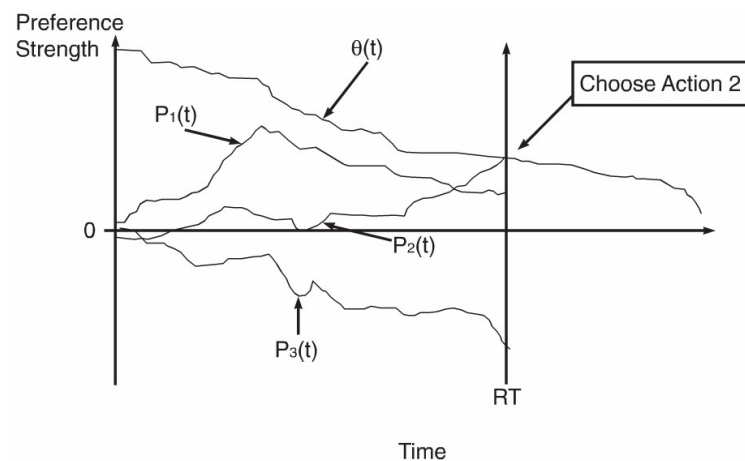
⁵² Hvilket indikerer EC.

⁵³ Kunne også anses som EC.

i denne henseende. Dette kunne f.eks. være gennem implementering af IR kameraer, *mini-maps*, zoom optik, radiokontakt mv. Jeg er klar over, at de tre paradigmer utvivlsomt er langt mere nuancerede, end den fremstilling jeg har beskrevet, men da jeg af pragmatiske grunde har valgt at basere min viden om emnet på litteraturstudiet af Stanton et al., må jeg antage at denne er nogenlunde repræsentativ i sin beskrivelse⁵⁴.

5.2 SEQUENTIAL SAMPLING MODEL

Denne model har til formål at belyse en teori om, hvordan menneskets beslutningsproces fungerer under tidspres. Modellen er hentet fra en militærhåndbog om SA, og er specifikt møntet på hvordan infanteri agerer på slagmarken: “A decision episode occurs whenever the flow of action is interrupted by a choice between conflicting alternatives [...] For example, in a typical decision episode, a commander under enemy fire needs to decide quickly whether to search, communicate, attack, or withdraw based on his or her current awareness of the situation.” (Pew and Mavor 1998, s.150).



Figur 10: Sequential Sampling Model (Pew and Mavor 1998).

Figuren viser de forskellige potentielle handlinger, som soldaten kan tage i denne situation (P_1 - P_3). Disse handlinger har hver deres værdi af præference, som er afbilledet på y-aksen, og denne ændrer sig ift. situationens udvikling. P_1 kunne f.eks. være ønsket om at

⁵⁴ Alternativt skulle jeg jo sætte mig ind i disse tre ret omfangsrige emner, hvilket ligger langt uden for fokusområdet for denne rapport.

bevæge sig frem i terrænet for at få bedre overblik over slagmarken, og knækket ca. 1/3 henne, kunne f.eks. repræsentere et fald i hvor tiltalende denne mulighed er, pga. en pludselig ankommende kampvogn:

At the beginning of the decision episode, the decision maker retrieves from memory initial preferences (initial biases) for each course of action based on past experience or status quo. The decision maker then begins anticipating and evaluating the possible consequences of each action. At one moment, attention may focus on the losses suffered in an attack, while at another moment, attention may switch to the possibility of enemy detection caused by communication. In this way, the preferences accumulate and integrate the evaluations across time. (Pew and Mavor 1998, s.159).

RT grænsen flytter sig frem og tilbage på tidsaksen, ud fra status i den pågældende situation; kommer man f.eks. under beskydning, vil denne bevæge sig mod venstre, og vedkommende vil blive tvunget til at tage den mest tiltalende af mulighederne (dvs. den med højst værdi hvor den krydser med denne tidsgrænse).

Denne model er meget teoretisk, og afhænger naturligvis af individuelle faktorer som erfaring, personlighed osv., men den skal i relevans til dette projekt illustrere en pointe i, hvordan SA kan påvirkes vha. eksterne faktorer. Hvis man f.eks. forestiller sig, at der i et FPS-spil, hele tiden hos spilleren hersker tvivl om man er under beskydning eller ej (i en meget kaotisk kampsituation), vil ens SA være tilbøjelig til at være baseret på et usikkert (og potentielt forkert) grundlag. Dette vil så påvirke de forskellige reaktionskurver, ud fra hvilken type spiller man er. Vurderer man f.eks., at man er under beskydning, og er en defensiv spiller (evt. som finskytte), vil RT-aksen bevæge sig mod venstre (pga. formodet tidspres), og man vil have tendens til at gemme sig og håbe på at situationen forbedrede sig. Men hvis korrekt SA gennem trisensorisk redundans viste sig, at man *ikke* var under beskydning (og derfor heller ikke under det samme tidspres), ville man have mere tid til f.eks. at rekognisere efter fjender, og måske handle offensivt i stedet. Dette kan have stor betydning for udfaldet af en given kampsituation, og i denne sammenhæng er robust perception gennem haptisk augmentation en klar fordel.

5.3 SA I TAKTISKE FPS-SPIL

”Syphon AU” er *gamertag*’et for en erfaren FPS-veteran⁵⁵, som har over 1000 timers spilletid i Battlefield 3 og 4 alene, og han har på hans klans webside⁵⁶ skrevet en artikel om SA, specifikt iht. FPS-spil. Han er ikke i tvivl om, hvor vigtigt det er for en spiller at have god SA i denne type computerspil:

The number one reason people die in an FPS game is due to a lack of Situational Awareness. Without SA, you will play in a purely reactive manner, which means someone shoots at you or comes on your screen suddenly, then you try to shoot back. In a game like Battlefield, that has a short time-to-kill and one hit kill weapons, successfully playing a reactive style game is close to impossible and guarantees failure. (Syphon AU 2017).

Han henviser til, at den gennemsnitlige menneskelige RT er 200ms (hvilket i FPS spil er *lang* tid), og hvis en fjende har et halvt sekunds forspring, er det eneste der kan redde en, modspillerens (forhåbentligt) manglende evner, og/eller at ens egen overlegne motorik (dvs. evnen til at sigte hurtigt og præcist); men chancerne for at vinde sådan en duel er små. Den eneste måde at sikre sig succes er ved at spille proaktivt, og måden man opnår dette på er ved at opretholde et højt niveau af SA. ” The common misconception is that elite players have lightning reflexes, but the reality is that most of them have average reaction times ... but they acquire targets much faster.” (Syphon AU 2017). Dette vil altså sige, at det er spillerens SA niveau der afgør, hvor godt vedkommende kan forudsige fjendernes lokation – og dermed også hvor hurtigt vedkommende når at rette sigtekornet mod samme.

