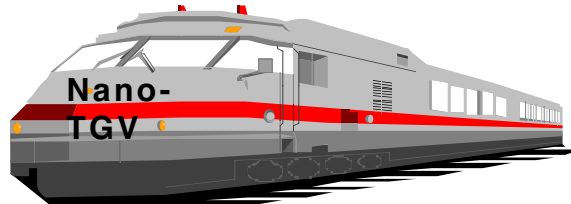


Smart Textiles :

Dream it, and it will be smart textile

Deel 3 : biomimetica, de nano-TGV en andere toestanden¹

Prof. dr. M. Van Parys



1. Biomimetica : extractie van ideeën uit natuur's trukendoos

Observatie van de natuur heeft geresulteerd in de grootste menselijke ontwikkelingen. Doorheen de geschiedenis van de wetenschappelijke ontdekkingen, heeft de mens de natuur steeds als inspiratiebron genomen. Biomimetica is dan ook een formulering van hetgeen men in feite al duizenden jaren doet nl. kopiëren van de natuur. Wat de wetenschap nu dringend probeert klaar te krijgen, doet de natuur al miljarden jaren met onnavolgbare precisie : het rangschikken en transporteren van moleculen en andere bouwstenen. Biomimetische studies van vogels (pluimen en veders) en planten (schaalstructuur en stomatoporiën) worden ondernomen met het oog op de ontdekking van ingenieuze systemen zoals de controle van de waterdruk van planten en dieren teneinde ideeën te extraheren en te extrapoleren van natuurlijke producten naar textielmaterialen.

Klassieke voorbeelden zijn microvezels die een kopie zijn van zijdevezels of bicomponentvezels die een blauwdruk zijn van wolvezels (met para- en orthocortex als samenstellende delen). Recente ontwikkelingen zijn o.a. de productie van 'spider-silk', bluesign-textiel en structureel gekleurde vezels.

Biotechnologie : spider silk - klonen

Macromoleculaire synthese van polymeren door middel van biologische routes zal steeds frequenter gebeuren. De nood aan een verfijnde 'tailoring' en uniformiteit van de macromoleculaire structuur is nooit zo groot geweest. Ook traditionele chemicaliën zullen frequenter langs biologische weg aangemaakt worden. Petroleumproducten zijn dan ook niet langer alleen de uitgangspunten, koren, rijst, bieten en zelfs aardappelen zullen in de toekomst vaak de 'nieuwe' basisproducten zijn. Comfortvezels zullen dra gesponnen worden startend van chemicaliën die gefermenteerd worden uit bijv. suikers.

Vandaag kennen we natuurlijke vezels zoals cellulose, gebaseerd op natuurlijke uitgangspunten zoals houtpulp, katoen of andere plantaardige materialen en de eigenlijke synthetische vezels, gemaakt uit petrochemische producten en natuurlijk gas. Morgen zal een derde vezelklasse nl. 'natuurlijke synthetica' geïntroduceerd worden uit landbouwgewassen, resulterend in nieuwe vezels en dito eigenschappen die we vandaag zelf nog niet kunnen voorstellen, laat staan dromen...

De firma DuPont heeft reeds een pilootinstallatie gebouwd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van genetisch verwante micro-organismen om diverse basismaterialen aan te maken. Bij de fermentatie van glucose worden intermediaire producten geproduceerd die kunnen gebruikt worden voor de synthese van o.a. polyamide en polyester. Het biologische proces overstijgt zelfs de verwachtingen. DuPont overweegt momenteel een mogelijke commercialisering hiervan.

De transformatie van suikers in alcohol door microorganismen is niet nieuw en reeds meer dan 4000 jaar gekend. Met de komst van de genetische engineering wordt sturing van de complexe en verfijnde structuur van biologische systemen mogelijk, resulterend in de vorming van moleculen die normaliter moeilijk via de klassieke syntheseswegen kunnen aangemaakt worden. Voorbeeld is de aanmaak van het polytrimethyleen tereftalaat (3 GT)-polymeer (lees : Corterra) die gekenmerkt wordt door bijzondere eigenschappen in vergelijking met het klassieke polyethyleen tereftalaat (2GT). De commercialisatie van Corterra is tot nu toe sterk vertraagd door de dure

aanmaak langs traditionele weg van een van de basismaterialen nl. het propaandiol ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$). De firma DuPont is er momenteel in geslaagd dit dialcohol langs biologische weg te synthetiseren. Door deze biologische syntheseroute wordt de polyestervezel Corterra competitief.

Het succes en revolutie van de biomimetica wordt echter vooral geïllustreerd door de succesvolle creatie van het synthetische 'spider silk', een kopie van natuurlijke zijde. Spider silk is het meest frappante voorbeeld van biopolymeren met 'verrassende' eigenschappen niet eigen aan conventionele synthetische vezels. Bovendien wordt spider silk gekenmerkt door een geringe massa, elastische eigenschappen en een uitzonderlijke taaiheid. Deze opgedane kennis kan bovendien ook aangewend worden om bestaande elastische materialen zoals Lycra en polyamide te verfijnen.

Reeds miljoenen jaren hebben spinnen immers geleerd om fijne draden in hun spinnenweb te produceren. Het spinnenweb werkt eenvoudig en betrouwbaar. Het is een vernuftig systeem waarbij de draden zo sterk zijn dat ze niet breken wanneer een vlieg of ander insect verstrikt geraakt in het systeem. Terzelfdertijd fungeert het als een uiterst gevoelig informatiesysteem die alle indringers doorgeeft aan de spin en voorkomt dat de indringer kan ontsnappen. Wanneer een vlieg verstrikt geraakt in de kleverige draden, produceert het vibraties die de aandacht van de spin trekken. De spin kan aldus zelfs de kleine indringer lokaliseren en detecteren (gewicht zelfs lager dan 0,1 mg). De sterkte van het web hangt af van de draden. Bepaalde spinnen kunnen tot acht verschillende draden produceren met hun natuurlijke spinopening. Met een diameter van slechts enkele duizenden van een mm, kunnen deze proteïnedraden een hoge treksterkte hebben en weerstaan aan hogere belastingen in vergelijking met staaldraden (vijfmaal meer resistent) en tweemaal elastischer dan PA. De diameter van de meeste draden bedraagt enkele mm (ter vergelijking: een menselijk haar is ongeveer 0,1 mm dik). In bepaalde gevallen kunnen de draden zelfs de vergelijking met Kevlar-aramidevezels doorstaan. Beide vezels hebben een vergelijkbare treksterkte. Nochtans heeft een Kevlar-draad enkel een verlenging van 4 % van zijn originele lengte bij breuk. Draden van spinnenwebben hebben een verlenging van ongeveer 30 %. Deze speciale en unieke eigenschappen bieden interessante eigenschappen. Wanneer op een dag dergelijke materialen commercieel geproduceerd zouden kunnen worden, zijn potentiële mogelijkheden o.a. lichte helmen en ander beschermmateriaal zoals kogelvrije vesten en parachutekoorden. Deze grondstoffen zijn uitermate geschikt voor dergelijke toepassingen daar het materiaal zelfs bij extreme koude condities (- 40 °C) elastisch blijven en slechts een weinig bros worden bij nog lagere temperaturen.

