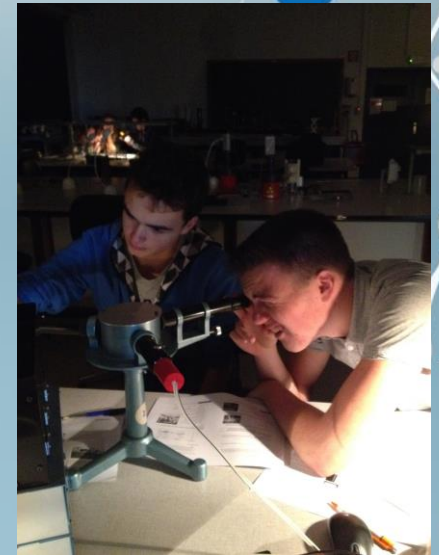


# Quantum Spin-Off

over onderzoek en haar toepassingen in  
de kwantummechanica en de  
verbindingen met hoogtechnologisch  
ondernemen

*Erica Andreotti, Renaat Frans*



**UC Leuven-Limburg**, Campus Diepenbeek  
**Expertisecel Art of Teaching, Vakdidactiek**  
**Lerarenopleiding Fysica SO**

# Quantum SpinOff

**2011-2016:** *Vlaams project* van Agentschap Innoveren en Ondernemen (*Vlaamse overheid*)

**2013-2015:** *EU LLP-Comenius project* in BE, EE, GR, CH

**2016-2018:** gesubsidieerd door UCLL zelf

## **DOEL:**

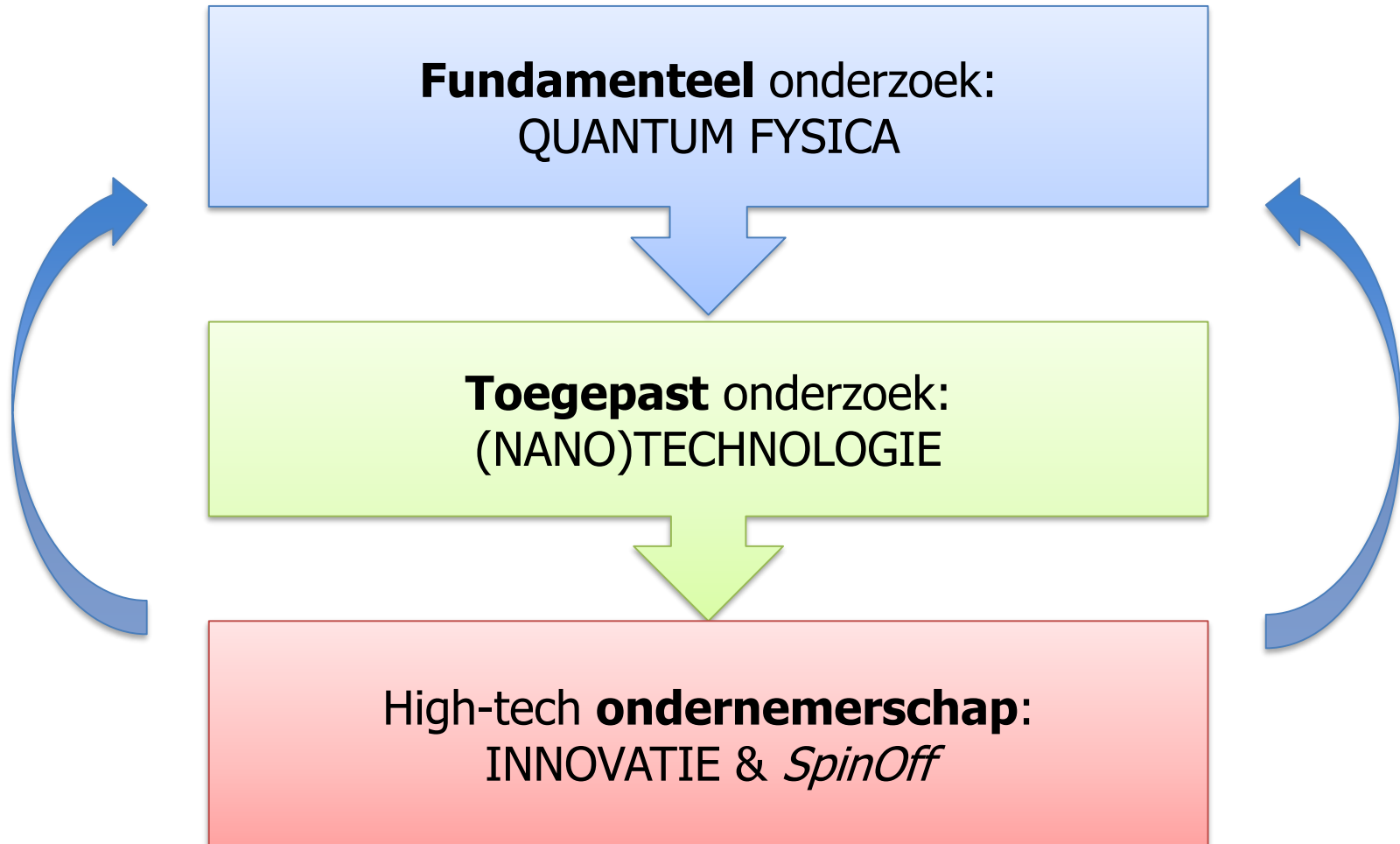
**Een brug tussen school, moderne wetenschappen en technologie en hun toepassingen in hoogtechnologisch ondernemen**