Syphon AU nævner en liste over de faktorer, som har indflydelse på en spillers SA i FPS spil:

- Kortviden (kendskab til gængse ruter og flaskehalse/*choke points*)
- Radarkundskab (evnen til at læse og tyde data præsenteret på *mini map*’et)
- Perception (processering af *in-game cues*)
- Kommunikation (spiller-til-spiller meddelelser)
- *Game Flow* (bevægelser, tab, kampindikatorer i nærheden)
- Parathed (at vide hvornår man skal være klar og hvornår man skal hvile)

⁵⁵ Hans spillestatistik i hhv. Battlefield 3 og 4 kan ses på hhv.:
<http://battlelog.battlefield.com/bf3/soldier/Syphon%20AU/stats/206451865/xbox360/> og
<http://battlelog.battlefield.com/bf4/soldier/Syphon%20AU/stats/206451865/xbox360/>

⁵⁶ http://www.tacticalozgamers.com/situational_awareness.html

There comes a time, when you've played a sport long enough and trained hard enough that the fundamentals of the game become second nature to you. You can execute on the court without thinking about your actions, where everything just slows down and you know what is about to happen, before it even happens. The outcome is preordained and your opponents are mere spectators to the event that is transpiring before their eyes. You've been in this moment before and you'll be in this moment again - this is the place that Situational Awareness takes you. (Syphon AU 2017)

5.4 DESIGN AF SA-TEKNOLOGI

Når man udvikler SA-fremmende systemer, er det vigtigt at evaluere potentialet af disse både før og efter implementering, da: “All system designs are not equal in their ability to convey needed information or in the degree to which they are compatible with basic human information-processing abilities.” (Endsley 1995, s.35). Dette understreger vigtigheden af letforståelige inputs fra de anvendte informationsteknologiske systemer⁵⁷. Det er også vigtigt at tage højde for, at *selective attention* medfører, at mens fokus på et specifikt element vil øge SA omkring dette, vil SA ift. de andre elementer i miljøet falde, hvis den øvre grænse for vedkommendes overblik er nået (hvilket kan ske ret hurtigt i komplekse situationer/miljøer): ”In complex and dynamic environments, attention demands resulting from information overload, complex decision making, and multiple tasks can quickly exceed a person's limited attention capacity.” (Endsley 1995, s.41).

5.5 FORHOLDET MELLEM LYD OG SA

Det er ikke let at finde litteratur, som specifikt omhandler forholdet mellem lyd og SA. Det er derimod let, helt lavpraktisk, at teste lydsidens betydning for SA i FPS spil - man kan blot vende stereoperspektivet om (ved f.eks. at tage hovedtelefoner spejlvendt på). Det bliver hurtigt meget åbenlyst, at lyd pludselig forvirrer ens stedssans ift. omkringliggende hændelser (geværild, motorstøj osv.). Dette viser, hvor meget man faktisk bruger lyd til i sin orientering (også i VM), og hvorfor det er vigtigt at kunne stole på de informationer man får via disse

⁵⁷ Hvorfor det netop er interessant at undersøge f.eks. haptisk augmentation til at afhjælpe begrænsningerne af lydsiden i FPS-spil som fareindikator.

sanseindtryk. Som nævnt tidligere i rapporten, er der mærkbare begrænsninger i lydsiden i nutidens FPS, specifikt ift. at kunne simulere et autentisk lydmiljø, hvilket også kan have store konsekvenser for SA i nogle situationer. Som nævnt tidligere, kan man hverken i Battlefield 3 eller 4 høre, om en med- eller modspiller befinder sig på samme niveau/etage, ud fra lyden af vedkommendes fodtrin (som f.eks. ville lyde "hule" pga. frafiltrering af høje frekvenser, hvis vedkommende stod på etagen over en). Dette bevirker at man, specielt i mindre, bygningscentrerede baner, reelt ikke kan stole på de auditive *cues* man får præsenteret gennem høresansen.

6 DISKUSSION

I dette kapitel vil jeg opsummere rapportens indhold ift. de problematikker, som blev fremsat i kapitel 1 (indledningen), og de formodninger, som jeg indledelsesvist havde da jeg begyndte dette projekt. Dette sker på baggrund af de centrale emner og teorier i rapporten, som har relevans for at kunne vurdere potentialet for haptik ift. de tiltænkte forbedringer i FPS-spil. I diskussionen vil den omtalte teknologi specifikt dreje sig om et mavebælte med vibrotaktile aktuatorer i 8 retninger (i horisontal fordeling), som beskrevet i forrige kapitel (med mindre andet er anført). Dette skyldes, at selv om et omnidirektionel apparat (som f.eks. en vest el.lign.) muligvis kunne have endnu større potentiale ift. den tiltænkte applikation, er mit fokus begrænset af min oprindelige ide om at udvikle en prototype i mavebælte-form. Formålet med dette kapitel er således ikke at præsentere nye teorier, men at sammendrage, reflektere og uddybe iht. at argumentere for, i hvilken udstrækning jeg mener, at haptik kan afhjælpe de problematikker, som er fremsat i problemformuleringen.

6.1 PERCEPTION

Et af de primære problemområder i FPS-spil er som sagt, at det (af forskellige årsager) til tider kan være svært at skabe sig overblik over en given situation, ud fra den information man normalt bliver præsenteret for (gennem lyd og billede). For at kunne løse ”for få” og ”for meget” problematikken ift. informationsmængder⁵⁸, er det - ifølge Carlson – nødvendigt at anvende kognitive mekanismer. Dette er på sin vis korrekt, med mindre man kan gøre informationsmængden mere anvendelig gennem andre metoder⁵⁹. Dette afsnit vil omhandle en vurdering af potentialet ift. at forbedre perception, vha. implementering af haptiske sansestimuli.

6.1.1 PERFORMANCEFORBEDRING VIA HAPTIK

Som nævnt i det indledende kapitel, kan det - især i kaotiske kampsituationer – være svært at skelne mellem kritiske og mindre kritiske auditive (og/eller visuelle) stimuli i FPS-spil; specielt hvis spillyds-motoren ikke er særlig avanceret eller veludført. Jeg havde som

⁵⁸ Beskrevet i kapitel 2.

⁵⁹ Så som gennem SA.

sagt på forhånd en formodning om, at haptisk feedback i en eller anden grad vil kunne udbedre dette problem. Denne formodning er gennem dette projektforsøg, på mange punkter blevet bekræftet, og har derfor udviklet sig til en decideret overbevisning, baseret på bl.a. egen erfaring og forudgående kendskab til emnet, samt det litteraturstudie, som jeg har udført i denne sammenhæng. Dette skyldes primært, at flere af disse kilder påviser en forbedring af perception gennem multimodalt samarbejde, og ift. denne applikation er specielt artiklerne om trisensorisk auditiv/visuel/haptisk perception af afgørende karakter, og påviser performanceforbedringer på flere punkter. Et af disse områder omhandler robusthed gennem redundans; tilstrækkelig information om omgivelserne i en given situation, er jo som sagt afgørende for at vores perception dannes korrekt, og her gør ”jo flere des bedre” -parolen sig gældende, såfremt de forskellige sanser rapporterer kongruente oplysninger (således at de opfylder forudsætningerne for *unity assumption*). Dette fører, som nævnt, bl.a. gennem *multi-sensory enhancement* til højere SR og hurtigere RT – iht. sidstnævnte parameter en forbedring på hele 41% vha. auditiv/visuel/haptisk baseret sansning.