Door het gebruik van het recombinant DNA en het onderkennen van het mechanisme waarmee een spin zijde maakt, zijn wetenschappers van DuPont erin geslaagd 'spider silk' aan te maken. Het spider silk staat model voor een nieuwe generatie van geavanceerde materialen. Geavanceerde computersimulatieprogramma's worden toegepast voor de design van moleculaire modellen en hun integratie in alle beschikbare informatiesystemen teneinde een uitgebreide databank aan te leggen over deze biovezel. Synthetische genen worden designed en geëncodeerd die matchen aan de zijdeproteïnen. Deze genen worden geïmplementeerd in gist en bacteriën voor de productie van zijdeproteïnen. De proteïnen worden opgelost en vervolgens gesponnen tot biozijdevezels.

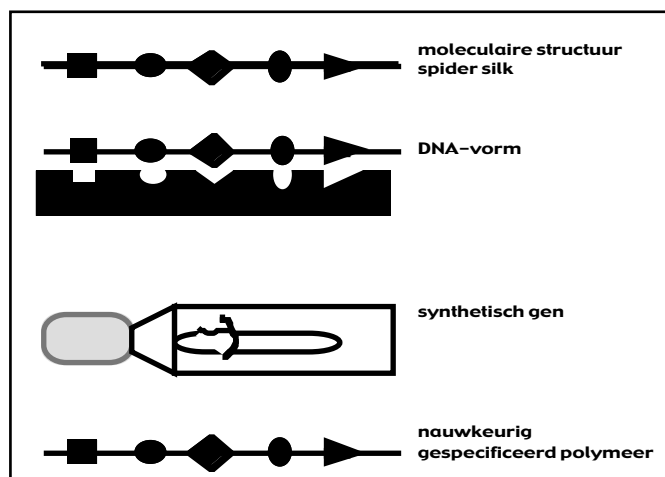


Fig 1 : biosynthetisch schema - nauwkeurig gespecificeerde moleculen

Op korte termijn zal de biotechnologie de ontwikkeling van nieuwe geavanceerde materialen mogelijk maken waarvan we vandaag zelfs nog niet durven dromen.. De enige vraag blijft; zullen onderzoekers slimmer worden dan de natuur? In het raam van de complexe microstructuur van deze proteïnen is deze taak zonder meer moeilijk of niet eenvoudig. De natuur is immers altijd een grote stap op ons vooruit.

Draagcomfort

Kleding kan behalve het verminderen van weerstand door lucht en water ook substantieel bijdragen tot het comfort van de actieve sportbeoefenaar. Onder het motto 'The better you feel, the better you perform' ontwikkelde Acordis de vezels Outlast, Cortelle Micro, en Amicor respectievelijk voor de regulering van warmte en vocht, alsmede voor het beheersen van bacteriën en schimmels. In rust produceert het lichaam een energie van ca 100 Watt, maar bij grote inspanningen kan dit oplopen tot 1000 Watt. Daarbij komen warmte en vocht vrij. Geringe afwijkingen van lichaamstemperatuur naar beneden of naar boven worden als onaangenaam ervaren. Denken we maar aan de onaangename adiabatische afkoeling wanneer een zwemmer uit het water komt. Dit onaangenaam ervaren kan ten koste gaan van de prestaties. Nieuwe intelligente vezels en kledij moeten de afvoer van vocht ten opzichte van katoen met circa 48 procent en de droogselheid met circa 36 procent verhogen. Het plakken van vochtige kleding aan de huid wordt bij gebruik van MicroCortelle met liefst 25 percent gereduceerd ten opzichte van katoen en de warmte-isolatie bij vochtige kleding 22 percent beter. Gebruik van juiste vezels in kleding kan de afvoer van vocht en grote schommelingen in lichaamstemperatuur voorkomen. Niet alleen de vezels zijn daarbij belangrijk maar ook de lagen waaruit kleding is opgebouwd. Microporeuze (Goretex) of hydrofobe (Sympatex) membranen zijn thermo-regulerende multilagen waardoor het lichaamsvocht snel afgevoerd wordt en resulteert in een beter koelen effect, zelfs bij hoge temperaturen en hevige transpiratie.

Warmte kan ook opgeslagen worden om later afkoeling van het lichaam te voorkomen. Daartoe wordt PCM's gebruikt zoals parafine. Door microcapsules in het materiaal van kleding in te bouwen wordt overtollige warmteenergie gebufferd om te worden vrijgesteld als het lichaam dreigt af te koelen. Dit is vooral interessant bij het sporten waarbij de temperatuur binnen korte keer wisselt. Ook ergonomische aspecten zoals pasvorm, design, bewegingselasticiteit en grip, naadverwerking en dergelijke zijn aan de orde van de dag. Ook bescherming tegen het weer en tegen UV-straling is belangrijk topic.

Materiaal met minder luchtweerstand kan toegepast worden in dekzeilen van vrachtauto's, tenten en zonneschermen. Mindere waterweerstand kan belangrijk zijn bij vloeistoffiltratie door lagere drukval over de filters. Temperatuursregeling kan toegepast worden in tal van beroepskleding zoals slaggers, chauffeurs en bestellers die vaak aan extreme temperatuurschommelingen blootgesteld worden. Vocht- en warmteregulatie kunnen van belang zijn voor bouwvakkers, wegwerkers, maar ook voor schermdoek in de glastuinbouw. Intelligent textiel kan leiden tot aanpassing van textieleigenschappen aan veranderingen van micro- of macroklimaat. Wat te denken van een regenjas die pas waterdicht wordt als het regent, en bij droog weer ventileert.

Lichtreflectie kan gebruikt worden voor temperatuursbeheersing of heldere zichtbaarheid. Bij bepaalde temperatuur kan textiel stof afgeven zoals geurstoffen of medicijnen.