## **Voor wie?**

Derde graad (17-18 j) ASO (VWO) en TSO

# WAT: Filosofie

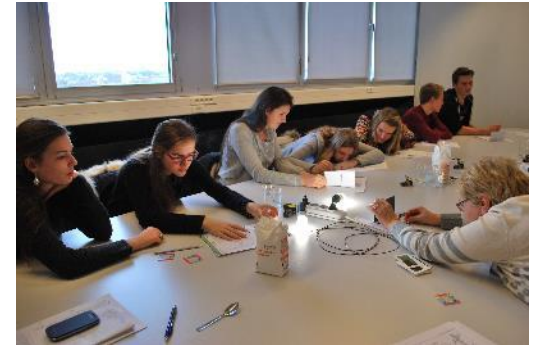
Leerlingen leren **nadenken** over de **verbindingen tussen onderzoek** in de kwantummechanica en **haar toepassingen** in hoogtechnologisch ondernemen.



# HOE: SpinOff traject

## 3 Fasen

1. De moderne fysica leren kennen:  
*leerstations & hands-on*
2. In contact met 'science in the making':  
*onderzoekers en ondernemers ontmoeten*  
-> tijdelijk 'Onderzoek van het onderzoek'
3. Creatieve fase (leerlingen met leerkracht):
  - Technologie en Ondernemerschap -> product/dienst (virtuele spin-off) creëren
  - Fysica -> een experiment ontwerpen
  - Fascinatie voor wetenschap -> een kunstwerk of demo of (3D)-model

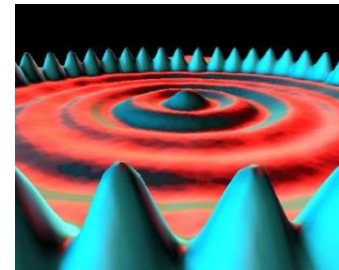


# SpinOff traject in details

## Fase 1

De moderne fysica leren kennen in de klas:

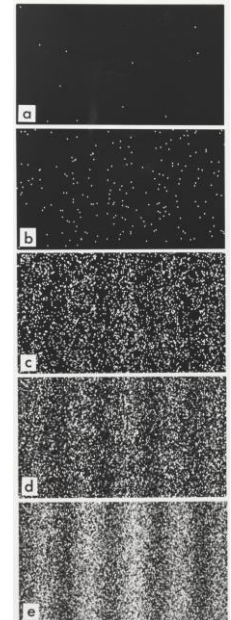
*Via ontwikkeld materiaal: leerstations & hands-on*



- Leerstations **deel 1**, I-V: **basis begrippen kwantummechanica**
- Leerstations **deel 2**, VI-XII: vooral **technologische toepassingen**
- **Hands-on** experimenten

# Leerstation I – Voor klassieke fysica onbegrijpelijke fenomenen?

Klassieke fysica: Gegeven de beginpositie en beginsnelheid van een massa en de netto-kracht die erop werkt, is het mogelijk om de baan van een voorwerp voor te spellen.