En mere præcis retningsbestemmelse er også et centralt punkt, hvor haptik kan bidrage til perception, specielt ift. signaldetektion gennem redundans. Det er indlysende, at trisensorisk perception gennem *multi-sensory enhancement* naturligvis er mest robust, hvis en angriber befinder sig indenfor både synsfelt såvel som rækkevidde for hørelsen (des kortere afstand des bedre), når man bliver ramt af skud. På denne måde har man mulighed for både percipere lysglimt af geværild såvel som lyden heraf og et taktilt prik i maveregionen, i den retning som angriber skyder fra. Men hvad så, hvis angriber *ikke* befinder sig indenfor disse rammer? Virker trisensorisk perception overhovedet, hvis man f.eks. bliver skudt i ryggen? Også her mener jeg, at tilføjelse af haptiske signaler er en fordel, for praktisk talt alle FPS-spil giver visuelle såvel som auditive faresignaler, når man bliver ramt af skud. Det er korrekt, at incitamentet til dette projekt, i høj grad bygger på den holdning, at disse signaler ofte ikke er særlig effektive til at indikere angribers position. Ofte er en evt. visuel retningsindikator (en pil el.lign.) ikke særlig tydelig⁶⁰, andre gange eksisterer den ikke (og skadesindikator er i så fald ofte blot f.eks. røde glimt eller blodpletter i skærmkanten), og de auditive faresignaler kan let overhøres i kampens hede. Men det ændrer ikke ved det faktum, at faresignalerne i langt de fleste tilfælde *forekommer*, og uanset hvor tydelige de er eller ej, *bidrager* alle tre

⁶⁰ Eller også kan den pågældende situation være for hektisk til, at man føler at man har tid eller overskud til at fokusere på denne.

signaltyper gennem deres respektive modaliteter til perception. Én ting er jeg i hvert fald overbevist om: man kan næppe være *dårligere* stillet ved at tilføje haptik, ikke mindst fordi denne teknologi stemmer overens med *modality appropriateness*-teorien på den måde, at det jo netop er naturligt at føle taktile stimuli, når man bliver ramt af projektiler (i den virkelige verden). Hvor effektiv den trisensoriske perception så bliver, afhænger af fideliteten af de individuelle faresignaler, og hvor godt de tilsammen kan fordre robust perception unity assumption. Men hvad så hvis spillyds-motoren er dårligt designet? Kan de multimodale stimuli så stadig opnå UA? Dette er et punkt, jeg kun kan gisne om; men jeg antager, at såfremt den multimodale gennemsnitsmekanisme er præcis nok, vil det ikke være afgørende for det samlede perceptionsindtryk. O’Callaghan argumenterer jo: “[...] crossmodal biases and recalibrations enhance the reliability of perception in the face of noisy, fallible, or imprecise sensory stimulation.” (O’Callaghan 2008, s.10).

6.1.1.1 AFLASTNING

Andre kilder påpeger også berøringssansen som en god aflastningsmulighed i tilfælde af *sensory overload*, hvilket som sagt i høj grad kan være et problem i FPS-spil (Price et al. 2013; Jones og Sarter 2008). Her fyldes skærmen ofte med visuelle indikatorer om *health status*, *minimap*, skadesindikationer samt visuelle kampeffekter (eksplosioner mv.), og lydfladen med eksplosioner, skudsalver, råb fra med- og modspillere samt motorstøj – tilsammen kan dette stimuli-kaos let overbebyrde ens sanseapparat. Man kunne jo så argumentere, at haptik potentielt kunne forværre denne situation, da dette ville *tilføje* sansestimuli, uden at man nødvendigvis fjerner signalmængden fra de andre modaliteter. Dette synes dog ikke umiddelbart at være et problem: “[P]erformance with the tactile display is less affected by the introduction of a secondary (cognitive) task than performance without the tactile display.” (Spirkovska 2005, s.18). Dertil kommer, at man aflaster psyken *generelt* ved at reducere ambiguitet af stimuli, og dermed skaber vished om faresignaler, så man ikke hele tiden skal bekymre sig om risikoen for at overhøre eller -se indikationer på, at man bliver beskudt (hvilket kan påvirke SA i positiv retning, ifa. stressreducering). Dette problem har man ikke i samme grad når man anvender auditiv/visuel/haptisk trisensorisk sansning, og man kan derfor koncentrere sig om mere langsigtede mål, end blot umiddelbar overlevelse.

6.1.1.2 NUANCERET HAPTISK FEEDBACK

Der er, som nævnt tidligere i rapporten, flere forskellige muligheder for at indkode polysemantiske informationer i haptiske signaler. Et eksempel på dette kunne være, at man præsenterede retningsbestemt proksimitets-information i bæltet; dette kunne eksempelvis være diskrete vibrationer i to af bæltets aktuatorer, som indikerede retning af en fjende der nærmede sig. Et andet eksempel kunne være *health status* indikation; en tiltagende, pulserende hjerterytme kunne således advare når dette niveau blev kritisk lavt. I denne sammenhæng skal man dog være varsom, da kilder omtalt i denne rapport jo netop viser, at der er begrænsninger ift. hvor nuanceret et signal man kan anvende⁶¹, uden større risiko for mistolkning. I denne henseende kunne meget nuanceret information potentielt gøre mere skade end gavn; f.eks. kunne man forestille sig, at det på sigt kunne medføre desensitivisering (som gjorde, at man var mindre opmærksom på andre - mere vigtige - haptiske signaler). Denne formodning er baseret på Endsleys udtalelser⁶² om, at systemer skal være kompatible med den menneskelige perceptionsproces; derfor er letforståelige inputs afgørende for succes. Dette gør sig som sagt specielt gældende for præsentation af absolutte værdier, men i mindre grad ved mere markante forskelle i amplitude-niveau, såfremt at disse er tilstrækkeligt tydelige. Det *burde* dog være muligt at anvende tre eller fire forskellige niveauer, som – foruden at indikere retning på angriber/farekilde – også kunne give indikation på, hvor meget skade man tager⁶³. Dette kunne i særdeleshed være en fordel, da man på denne måde også ville få en fornemmelse af, hvor kritisk den givne situation var; hvis man mærker et specielt hårdt ”tryk” (som f.eks. indikerer et *health/armor*-tab på 75%), kunne dette indikere, at angriberen sandsynligvis var en finskytte – hvilket betyder, at informationen også har bidraget til at identificere hvilken type fjende der er tale om.

Hvis man sammenholder disse oplysninger med relevant auditiv stimulus (lyden af affyring af riflen), vil man endda også i nogle FPS-spil kunne vurdere omtrentlig afstand til fjenden. I eksempelvis Battlefield 3 og 4, kan spillyds-motoren på relativt realistisk vis simulere de tre faktorer, som blev beskrevet i kapitlet om perception: lydens hastighed, Stokes lov og afstandsbetinget frekvensfiltrering. Dette kunne forløbe på følgende vis: først ville man mærke projektilet ramme én, med en given slagkraft (hvilket man så tager mental notits af), og såfremt at man endnu ikke har hørt skuddet, noteres igen mentalt det tidsrum,

⁶¹ Ikke mindst fordi at frekvens og amplitude kan påvirke hinanden ift. perception.

⁶² Jf. kapitel 5.

⁶³ Spirkovska definerer fire niveauer som det maksimale antal (Spirkovska 2005).

som forløber inden dette detekteres (hvor man denne gang tager notits af lydstyrke). Hvis denne tidsforskydning f.eks. er på omkring 1 sekund, vil man vide, at fjenden befinder sig ca. 3-400 meter væk. Denne information ville så kunne sammenlignes med klangen af geværskuddet (såfremt det er muligt at høre det⁶⁴), for at vurdere, om frekvensfiltreringen understøtter denne vurdering eller ej⁶⁵. Man kunne naturligvis spørge, om denne slags slagmarks-analyser ikke kunne fungere lige så godt vha. lyd og billede alene (dvs. bisensorisk sansning)? Dette mener jeg ikke, at det kan - netop pga. de førnævnte forbedringer i bl.a. RT og robusthed ift. signadetektion, som kan opnås gennem trisensorisk sansning.