Stomatex - natuur's ademend systeem

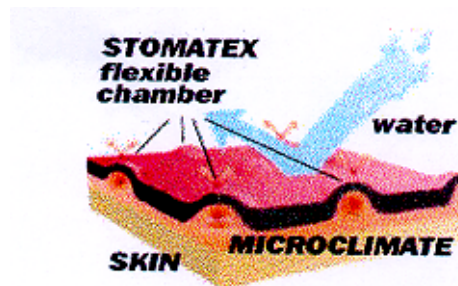
De perceptie van comfort is steeds relatief en wordt beïnvloed door een groot aantal factoren. Het is echter moeilijk één bepaalde factor als de dominante voorop te stellen, doch in termen van de manier waarop we iets 'voelen' zijn warmte, vochtigheid en textuur van deze materialen waarmee we in contact zijn, zeer significant. De mens is warmbloedig, de lichaamstemperatuur wordt op 37 °C gehouden door verschillende thermoregulerende mechanismen. Nochtans is de geschiktheid om deze status te behouden in uitzonderlijke en extreme omgevingscondities gelimiteerd. In een poging om dit probleem op te lossen, werd de traditionele benadering van ademende systemen zoals microporeuze membranen en comfortvezels verlaten. In de plaats daarvan werd door de firma Proline een nieuw ingenieus ademend systeem ontwikkeld, gecommmercialiseerd onder de naam Stomatex. De inspiratie van Stomatex komt uit de natuur. Het systeem imiteert de manier waarop de bladen van planten ademen door middel van een vernuft transportmechanisme, gekend als Stomata. Het concept van Stomatex richt zich tot comfortproblemen geassocieerd met het onbehagelijk gevoel die men ondervindt bij het dragen

van nietademende kledij. In Stomatex wordt de ingesloten damp of zweet echter efficiënt verwijderd door middel van 'micropompen', gevormd in het lichaam van het substraat (ter informatie : waterdampdoorlaatbaarheid bedraagt 5000 gm/m²/24 u). Het systeem is equivalent met ademende kledij opgebouwd uit thermoregulerende meerlagenstructuren (lees : o.a. Gore-tex en Sympatex). Wanneer dicht tegen de huid gedragen, vormt Stomatex dan ook een perfect microklimaat die resulteert in een hoog comfort, zelfs bij langdurig gedragen.

Stomatex vertegenwoordigt een nieuwe dimensie in de design van bescherm-, overlevings- en sportkledij, bestemd voor personen die vaak aan extreme omgevingscondities blootgesteld worden. Stomatex combineert een efficiënte thermische bescherming en optimale comforteigenschappen. Gesloten cellulaire schuimmaterialen op basis van neopreen en polyetheen dragen bij tot de ademende eigenschappen van Stomatex. De firma Proline brengt twee versie op de markt nl. Stomatex PE en Stomatex NE

Stomatex NE is ideaal voor strak omsluitende zonder compromissen op het niveau van beweegelijkheid. Stomatex PE is lichter en bovendien prijsgunstiger in vergelijking met de neopreenversie. Stomatex PE wordt vooral gebruikt in meerlagenkledij en schoeisels waar gewicht een belangrijke en bepalende factor is.

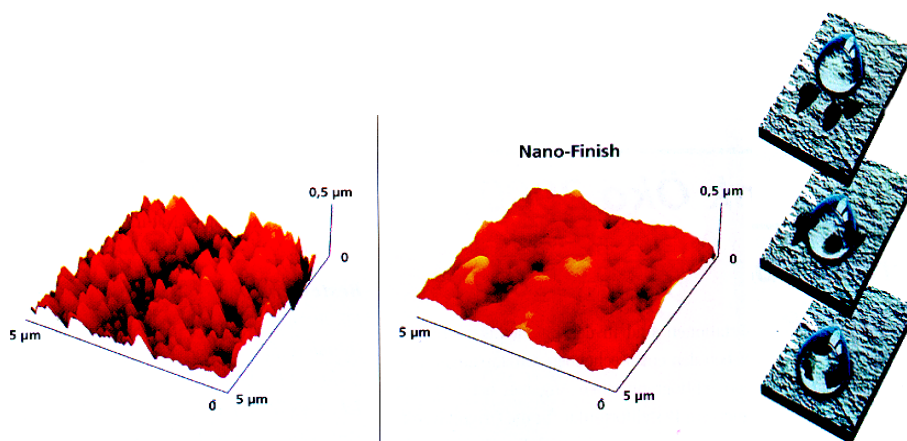
Ook therapeutische toepassingen zijn mogelijk. Orthomedische verbanden en therapeutische ondersteuners gemaakt uit Stomatex NE hebben een duidelijk voordeel t.o.v. conventionele elastische dragers. Ze kunnen namelijk de therapeutische warmte leveren en terzelfertijd zorgen voor een compressive ondersteuning.



Figuur 2 : ademend mechanisme van Stomatex

Bleusign - zelfreiningsingseffect : imitatie van het blad van een lotusbloem

Botanici hebben reeds lang vastgesteld dat het blad van de lotusbloem , symbool van de reinheid, steeds rein blijft en niet bevuilt. Elektronenmicroscopische opname toont aan dat de schubbenachtige structuur van het bladoppervlak de bevuilingsdeeltjes slecht hechten zodat de eerste fijne regen reeds voldoende is om het vuil gemakkelijk af te spoelen. De extrapolatie van dit idee naar de textielindustrie werd verwezenlijkt door een consortium van bedrijven zoals Ciba Special Chemicals, 3M, EMS-chemie, Acordis, KUAG, Nike, Rudolf Chemie, Schoeller. De ontwikkeling van de nanotechnologie maakt het mogelijk het zelfreinigende effect van een lotusblad op synthetische vezels na te maken door het aanbrengen van een nanofinish op het substraatoppervlak. Dit wordt geïllustreerd door figuur .