6.1.1.3 REFLEKSION

Jeg er derfor af den overbevisning, at haptik i denne sammenhæng absolut har stort potentiale i forbedring af sansning og den resulterende perception; specielt på følgende parametre:

- Det er lettere at detektere, om man bliver ramt af skud eller ej.
- Dette kan give ro i sindet, specielt i hektiske situationer.
- Hvis man rammes af skud, er det (vha. trisensorisk perception) både hurtigere og mere præcist, at retningsbestemme angribers retning.
- Såfremt der er tale om nuanceret haptisk stimuli, kan dette bruges til at gøre vurdering af angribers position og potentiale ift. skadevirkning.

6.2 PRESENCE

Ifølge Spirkovska (2005), er ønsket om at forbedre realismen i VM, et af årsagerne til forskning i haptik, hvilket understreger vigtigheden af tiltag som dette. Et vibrotaktilt bælte kunne iflg. den definition, som blev fremsat af Slater et al. (1996), betegnes som at repræsentere immersion. Jeg mener dog som sagt ikke, at dette er tilfældet, da både immersion og presence efter min mening er psykologiske fænomener. Spørgsmålet i problemformuleringen i dette aspekt, lød på hvilket potentiale haptiske apparater har for at øge presence, og her mener jeg også, at dette er entydigt plausibelt.

⁶⁴ Denne type lyde kan let drukne i den samlede lydflade, specielt i ”travle” *maps*.

⁶⁵ Den årvågne spiller vil naturligvis allerede på dette tidspunkt have reageret på beskydningen, enten ved at søge dækning eller vende sig mod fjenden.

Som det blev beskrevet i kapitel 2, kan implementering af haptiske signaler være med til at skabe et mere virkelighedslignende VM⁶⁶, hvilket jo som defineret er forudsætning for at kunne opnå presence. Dette bakkes op af egne (tidligere) undersøgelser⁶⁷, hvor vibrationer gennem ryggen gjorde, at man følte sig mere som en del af handlingen⁶⁸; en observation som i øvrigt synes ganske evident, for hvis man udsættes for et ”slag”, når man rammes af et (virtuelt) projektil, er det jo nærliggende at antage, at dette må øge oplevelsen af at være en del af det VM⁶⁹; ”To the extent that the stimuli in the physical location fit in with the VE stimuli, they may be integrated to form a meaningful whole.” (Witmer og Singer 1998, s. 226). Witmer og Singer definerer også faktorer som multimodal præsentation, scene-realisme og konsistent multimodal information, som værende afgørende for en oplevelse af presence. Konsistent, multimodal information er, som nævnt i ovenstående afsnit, netop hvad trimodal perception kan tilbyde; dette kombineret med et mere realistisk VM (vha. ”den ekstra” modalitet), bør derfor have en positiv indflydelse på oplevelsen af presence.

Ifølge Mestre (2015), vurderes den anvendte teknologi ift. at kunne isolere spilleren fra den virkelige verden, via parametre som informationens fidelitet, *latency* og multimodal stimulation. I denne forbindelse har haptik utvivlsomt et stort potentiale ift. at forstærke disse mekanismer, da dette jo netop er tilføjelse af modal stimulation. Dette fordrer presence på den måde, at totaloplevelsen gennem forbedret (virtuel) perception, forstærker presence og fornemmelse af repræsentantskab – hvilket igen er forbundet til spillerens adfærd (for des højere oplevelse af presence, des mere agerer man i det VM, som man under normale omstændigheder); hvis man lever sig ind i spillets handling, vil man også få en mere real-lignende oplevelse af frygt for at ”dø” i det VM; ”In our view presence is important because the greater the degree of presence, the greater the chance that participants will behave in a VE in a manner similar to their behavior in similar circumstances in everyday reality.” (Mestre 2005, s.5).

⁶⁶ Dvs. end det ”normale” bimodale VM.

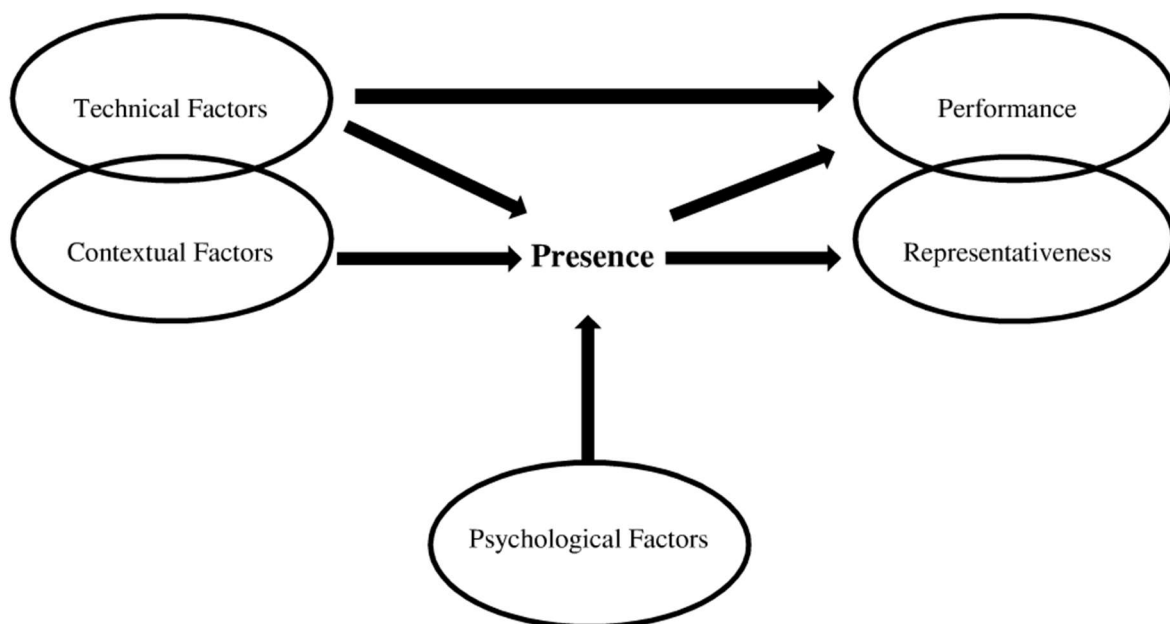
⁶⁷ Foretaget i et tidligere projekt. Dette kan dog kun betegnes som en forundersøgelse, og har derfor ikke nogen endegyldig akademisk betydning.

⁶⁸ Specielt i de situationer, hvor hele kroppen ryster, når en granat går af i den virtuelle nærhed.

⁶⁹ Og i denne henseende, må ”hårdheden” af denne stimulus, antages at have betydning for i hvor høj grad dette gør sig gældende.

6.2.1 FORHOLD MELLEM PRESENCE OG SA

Ifølge Prothero et al. (1995), er disse to fænomener tæt forbundet, i den forstand af niveauet af SA afhænger af (spatial) presence, dels i relation til et fænomen kaldet “spatial adaptation”, dels i forbindelse med “information filtering”: “"Presence" and "situation awareness" are overlapping constructs. Presence implies that observers perceive their self-orientation and self-location with respect to an environment.” (Prothero et al. 1995, s.1). Dette forhold understøttes også af Mestre, i henhold til det føromtalte fænomen ”repræsentantskab” i et VM. I nedenstående diagram, vises de forbindelser, som indgår i denne konstellation:



Figur 11: Presence. (Mestre 2015, s.3)

I diagrammet ses hvordan psykologiske såvel som kontekstuelle faktorer, har indflydelse på presence. Presence påvirker igen performance og repræsentantskab, og tekniske faktorer (som f.eks. haptiske apparater) har indflydelse på både presence og performance - og derfor også på SA (som er en iboende del af presence). Haptik kan således have betydning for ikke kun presence, men også for performance iht. RT, præcision osv.

6.3 SITUATION AWARENESS

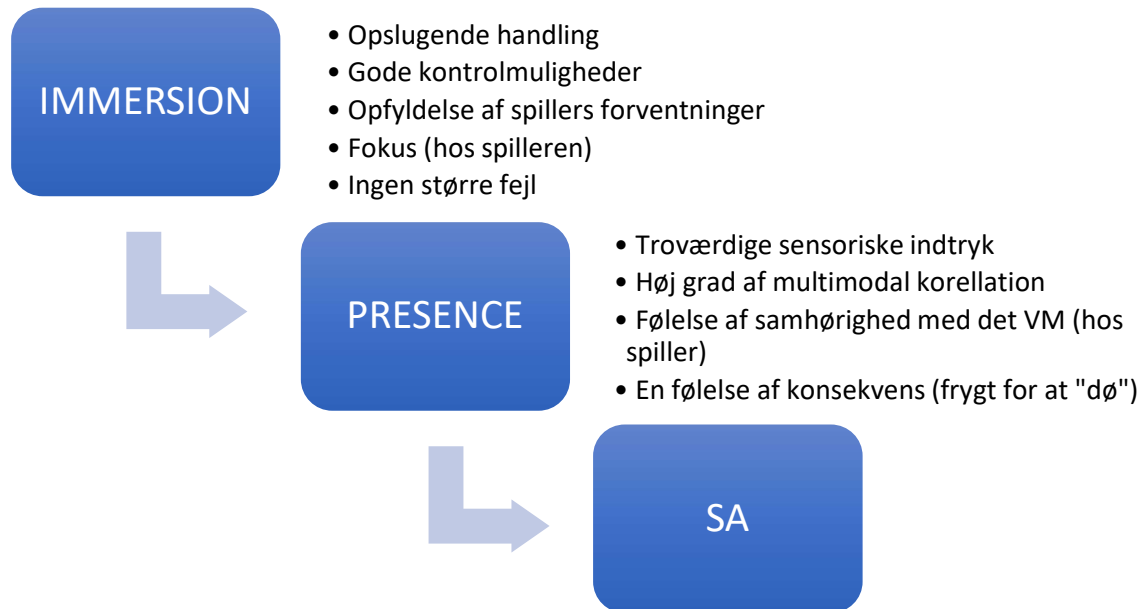
Overordnet handler SA om at have overblik over en given situation. Et velfunderet overblik har rod i hurtig og præcis sansning og derfra kommende perception. Endsleys model fungerer som en glimrende målestok for, på hvilke parametre haptik har potentiale ift. at forbedre SA. I første niveau gælder dette iht. sansning, monitorering og *cue detection*. Som det er beskrevet ovenfor, er der åbenlyse fordele i at anvende haptik til disse formål (jf. trisensorisk sansning); at disse parametre er velfunderede og robuste, er altafgørende for det efterfølgende forløb. Andet niveau omhandler betydningsvurdering af de objekter og hændelser, som befinder sig i det omkringliggende miljø. Her er det netop afgørende, at man har perciperet omgivelserne så præcist som muligt, hvorfor den robusthed som trisensorisk perception kan give, kan betyde den afgørende forskel ift. chancen for succes. Også i det tredje niveau, har denne haptisk forstærkede perception mulighed for at gøre en forskel. Et eksempel på dette kunne være hvis spilleren ikke har opdaget, at vedkommende er blevet ramt af skud, og vedkommende så vælger at indtage en offensiv position, i stedet for en defensiv. Man har på denne måde ikke formået at forudsige situationen i den nære fremtid, hvilket åbenlyst kan have katastrofale følger, da jo (som sagt) [...] even small lapses in SA can have catastrophic repercussions.” (Endsley 1995, s.33). Uanset dine evner som spiller eller holdleder i et FPS-spil, vil risikoen for fejlagtige beslutninger være stor, hvis SA er upræcis eller ukomplet.

Potentialet i denne henseende, for et lignende apparat (kaldet *TactaBelt*) er udviklingsteamet heraf ikke i tvivl om: ”Applications [...] include delivering vibrotactile contact cues to users of virtual environments, providing directional cues in order to increase situational awareness in both real and virtual environments” (*Lindeman et al. 2006, s.203*).

Jævnfør teorien om distribueret SA, mener jeg at det er ganske åbenlyst, at haptik kan hjælpe spilleren på dette parameter. Hvis perception bliver bedre via denne teknologi, forbedres SA jo netop gennem et samarbejde mellem menneske og det haptiske system.

6.4 OPSUMMERING

Ifølge Prothero et al. (1995), er der således grund til at antage, at øget presence kan lede til forbedret SA (da disse er tæt forbundet). Rapporten indeholder adskillige, stærke indikationer på, at haptik kan bidrage til en mere komplet oplevelse af presence i et VM. Ud fra disse antagelser, kan man opstille følgende reaktionsrække:



Figur 12: Forhold mellem immersion, presence og SA.

7 FRAMEWORK

Der er, som talemåden lyder, ikke nødvendigvis nogen grund til at ”opfinde den dybe tallerken”, når der allerede findes lignende teknologi, lade sig inspirere af. Derfor er specielt den tekniske del af dette framework også baseret på eksisterende forskning med forskellige apparater, som er sammenlignelige med den udformning, jeg mener er brugbar ift. den tiltænkte funktionalitet. Det er, som nævnt tidligere i rapporten, vurderet at et apparat i bælteform er fyldestgørende til dette formål. Dette skyldes bl.a., at dette er forholdsvist let (og økonomisk) at udvikle i sammenligning med f.eks. en vest, og at retningsbestemmelse på horisontalt plan er et godt udgangspunkt at tage afsæt i⁷⁰. Dertil kommer, at dette apparat også potentielt set vil kunne inducere en oplevelse af presence gennem kropslighed, vha. forholdsvist kraftige, lavfrekvente vibrationer i maveregionen.

Der findes, som nævnt i indledningen, kommercielle produkter som hævder at forbedre spiloplevelsen på nogle af de punkter, som dette projekt har til formål at undersøge og behandle. Problemet med disse produkter er imidlertid, at der (så vidt vides) ikke forelægger nogen beviser for disse påstande, og det derfor ikke er muligt at vurdere ud fra et akademisk synspunkt, med mindre man selv udfører de nødvendige tests (på samtlige produkter) – hvilket af indlysende årsager ligger langt udenfor dette projekts rækkevidde. Derfor vil jeg ikke søge at sammenligne med disse produkter, men vil i stedet inddrage en række bæltelignende apparater, som er udviklet i akademisk regi, og derfor har dybdegående dokumentation herfor. På den måde kan jeg lade mig inspirere af den teknologi, teori og problemstillinger, som er beskrevet i dette kildemateriale, uden at skulle udføre denne (temmelig omfattende) forskning selv.