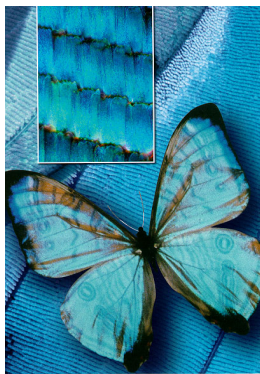
figuur 3 : Bleusign-textiel (Schoeller-CH)

Structureel gekleurde vezels

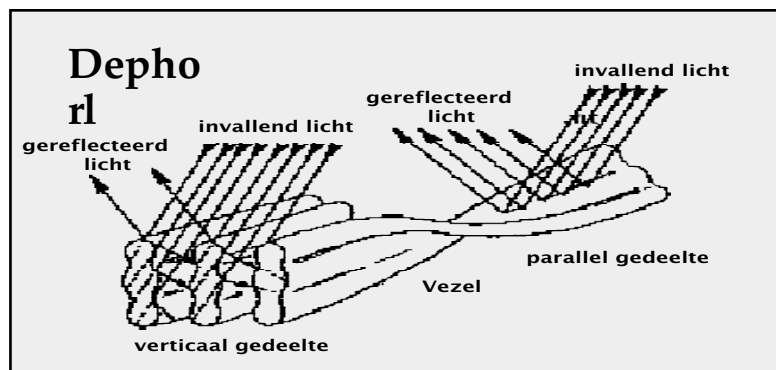
De kleur van dieren en planten hun oorsprong in de aanwezigheid van bepaalde pigmenten. Bepaalde insecten, zoals Morpho Sulkowkyi-buttervlinder maar ook vogels zoals de kolibri bezitten geen pigmenten, toch tonen ze door optische effecten karakteristieke levendige blauwe en andere kleuren. De vleugels van bepaalde insecten en pluimen van kolibti's genereren immers kleur door een extreem fijne geometrische vorm. Deze kleurvorming is nl. het gevolg van de interferentie van gereflecteerd licht, resulterend uit de karakteristieke lamellenstructuur in de buitenste mantellagen. Fundamenteel onderzoek van dit verschijnsel resulteerde in de ontwikkeling van nieuwe optische vezels met een meerlagenstructuren met strikte controle van de verschillende laagdiktes. Deze vezels zijn het resultaat van een enge samenwerking tussen Nissan (principe van kleur), Tanaka (ontwikkelen van de juiste spindop) en Teijin (spintechnologie).

De bekomen kleurtint van deze vezels is zuiver, metalliek en transparant; een effect dat normaliter niet met een klassiek systeem te bekomen is en dat naargelang de gezichtshoek van waaruit de waarnemer kijkt, verandert van violet naar blauw of van groen naar rood. De gekleurde filamenten ontwikkelen door lichtinterferentie violette, blauwe, groene en rode kleuren. De ontwikkelde vezel heeft een 61-lagenstructuur samengesteld uit PES en PA. Deze twee polymeren wisselen elkaar af in een meerlagenstructuur; elke laag heeft een dikte van ca. 0,017 micron. De dikte wordt gevarieerd in functie van de gewenste kleur. Meer nog, de multilagenstructuur (kern) wordt bedekt door polyestermantel. Het monofilament wordt gekenmerkt door een platte doorsnede en heeft een fijnheid van ca. 11 dtex. Het is echter ook mogelijk fijnere vezels te maken met een titer variërend van 3,3 tot 5,6 dtex. De sterkte van dergelijke vezels bedraagt 3-4 g/dtex, verlenging 25-45 % en de krimp in kokend water 1-5 %. De applicatie van dergelijke vezels kan zich in verschillende toepassingen situeren gaande van huishoudtextiel, kleding, autobekleding en multigekeurde pigmenten in de vorm van stapelvezels voor het kleuren van de car-body of kunstmatig leer. Wat te denken van kledij of zitmeubelbekleding die continu van kleuren veranderen van kleur gedurende de dag.

De spinmethode om deze vezels te vervaardigen heeft de experimentele fase reeds achter de rug. De ontwikkeling van de productietechnologie bevindt zich momenteel in semi-industriële schaal.



Figuur 4 : Morpho Sulkowkyi-vlinder



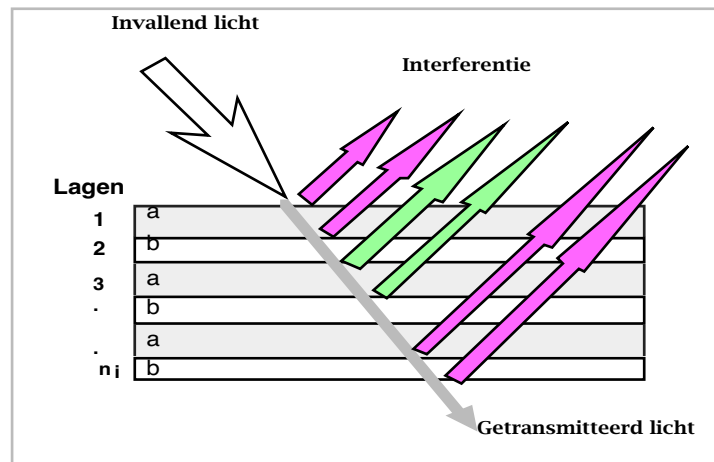
Figuur 5 : optische Delphor-vezel

Tabel 1 : eigenschappen van interferentievezels

Grondstoffen	polyester & polyamide
Vezels	monofilament metb een fijnheid van 3-10 dtex vlakke doorsnede kern-mantel structuur kern : 61 lagen mantel : transparant
Eigenschappen	treksterkte : 3 - 5 cN:dtex rekbaarheid : 24-45 % krimp bij kooktemperatuur : 1-5 %
Kleuren	violet, blauw, groen, rood zuivere metalliektint kleurverandering door variatie van de lichtsinvalshoek

Een gelijkaardig voorbeeld is de Delphor-vezel, ontwikkeld door Kuraray (J) (figuur 5). Het

diepgekleurd effect resulteert uit de onderdrukking van de lichtreflectie aan het vezeloppervlak. De vezel wordt gekenmerkt door een geconjugeerd of bicomponentenstructuur. Door de S/S-configuratie van twee polymeren met verschillend krimpgedrag worden platte filamenten bekomen die vervolgens torsen door een temperatuursbehandeling. Het optisch mechanisme van dergelijke vezels wordt verduidelijkt in figuur 6.



Figuur 6 : effect van invallend licht op een meerlagenstructuur

3. 'If we are really good the soldier of 2025 will be as effective as the tank of 1995'

De ontwikkelingen van toekomstige gevechtspak zijn gebaseerd op de integratiemogelijkheden van INTEXT-(lees : interactief textiel) textiel in een gevechtspak. Op korte en middellange termijn zullen verschillende INTEXT-materialen geïncorporeerd worden in diverse componenten van het toekomstige gevechtspak.

De soldaat zal in de nabije toekomst pakken dragen die lichter en weinig volumineus zijn en die hem bescherming bieden tegen kogels, andere projectielen, chemisch-biologische wapens, koude/warmte en vlammen. Hij zal beschikken over een kameleonpak werkend over een breed gedeelte van het elektromagnetisch spectrum.