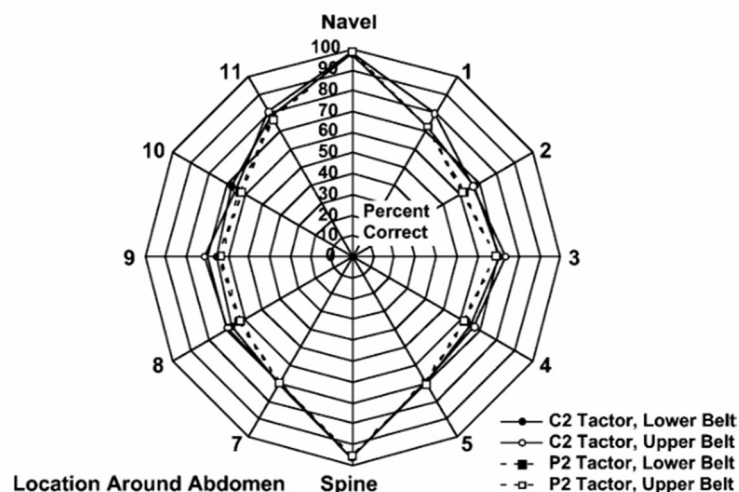
Det skal påpeges, at dette framework skal anses som værende et indledende skridt, som indeholder anbefalinger man kan tage til efterretning, såfremt man ønsker at designe en prototype, og ikke som nogen endegyldig facitliste. Da dette projekt er af teoretisk art, og at jeg netop ikke har afprøvet teknologien i praksis, vil empiriske tests højst sandsynlig belyse uforudsete fejl eller mangler heri, og dette framework vil derfor skulle gennemgå op til flere revisioner, før det kunne fungere som en decideret guide.

⁷⁰ Grundet emnets allerede komplekse natur, er det formodentlig fornuftigt at starte i den mere simple ende af spektret.

7.1 EKSISTERENDE FORSKNING

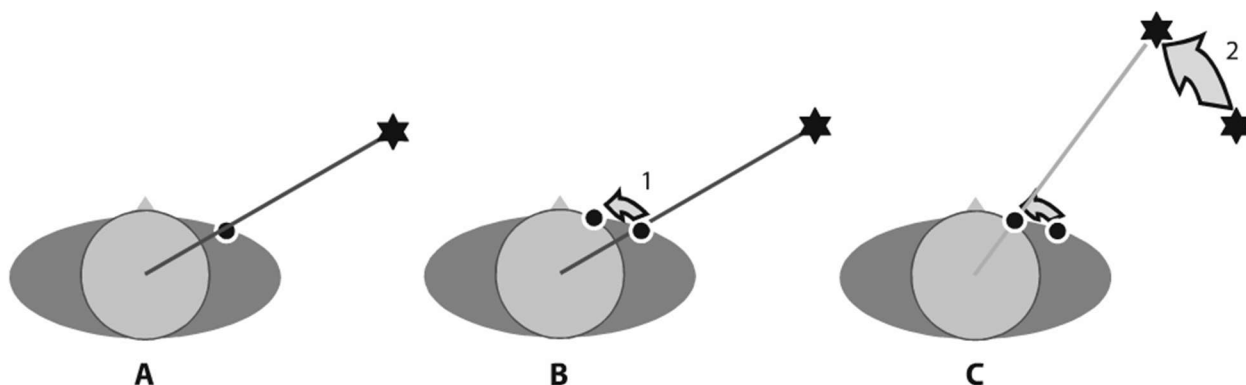
De artikler, som er henvist til i dette afsnit, indikerer generelt at denne type apparat har potentiale ift. retningsbestemmelse – dog med forbehold for visse begrænsninger og udfordringer, som kan have betydning for specielt præcisionen af denne applikation.

Forsøg med et bælte med 12 taktorer distribueret ligeligt omkring maveregionen, har vist, at der kan være udsving i præcision og følsomhed områderne imellem; specielt siderne var mindre præcise end for- og bagregionerne: “[T]he characteristics of the body underlying the skin vary greatly as one moves around the abdomen from the area of the navel, over the gut, and around to the muscles of the lower back to the spine.” (Cholewiak, Brill, og Schwab 2004, s.972). Nedenstående figur illustrerer disse udsving:



Figur 13: Præcision ift. horisontal retning (Cholewiak, Brill, og Schwab 2004, s.979).

Denne tendens ses også i forsøg foretaget af van Erp (2008), som gør opmærksom på, at dette over afstand kan have stor betydning for evnen til præcist at udpege retning af kildens udspring, hvilket illustreres i nedenstående figur:



Figur 14: Skalering af præcisionsudsving (van Erp 2008)

Her ses det, at relativt små udsving i retningsbestemmelsen, ift. f.eks. fjendedetektion i FPS-spil, kan have stor betydning for hvilket område man umiddelbart vil søge efter farekilden i. Denne faktor gør sig også gældende, hvis man vælger at anvende et meget lavt antal stimuluspunkter; selv ved anvendelse af 8 retningspunkter, er der op til 22° af usikkerhed. Dette ville f.eks. opstå hvis en fjende befandt sig i denne retning ift. ens navlepunkt, da der jo i dette tilfælde kun eksisterer taktorer i 0° og 45° vinkel – og i så fald vil systemet være nødsaget til at vælge det stimuluspunkt, som ligger tættest på. Dette betyder, at hvis målet er 200m ude, kan denne usikkerhed være op til $\sim 81\text{m}$! Med kun 4 taktorer ville denne usikkerhed stige til $\sim 193\text{m}$ (44°). Men da dette dog er maksimal usikkerhed, vil den reelle gennemsnitlige usikkerhed dog “kun” være 39m (11°) i dette eksempel. Dette betyder ikke, at teknologien er uanvendelig, men det understreger, at man skal være klar over at der kan være udsving i præcisionen af denne type apparater.

I et forsøg med netop 8 taktorer, viser Tsukada og Yasumura (2004) dog, at dette antal er tilstrækkeligt til dette formål. Selvom forskning viser, at maveregionen har en opløsning på ca. 40mm ved midten, og 120mm ved siderne, er præcisionen ved apparater med 12 aktuatorer alligevel er så upræcis, at flere aktuatorer ikke vil have en positiv effekt. Dette synspunkt understøttes i et andet forsøg med 8 taktorer, hvor det konkluderes, at: “[E]ven a simple configuration, such as eight tactors arrayed around the torso, can be effective in increasing situational awareness in a building-clearing task, compared to users who perform the same task without the added cues.” (Lindeman et al. 2006, s.203)⁷¹. Der er altså også her

⁷¹ Dette forsøg er ganske vist en indledende undersøgelse, men da den peger mod samme tendenser, som lignende forskning, mener jeg godt at man med dette forbehold kan tillægge det en vis værdi.

indikationer på, at denne type apparater har potentiale ift. at forbedre retningsbestemmelse og dermed også SA.

7.2 TYPER AF TAKTORER

De tre mest almindelige typer af taktile apparater, som kan tilføre huden stimulus, er elektriske, pneumatiske (lufttryks-baserede) og elektromekaniske. Førstnævnte teknologi er ikke brugbar til den tiltænkte applikation i dette projekt, da disse fungerer ved at stimulere huden med elektriske impulser, og ikke via vibrationer” (Spirkovska 2005). Dette ville muligvis være effektivt ift. at udpege bestemte retninger, men ikke til f.eks. at ”ryste” kroppen – en nødvendighed hvis presence gennem kropslighed skal opnås. Pneumatiske apparater har bestemte fordele, som er unikke for denne teknologi; bl.a. evnen til at udsætte huden for et konstant tryk⁷². Dertil kommer, at disse kan give præcis, lokaliseret stimulus, som ikke forplanter sig i et større område (Spirkovska 2005). Dog er teknologien for langsom til at kunne simulere vibrationer, som dem man ville føle, hvis f.eks. en kampvogn passerede tæt på. Dertil kommer, at pneumatik kræver en kompressor for at kunne virke, hvilket ville gøre systemet mindre portabelt og mere tilbøjelig til nedbrud, end f.eks. vibrotaktile aktuatorer – som netop konstituerer den mest optimale løsning til applikationen i dette projekt. Disse findes i to varianter, den såkaldte *eccentric rotating mass actuator* (fig.15), som normalt anvendes i konsol *game pads*, og *circular voice coil actuators* (fig.16).



Figur 15: *Eccentric rotating mass actuator*



Figur 16: *circular voice coil actuators*

⁷² En funktionalitet, som er oplagt til kinæstetiske applikationer.

I forhold til denne applikation ville jeg mene, at det er sidstnævnte af disse typer, som er optimale at anvende. Dette skyldes, at der er en tendens til, at disse hurtigere når sin maksimale ydeevne, hvilket åbenlyst er en fordel, hvis man skal opretholde unity assumption ift. de audiovisuelle stimuli.

7.3 FYSIOLOGISKE BEGRÆNSNINGER I ANVENDELSE AF HAPTİK

Anvendelsen af haptik til informationsoverførsel har dog nogle begrænsninger, som hovedsageligt stammer fra modalitetens forholdsvist lave opløsning - hvilket f.eks. har direkte indflydelse på det antal distingverbare beskedmønstre, som kan opfattes og tolkes. Dette gør sig gældende på flere parametre, som vil blive gennemgået i dette afsnit.

Der er naturligvis begrænsninger for, hvor tæt stimuli-punkter kan placeres på huden, mens man stadig kan differentiere mellem impulser herpå. Dette gør sig dog næppe gældende for den type apparater som har potentiale ift. denne applikation (dvs. mavebælter, veste mv.), da aktuatorer (som kan tilføje tilstrækkelig med kraft) normalt er af en størrelse som overskrider flere centimeter i diameter. For den mest præcise adskillelse mellem stimuluspunkterne, er det vigtigt, at aktuatorerne hviler let på huden, og ikke trykke ind mod knoglerne, for dette vil bevirke, at vibrationerne forplantes herigennem og videre ud i kroppen (Spirkovska 2005). Et andet aspekt, som man skal tage højde for, er indkodning af medbetydning i signalerne. Forsøg har vist, at opfattelsen af amplitude og frekvens hænger sammen. Dette vil sige, at hvis man ændrer frekvensen, vil dette påvirke hvor kraftige vibrationerne synes at være. Dette skyldes bl.a., at vi er specielt følsomme ift. vibrationer i frekvensområdet omkring 250Hz, og derfor opfatter vibrationer i dette område som stærkere, end hvis de f.eks. var af den dobbelte frekvensrate (Spirkovska 2005; Price et al. 2013; Tsukada og Yasumura 2004). Derfor vil det optimale være, at holde frekvensen i dette område, og lade en evt. indkodning af medbetydning ske gennem amplitudeudsving. I forhold til denne funktionalitet, skal man tage forbehold til, at der også er begrænsninger for, hvor mange forskellige niveauer man kan skelne imellem, når der varieres i hvor kraftige vibrationerne er. Forskellen mellem to værdipunkter skal således være af en vis størrelse, før er det muligt at differentiere herimellem – hvilket implicit indikerer, at amplitude ikke er særlig egnet til at repræsentere absolutte værdier.

8 OPSUMMERING OG PERSPEKTIVERING

Selv om, at diskussionen indeholder den argumentation, som gør, at jeg mener at der er stort potentiale for yderligere implementering af haptik i *gaming accessories*, vil jeg afslutteligt opsummere hvordan (ift. problemformuleringen), jeg mener at dette gør sig gældende.

Gennem et litteraturstudie har jeg tilegnet mig viden om, hvordan den menneskelige perception fungerer (og hvor den begrænses i VM), specielt ift. høre- og berøringssansen, og dette har gjort mig bekendt med, hvor effektivt og særdeles afgørende det auditive/visuelle/haptiske trisensoriske samarbejde vist sig at være i denne sammenhæng. Det er ud fra denne viden, at jeg er overbevist om, at den overordnede perception kan styrkes via et apparat med den rette konstellation af disse stimuli.

Jeg nærer heller ingen tvivl, om potentialet til at styrke oplevelsen af presence i de VM, gennem anvendelsen af denne teknologi. Dette kan både opnås fysisk, gennem fornemmelsen af kropslighed som afstedkommer af (forholdsvist kraftige) vibrationer fra apparatet, men også via den øgede fornemmelse for SA, som kan opnås herigennem. Når man føler, at man er i situationen, vil man også agere derefter – hvilket igen er forstærkende for oplevelsen indlevelsen i det VM.

Det har vist sig, at trisensorisk synergi har været langt mere effektiv, end jeg havde turdet håbe på. Haptik har øjensynligt kæmpe potentiale i at forbedre både RT, målsøgning og generel performance.

8.1 PERSPEKTIVERING

Det er, som rapporten nok antyder, kun lige overfladen af dette enorme emneområde, som jeg har berørt gennem dette arbejde. Der er mange andre applikationer til denne type teknologi, f.eks. som hjælpemidler til navigationssystemer for svagtseende, ligesom det kunne være ekstremt spændende at undersøge mulighederne for at anvende haptik som

substitut for lydsiden i FPS-spil, således at hørehæmmede også kan få øget glæde af denne, efter egen mening, utroligt underholdende aktivitet.

Men hvorfor stoppe ved den haptiske modalitet? Som jeg kort var inde på, kunne man potentielt set gøre specielt oplevelsen af presence i det VM, vha. apparater som kunne simulere vind, temperatursvingninger og lugt – og *så* kunne man pludselig forestille sig, at man netop *følte*, at man f.eks. stod i en fugtig grotte, med et ådselslugtende monster lige foran sig; specielt hvis man så også gjorde brug af højopløselig VR-teknologi.

VR teknologien er i disse år i rivende udvikling, og jeg er ikke i tvivl om, at der i denne sammenhæng vil blive endnu større efterspørgsel på apparater, som kan bidrage til den totale spiloplevelse – og jeg har bestemt tænkt mig at gøre alt, for at få lov at ride med på denne bølge.