Ingebedde vezeloptische en elektrogeleidende draden voor communicatieve doeleinden zullen geïntegreerd worden in het toekomstige gevechtspak. De soldaten zullen kunnen beschikken over een real-time datacommunicatiesysteem en netwerk. Transmissie en ontvangst van de data in visuele of gehoordisplay's zullen de traditionele handsignalen en voice communicatie vervangen. Accessoires op of in het textiel verwerkt, zullen gebruikt worden om signalen uit te zenden. De helm zal een communicatiegear bevatten.

Geïntegreerde chemische/biologische (CB) bescherming is een ander beoogd item voor de soldaat. Materialen die dit objectief kunnen invullen worden grondig onderzocht en geëvalueerd door de textileindustrie, de academische wereld en de overheid. Natick Soldier Center wetenschappers (USA) ontwikkelen momenteel selectief doorlaatbare membranen voor CB-bescherming. Deze intelligente membranen verhinderen de penetratie van chemische producten in zowel de vloeibare als gas(damp)vorm, doch laten waterdamp (zweet) door. Het individu is derhalve volledig beschermd van de chemische bedreiging terwijl het comfort (lees : ademend karakter) behouden blijft.

Artificiële spieren(musculatuur) kunnen geïntegreerd worden in delen van het toekomstige gevechtspak. De soldaat's uitrusting en vracht zoals communicatie-instrumenten, voedsel, water, gevechtspak zullen voor de drager een geringere last betekenen.

Onderzoek uitgevoerd aan de Universiteit van New Mexico heeft aangetoond dat bepaalde synthetische vezels (o.a. artificiële zijde) en ionische metaalhoudende composieten, elektrisch gestimuleerd worden, m.a.w. onder invloed van een uitwendige stimulans kunnen ze uitzetten of contracteren, analoog zoals levende weefsels. Deze materialen kunnen eventueel gestimuleerd worden met behulp van een elektrische ontlading vooraleer de soldaat marcheert zodat de vracht naar boven of naar onder wordt verplaatst in functie van het totale gewicht en de voorkeur van de soldaat.

Ondergoed zal continu de fysiologische toestand van de drager bewaken door controle van vitale functies zoals dehydratatie-niveau, huidtemperatuur, hartsnelheid en bloeddruk. In noodsituaties zal een vlugge en efficiëntere verzorging kunnen gebeuren daar textiel het mogelijk zal maken real time-gegevens aan het urgentieteam door te geven van bijv. de plaats van de kogel- en

fragmentatie-inslag alsook de ernst van de verwondingen. Deze informatieoverdracht kan zelfs op afstand gebeuren. Uniformen zullen de beweeglijkheid van de soldaat assisteren door middel van een activatie (verandering van fysische eigenschappen zoals flexibiliteit) van het textiel fungerend als artificiële spieren. Vitale en kritische nutriënten (voedingsstoffen), geïncorporeerd in textiel zullen gecontroleerd vrijgesteld worden aan de huid en dit op kritische momenten met als doel de gezondheid, voedingsniveau en gevechtsefficiëntie van de soldaat te vrijwaren of zelfs te verbeteren.

These boots are made for walking ... and talking



Ook intelligente schoenen zullen deel uitmaken van de outfit van een soldaat. 'Slim' schoeisel kan INTEX bevatten.

Prototypes van schoeisels worden ontwikkeld die zich automatisch aanpassen aan het loopcomfort van de soldaat. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een zool opgedeeld in kamers en gevuld met een bepaalde vloeistof. Een minicomputer gelokaliseerd in de hiel van de schoen monitort de druk op de 'kussens' - meer dempend bij het lopen, minder bij het stappen en aldus vermoeiheidsverschijnselen reduceren. Onderzoek wordt tevens uitgevoerd om het energieverbruik bij het stappen om te zetten in bruikbare elektrische energie door middel van 'intelligente schoenen'.

Intelligent schoeisel voor parachutisten. zullen bij landing contracteren (samentrekken) en alzo de schok bij het landen van personen reduceren.

Dra zal men men in staat zijn de mobiele telefoon of andere elektronische apparatuur op te laden bij het stappen. Hierbij kunnen piezo-elektrische materialen geïncorporeerd worden, hetzij als discrete eenheden of als een integraal deel van de structuur van een schoen of bot. Bij het samendrukken wordt hierbij een substantiële voltage ontwikkeld dat, in combinatie met geschikte elektronische attributen, kan aangewend worden voor het opladen van elektronische apparatuur zoals communicatiesystemen.

Geminutaliseerde elektronisch-mechanische onderdelen zoals de 'hiel-strike'-dynamo, gepositioneerd in de hiel van de schoen of bot, zullen draaien bij contact met de grond. Inductieve, magnetostrictive en biomechanische delen zijn eveneens aan de orde van de dag en maken eveneens deel uit van het onderzoek.

Niet alleen kleding en schoeisel krijgen een interactieve functie ook andere beschermmiddelen en andere attributen zoals tenten zullen in staat zijn allerhande functies uit te voeren, denken we maar aan het omzetten van zonlicht in elektriciteit, een betere camouflage door aanpassing van hun elektromagnetische 'signatuur' aan de achtergrond en aan het veranderen van de stijfheid van materialen zodat tenten automatisch rechtop gaan staan.

4. Phase change materials (PCM)

PCM-materialen (zie UNITEX nr) worden frequenter toegepast in intelligente textiel. Deze materialen worden o.a. toegepast in de nieuwere skipakken. Hierbij gaat het om een aantal paraffinewassen variërend van 15-40 μm in grootte. Deze korrels zijn gemicroencapsuleerd en geïntegreerd in vezels of coatings. Als de skiër de helling afdaald wordt lichaamswarmte gegenereerd en geabsorbeerd door de PCM. Bij het opnieuw naar boven gaan via de lift koelt het lichaam af, maar de opgeslagen warmte van de PCM wordt vrijgesteld en afgegeven zodat de drager steeds een comfortabele temperatuur ervaart. Andere toepassingen situeren zich bijv. in botten en sportkleding, handschoenen ooverwarmers...Typische transitietemperaturen (voor een set van PCM's) varieert van °C. Bij de hogere temperaturen kunnen PCMs mensen afkoelen indien ze werken in een warme omgeving.

Het resultaat van het thermoregulerend effect kan echter enkel efficiënt zijn indien de PCM's optimaal zijn aangebracht zijn (gepositioneerd). De schikking moet aangepast zijn aan de fysische activiteit, frequentie en duur. Bijkomend moet de kleding zo ontworpen zijn dat het effect van PCM kan ondersteunen - m.a.w. de design mag de werking van PCM niet hinderen.

5. Stimuli-sensitive polymeren (SSP) - shape memory polymeren (SMP) en legeringen

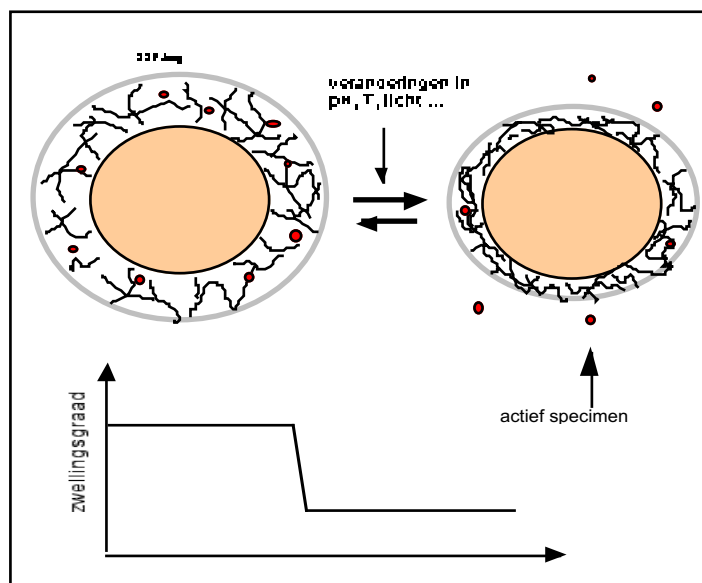
Vormveranderende effecten worden reeds geobserveerd in bepaalde metaallegeringen en polymeren en resulteren in materialen die terugkeren naar een opgelegde vorm bij verwarmen. Momenteel zijn er weinig textielmaterialen die op een afdoende en wensbare wijze hun prestaties regelen wanneer de omgevingscondities veranderen. Recente vooruitgang op het vlak van SSP's maakt de ontwikkeling van intelligent, zelfregulerend textiel mogelijk dat zelfregulerend werkt als antwoord op externe invloeden.

SSP's worden gekenmerkt door een uniek aanpassingspatroon; ze bezitten de unieke mogelijkheid hun structuur reversibel aan te passen als antwoord op externe stimuli zoals pH, T, zout, licht, elektrisch veld, en spanning. Het onderliggende concept van de idee is dat door de applicatie van SSP's, op (coating) of in vezels stimulisgevoelig textiel kan ontwikkeld worden met speciale eigenschappen op het niveau van o.a. doorlaatbaarheid, massa- en warmtetransport, fysische vorm, vochtopname, lichtreflectie. Deze nieuwe benadering heeft aantrekkelijke mogelijkheden. SSP's ageren bijgevolg als een chemisch ventiel en kunnen functionele substanties zoals drugs, nutriënten, herbiciden met gecontroleerd vrijstellingen. Andere potentiële mogelijkheden zijn temperatuur- en vochtregulatie, intelligente scheiding, communicatie, sensoren en kwaliteitscontrole. Mogelijke toepassingen situeren zich in hygiënische sportkledij, interieurtextiel, beschermkledij, agro- en geotextiel, en andere technische materialen (sensoren, kwaliteitscontrole en communicatie).

Vele SSP's zijn temperatuursgevoelige polymeren, in zover dat een reversibele fasetransitie plaatsvindt bij een bepaalde temperatuur. Bij lage temperaturen zijn deze hydrogels sterk gezwollen (sterke absorptie van grote hoeveelheden water bij evenwicht). Boven de transitietemperatuur (de lager kritische solutietemperatuur) collapst het gel met uitstoting van water en actieve deeltjes.

Andere SSP's zoals gecrosslinkte polyelektrolytische gels worden gevormd uit ionische polymeren met anionische (lees : carboxylgroepen) of kationische groepen. De gels ondergaan een transformatie bij veranderende pH of elektrolytconcentraties (figuur 7). de corresponderende stijfheid of flexivbiliteit kan sterk variëren. Bij beide types speelt de polymeerflexibiliteit een dominante rol in het chemisch 'ventiel-effect'.

Materialen gebaseerd op polyacrylzuur, CMC en chitosan behoren tot de anionische categorie. Ze zwellen gevoelig in alkalisch milieu, daar de carboxylgroepen geïoniseerd zijn. De mutuele repulsie van de negatief opgeladen carboxylgroepen dwingt de moleculen in een individuele positie, resulterend in de opname van grote hoeveelheden water in de gel. Dergelijk gel is gevoelig aan zowel pH en elektrolyten. Bij lage pH verliezen de carboxylgroepen hun lading resulternd in het collapsen van de gel. Kationische polymeren, vertonen een analoog gedrag doch ditmaal collapsen ze bij hogere pH. Hoge elektroliethoeveelheden ageren op een zelfde wijze op beide polymeertypen. Bij toevoeging van zout aan de solutie, worden de onderlinge repulsiekrachten gereduceerd, waardoor de gel op een even efficiënte wijze collapst zoals bij een lagere pH.