LITTERATURLISTE

- Bengt-Pedersen, Carsten, Claus Bundesen, and Raben Rosenberg. 2017. "Perception". Gyldendal.
- Bracken, and Skalski. 2006. "Presence and Video Games: The Impact of Image Quality and Skill Level."
- Brookshire, Bethany. 2014. "How Brains Filter the Signal from the Noise". News. April 1.
- Carlson, NR, D Heth, H Miller, J Donahoe, and GN Martin. 2009. "Psychology: The Science of Behavior."
- Carlson, Neil R. 2013. *Physiology of Behavior*. 11th ed.
- Cholewiak, Roger, Christopher Brill, and Anja Schwab. 2004. "Vibrotactile Localization on the Abdomen: Effects of Place and Space." *Perception & Psychophysics* 66 (6): 970–987. doi:10.3758/BF03194989.
- Endsley, Mica. 1995. "Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems." *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 37 (1): 32–64. doi:10.1518/001872095779049543.
- Ermi, Laura, and Frans Mäyrä. 2005. "Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion." *Worlds in Play: International Perspectives on Digital Games Research* 37 (2).
- Glennie, Evelyn. 2017. "Hearing Essay."
- Grey, James. 2017. "Steamcharts."
- Grimshaw, M. 2015. "A Brief Argument For, and Summary Of, the Concept of Sonic Virtuality." *Danish Musicology Online*. http://vbn.aau.dk/ws/files/224558182/dmo_saernummer_2015_lyd_musikproduktion_05.pdf.
- Grimshaw, M, J Charlton, and R Jagger. 2011. "First-Person Shooters: Immersion and Attention." *Eludamos. Journal for Computer Game Culture* 5 (1): 29–44.
- Gureckis, Todd. 2017. "Robots, Brains, and the Mind."
- Hecht, David, and Miriam Reiner. 2009. "Sensory Dominance in Combinations of Audio, Visual and Haptic Stimuli." *Experimental Brain Research* 193 (2): 307–314. doi:10.1007/s00221-008-1626-z.
- Hoffman, Robert. 2015. "Origins of Situation Awareness: Cautionary Tales from the History of Concepts of Attention." *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 9 (1): 73–83.
- Howard, DM, and J Angus. 2009. *Acoustics and Psychoacoustics*.

- Jones, Lynette, and Nadine Sarter. 2008. "Tactile Displays: Guidance for Their Design and Application." *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 50 (1): 90–111. doi:10.1518/001872008X250638.
- Lankton. 2017. "Situation Awareness". Online leksikon.
- Liljedahl, M. 2010. "Sound for Fantasy and Freedom." In .
- Lindeman, Robert, Yasuyuki Yanagida, Haruo Noma, and Kenichi Hosaka. 2006. "Wearable Vibrotactile Systems for Virtual Contact and Information Display." *Virtual Reality* 9 (2-3): 203–213. doi:10.1007/s10055-005-0010-6.
- Matthews, Michael, Lawrence Shattuck, Scott Graham, Joseph Weeks, Mica Endsley, and Laura Strater. 2001. "Situation Awareness for Military Ground Forces: Current Issues and Perspectives." *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 45 (4): 351–355. doi:10.1177/154193120104500418.
- McLeod, Saul. 2008. "Selective Attention."
- Mestre, Daniel. 2015. "On the Usefulness of the Concept of Presence in Virtual Reality Applications." *International Society for Optics and Photonics*: 93920J–93920J–9. doi:10.1117/12.2075798.
- Ng, Annie, and Alan Chan. 2012. "Finger Response Times to Visual, Auditory and Tactile Modality Stimuli" 2: 1449–1454.
- Parise, Cesare, and Charles Spence. 2012. "Audiovisual Crossmodal Correspondences and Sound Symbolism: A Study Using the Implicit Association Test." *Experimental Brain Research* 220 (3-4): 319–333. doi:10.1007/s00221-012-3140-6.
- Pew, and Mavor. 1998. "Modeling Human and Organizational Behavior: Application to Military Simulations."
- Price, Sara, Carey Jewitt, Barry Brown, and Eve Hoggan. 2013. *The SAGE Handbook of Digital Technology Research*. sage. doi:10.4135/9781446282229.n23.
- Prothero, J. D., D. E. Parker, T. A. Furness III, and M. J. Wells. 1995. "Towards a Robust, Quantitative Measure of Presence." In , 359–366. Daytona Beach: Embry-Riddle Press.
- Reiner, Miriam, and David Hecht. 2009. "Behavioral Indications of Object-Presence in Haptic Virtual Environments." *CyberPsychology & Behavior* 12 (2): 183–186. doi:10.1089/cpb.2008.0141.
- Saddik, El, Orozco, Eid, and Cha. 2011. "Haptics Technologies: Bringing Touch to Multimedia."
- Schafer, RM. 1993. "The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World." <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=-FsoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Schafer,+R.+M.+The+soundscape&ots=kyl5uV9HQL&sig=1lxf1nN3yy22y-wlnoLE8k8M1M>.

- Sella, Irit, Miriam Reiner, and Hillel Pratt. 2014. "Natural Stimuli from Three Coherent Modalities Enhance Behavioral Responses and Electrophysiological Cortical Activity in Humans." *International Journal of Psychophysiology* 93 (1): 45–55. doi:10.1016/j.ijpsycho.2013.11.003.
- Slater, Linakis, Usoh, and Kooper. 1996. "Immersion, Presence, and Performance in Virtual Environments: An Experiment with Tri-Dimensional Chess."
- Spence, and Squire. 2003. "Multisensory Integration: Maintaining the Perception of Synchrony."
- Spirkovska. 2005. "Summary of Tactile User Interfaces Techniques and Systems."
- Stanton, Neville, Paul Salmon, Guy Walker, and Daniel Jenkins. 2010. "Is Situation Awareness All in the Mind?" *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 11 (1-2): 29–40. doi:10.1080/14639220903009938.
- Syphon AU. 2017. "SITUATIONAL AWARENESS."
- Tan, Gray, Young, and Taylor. 2003. "A Haptic Back Display for Attentional and Directional Cueing."
- Tsukada, Koji, and Michiaki Yasumura. 2004. *ActiveBelt: Belt-Type Wearable Tactile Display for Directional Navigation*. Vol. 3205. springer. doi:10.1007/978-3-540-30119-6_23.
- Van Erp, Jan. 2008. "Absolute Localization of Vibrotactile Stimuli on the Torso." *Perception & Psychophysics* 70 (6): 1016–1023. doi:10.3758/PP.70.6.1016.
- Walther-Hansen, Mads, and Mark Grimshaw. 2016. *Being in a Virtual World: Presence, Environment, Salience, Sound*. acm. doi:10.1145/2986416.2986425.
- Warren, David, Robert Welch, and Timothy McCarthy. 1981. "The Role of Visual-Auditory 'compellingness' in the Ventriloquism Effect: Implications for Transitivity among the Spatial Senses." *Perception & Psychophysics* 30 (6): 557–564. doi:10.3758/bf03202010.
- Weibel, and Wissmath. 2011. "Immersion in Computer Games: The Role of Spatial Presence and Flow."
- Wilcox-Netepczuk. 2013. "Immersion and Realism in Video Games-The Confused Moniker of Video Game Engrossment."
- Wilson, Margaret. 2002. "Six Views of Embodied Cognition." *Psychonomic Bulletin & Review* 9 (4): 625–636. doi:10.3758/BF03196322.
- Witmer, BG, and MJ Singer. 1998. "Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire." *Presence: Teleoperators and Virtual ...*. doi:10.1162/105474698565686.
- ZAMPINI, SIMILIANO, and CHARLES SPENCE. 2004. "The Role Of Auditory Cues In Modulating The Perceived Crispness And Staleness Of Potato Chips." *Journal of Sensory Studies* 19 (5): 347–363. doi:10.1111/j.1745-459x.2004.080403.x.