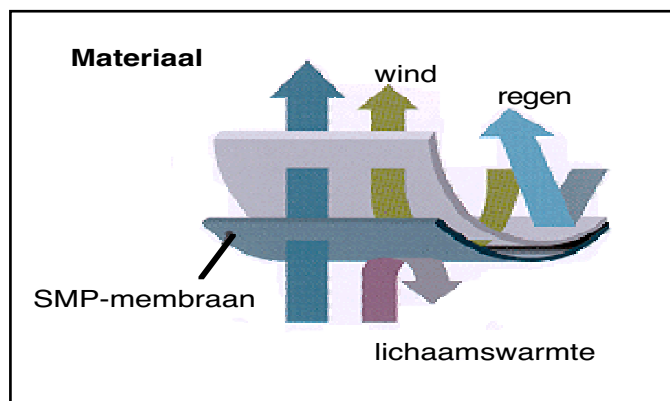


Figuur 7: werkingsmechanisme van SSP's

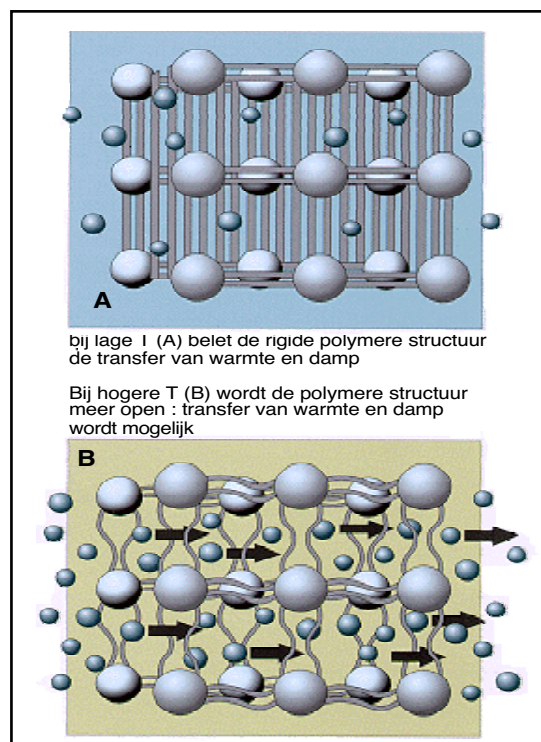
Shape memory polymeren

Diaplex is een op polyurethaan-gebaseerd membraan, gekenmerkt door een waterdampdoorlaatbaarheid die significant verandert bij het overschrijden van de glastemperatuur. In de rubbertoestand (boven de glastemperatuur of T_g-waarde) heeft het een hoge permeabiliteit, beneden de T_g-waarde (glastoestand) noteert men een lage permeabiliteit. Deze membranen zijn inzetbaar in textiellaminaten voor verschillende types van bovenkledij zoals regenjassen, sokken en skikledij. De membranen vertonen bovendien een hoge hydrostatische weerstand voor de bescherming van de elementen. Het verhoogt het comfort door op een intelligente wijze te beantwoorden aan de drager's metabolische warmteoutput. Dit gebeurt door de controle van de warmtevrijstelling (zweetevaporatie) gedurende perioden van hoge of lage activiteit.

De Amerikaanse zeemacht in samenwerking met Natick Soldier Center onderzoekt momenteel het gebruik van dergelijke materialen in gespecialiseerde kledij, bestemd voor o.a. zeelui gedurende amfibische operaties.

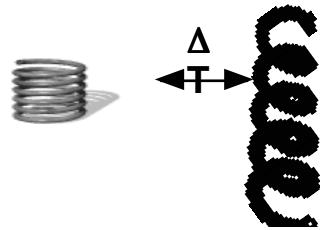


Figuur 8: werking van een SMP



Figuur 9: overgang van een stijve, ondoorlaatbare naar een flexibele, doorlaatbaar membraan

Shape Memory Alloys (SMA)



De toepassing van 'shape memory' legeringen in beschermkleding is aantrekkelijk en zou er in principe op kunnen neerkomen dat het materiaal in vlakke toestand wordt ingebouwd in de kleding. Wanneer de kleding blootgesteld wordt aan een hittebron of een vlam zal bij een gegeven temperatuur het shape memory materiaal in een vroegere opgelegde vormtoestand kunnen terugveren en springen. Deze vroegere vormtoestand moet dan zo zijn dat ze de luchtlaag in de kleding vergroot waardoor de isolatiewaarde van de kleding stijgt. Door deze isolatie krijgt de drager een paar vitale seconden meer om zich met de nodige spoed uit de voeten te maken.

Mannequintetsten hebben reeds de waarde en deugdelijkheid van dergelijke materialen aangetoond; dergelijke materialen kunnen inderdaad het gewenste effect hebben en kunnen gebruikt worden in toepassingen voor bescherming tegen hitte en vlammen. Het onderzoek loopt voort en zoekt o.a. naar manieren om de 'veren' op een gewenste manier in de kleding vast te maken en in te bouwen zonder verlies aan comfort en bewegingsvrijheid.

6. Nanotechnologie - de nanoo-TGV of 'het kan niet klein genoeg zijn' small is beautiful and useful

When men merge with machines/ it's a small, small world

De term nanotechnologie werd gemeengoed, toen de futurist Drexler in zijn boek 'Engines of Creation' (1992) deze wetenschap centraal stelde. Daarin beschrijft hij o.a. een wereld met fabrieken die passen in een luciferdoosje. De lopende band met zijn arbeiders of mechanische robotten zou vervangen worden door zelfproducerende assemblagelijnen op nanoschaal. Die zouden uiteindelijk zelfs de mens kunnen verdringen. In Drexlers visie zou de mens geen producten meer maken, maar ze laten groeien. Alles zou molecule per molecule gecreëerd worden uit ruwe materialen in productie-eenheden die snel en goedkoop zullen zijn. Dra zullen deze ideeën opgepikt en omgezet worden in realiteit. De ontwikkelingen situeren zich momenteel in de studiefase van de eerste mogelijkheden.

De nanowetenschap speelt zich af op de schaal van individuele moleculen. De term komt van het Griekse nanos of dwerg. Het verlegt de productie van materialen naar de wereld van de moleculen: **'het kan niet klein genoeg zijn'**.

Producten zijn opgebouwd uit atomen. De eigenschappen van deze producten worden bepaald door de manier waarop deze atomen zijn gerangschikt. Indien we de koolstofatomen in roet herrangschikken dan kan men diamant maken. Indien we de atomen in zand herrangschikken (plus nog enkele andere sporenelementen toevoegen) dan kunnen we computerchips maken. Indien we de atomen in vuil, water en lucht herrangschikken dan ontstaan aardappelen.

Vandaag zijn de productiemethoden vrij 'rudimentair' op het moleculair niveau. Vaak is het zoals we proberen dingen te maken uit legoblokken met bokshandschoenen aan. Ja, het is mogelijk de legoblokken om te vormen tot grote hopen en op te stapelen, maar op deze wijze is het evenwel onmogelijk de blokken te schikken volgens een meer 'verfijnde' wijze.

In de nabije toekomst zal de nanotechnologie het mogelijk maken constructies en dingen samen te stellen zonder 'bokshandschoenen'. Het zal mogelijk worden de fundamentele opbouwende blokken op een relatief goedkope wijze te rangschikken in om het even welke vorm, hoe complex ook deze vorm moet zijn. De nanotechnologie zal steeds populairder worden en beschrijft diverse onderzoeksdisciplines waar de karakteristieke dimensies minder zijn dan 1 nanometer. Het is een

sterk groeiende, interdisciplinaire discipline die de algemene principes van de moleculaire chemie en fysica met de engineeringprincipes van mechanische design, structurele analyse, computerwetenschap, elektrische engineering en systeemengineering combineert. Moleculaire productie is een methode bestemd voor de processing en herrangschikking van atomen voor de productie van custom producten.

Nanotechnologie heeft enorme potentiën. Wat te denken van bijvoorbeeld materialen die 100 maal sterker zijn dan de huidige producten. Voorwerpen gemaakt uit dergelijke materialen kunnen alzo 100 maal lichter gemaakt worden, gebruikmakend van 100 maal minder materiaal. Als resultaat zouden o.a. ultralichte wagens, trucks en vliegtuigen kunnen geproduceerd worden die door hun geringer gewicht minder energie (lees : brandstof) verbruiken, vooral met de atomisch gladde oppervlakken waardoor de intern frictie- en luchtweerstandverliezen gereduceerd worden.

Industriële materialen in het algemeen, en textiel in het bijzonder, zullen op een analoge wijze genieten van de performantievoordelen. Vandaag zijn basiseenheden van substraten moleculen van natuurlijke en synthetische materialen zoals katoen (cellulose), wol (α -keratine), viscose (cellulose), polyester etc. De moleculen kunnen op diverse wijze vezels vormen die op hun beurt kunnen omgevormd wordeogenlijke benadering de verbetering van sterkte en taaheid van een substraten door een vn tot garens.

Op het moleculaire niveau is een versterking met carbynemoleculen mogelijk. Carbyne is een lineaire keten van koolstofatomen met alternerende dubbele en driedubbele bindingen. Alhoewel carbyne reeds lang gekend is, is het nog maar recentelijk dat onderzoekers met succes de molecule gestabiliseerd hebben in lange (300-500 atomen) ketens door capping van de keteneinden met trifluormethyl- en nitrilradicalen. Carbyne is extreem sterk doch anderzijds vrij flexibe, die toelaat dat verschillende gedraaide posities ingenomen kunnen worden in de vezels. Een carbynestructuur kan bovendien vernet worden aan andere carbynemoleculen waarvan de sterkte en stijfheid van de resulterende structuren functie zijn van het aantal, lengte en geometrie van de vernettingen. Carbynevezels gemaakt uit niet vernette structuren zullen gekenmerkt worden door een extreme graad van taaheid daar cracks van de ene molecule naar de andere kunnen gepropageerd worden. Carbyne heeft bovendien een uitzonderlijk hoge thermische geleidbaarheid langsheen de as van de koolstofatomen (hoofdketen) (vergelijkbaar met diamant) ongeveer 5 maal groter dan bijvoorbeeld koper. Het wordt gekenmerkt door een thermische stabiliteit tot ca. 900 °C op voorwaarde van de aanwezigheid van geschikte keteneinden. Alsgevolg van deze eigenschappen kan carbyne een excellente basis vormen voor een warmteresistent substraat op voorwaarde dat het niet in contact is met andere sterk carbidevormend elementen zoals zirconium, titanium bij hoge temperaturen. De hoge axiale thermische geleidbaarheid kan fungeren als een verwarmingspijp die kan bijdragen tot en dissipatie van de warmte op bepaalde plaatsen van het materiaal. In de transverse richting kan echter de thermische geleidbaarheid laag zijn met een open ruimte van moleculen met lange, wijd ruimtelijke brugvormers.

Intelligente textielmaterialen - stop de nanotechnologie in uw textiel

Terwijl de synthese van defectvrije materialen kan resulteren in substantiële verbeteringen van de prestaties, maakt de moleculaire nanotechnologie meer radicale veranderingen mogelijk door de integratie van computers, sensoren, micro- en nanomachines in materialen. Dit alles kan gemakkelijk geïllustreerd worden door een aantal potentiële mogelijkheden.

- Micropompen en flexibele microbuisjes kunnen koelvloeistof of een warm medium transporteren naar bepaalde plaatsen van de kledij,
- Bepaalde rotoren kunnen gerangschikt worden als 'poriën' in een semipermeabel membraan enkel doorlaatbaar voor bepaalde moleculen. Hierbij kan water een bruikbare molecule zijn om de ene kant van het weefsel nat en de andere kant droog te houden,
- Materialen kunnen zelfreinigend worden : robotische eenheden analoog als mijten kunnen periodisch de substraatooppervlakken reinigen en integrale conveyors kunnen vuil transporteren naar een collectorzijde, of de hierboven vermelde selectieve membraan kan water transporteren van de ene zijde naar de andere zijde van het materiaal.
- Zelfherstellende weefsels; intelligente sensoren kunnen discontinuïteiten in het materiaal detecteren door middel van het verlies aan signalen of een gerapporteerde spanningoverlading, Een 'robot sleutel' zal vervolgens de schade spontaan herstellen,
- Grote delen van het textiel kunnen naadloos worden gemaakt door het aanhechting

van componenten met microscopisch mechanische koppelingen. Dit kan zich vertalen in intelligente velcrosluitingen die vasthaken of loslaten op vraag van de gebruiker.

- Materialen kunnen gemaakt worden uit cellulaire eenheden die aan elkaar gelinkt zijn met nanoschroeven. Computers zullen de cellen sturen, met als krachbronnen kleine elektrostatische motoren, teneinde hun relatieve spacing met de schroeven te regelen. Door selectie welke schroeven die vastmaken of losmaken kan op deze wijze de vorm van het substraat op elk ogenblik aangepast worden in functie van de nood van de gebruiker. Een vast, stevig object kan also gemaakt worden dat zich gedraagt als een substraat door snelle veranderingen van zijn vorm, of door tijdelijke verbrekingsen tussen de cellen. Een flexibel substraat wordt strak door de cellen tijdelijk te verbinden in een stijf netwerk.
- Micromachines of sensoren zullen ingebed worden in vezel/garens of gebruikt worden aan het vezel/garenoppervlak om bepaalde functies uit te voeren. Nanoventilatoren kunnen eventueel toegepast worden met ingebouwde miniatuurschouwtjes, voor de regeling en het accentueren van koeling en droging.
- Minivibratoren kunnen ingebouwd worden om microvibraties op te wekken die beletten dat stof, vocht, bacterien, virussen, vuil en andere vlekken zich vast kunnen hechten aan het textielsubstraat. Toepassingen in medisch textiel clean room technologie - Nanoverwarmelementen en/of compressoren bieden meer mogelijkheden voor persoonlijk, commercieel en industrieel thermische regeling. Nanospiegels zullen zowel resulteren in een hogere zichtbaarheid en toelaten het lichtspectrum te manipuleren teneinde bepaalde functionele en/of esthetische effecten te bekomen.

Wordt vervolgd ...

Deel 1 : prof. dr. Marc Van Parys - UNITEX nr 6 - 1999, 4-6

Deel 2 : prof. dr. Marc Van Parys - UNITEX nr 5 - 2000,

***Stop de toekomst in uw textielmateriaal
Smart Textile is watching you***



(bron Philips)

Prof dr Marc Van Parys
info@unitex.be