Kwantummechanica: baan van *deeltjes* niet gedefinieerd

**Golf-deeltje dualiteit**: alle “deeltjes” hebben eigenschappen zowel van een *golf* als van een *deeltje*.

Het **interferentie patroon** wordt **deeltje per deeltje** gevormd!

# Leerstation V – Emissielijnen verklaard met kwantummechanica

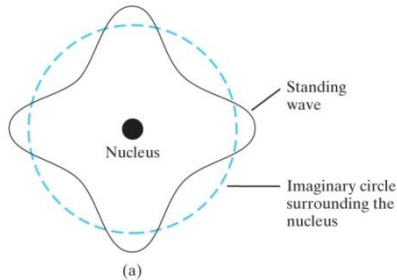
## De Broglie hypothese

Golflengte electron:  $\lambda = h/mv$

***De golf van het elektronmaterieveld in een atoom is een "opgesloten golf"***

***Het electron is ook een deeltje***  
Coulomb kracht kern-elektron

*Analogie met staande golven op een snaar!*



De elektrongolf kan enkel bestaan in een welbepaalde discrete rij van golven.

**Gekwantiseerde afstanden tussen het elektron en de kern**

**Kwantisatievoorwaarde:**

$$\underline{n \lambda = L(r)}$$

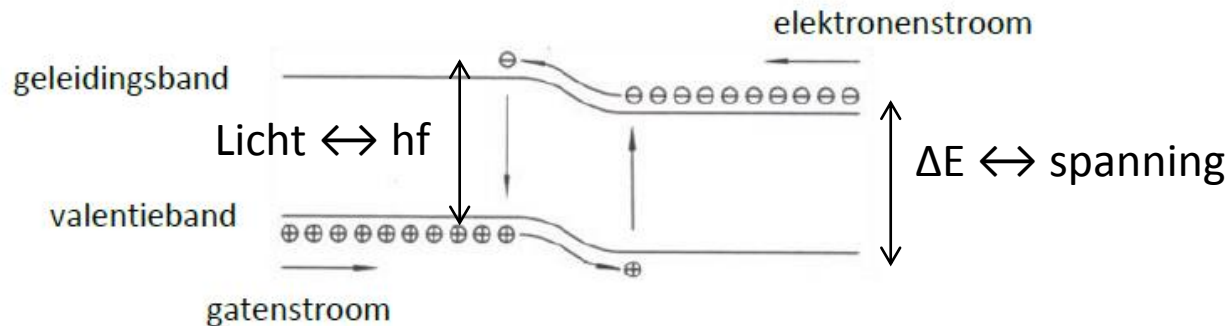
$$E_{tot} = E_p + E_k = -\frac{1}{n^2} \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$$

$$f_{n_2 \rightarrow n_1} = \frac{me^4}{8 \cdot \epsilon_0^2 \cdot h^3} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

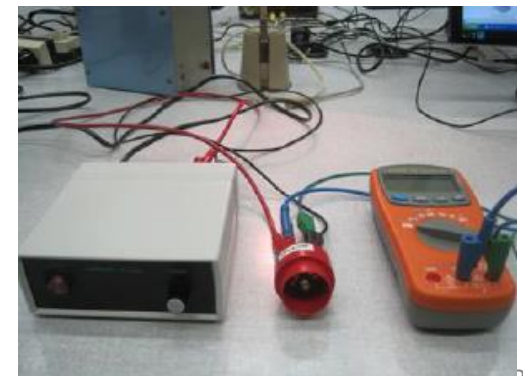
# Voorbeeld hands-on: de constante van Planck meten

## Constante van Planck bepalen met LED's

- Halfgeleider -> elektronen in energieniveaus



- $\Delta E = h f$  (Planck-Einstein)
- $c = \lambda f$
- $h c / \lambda \rightarrow h = \Delta E \lambda / c$

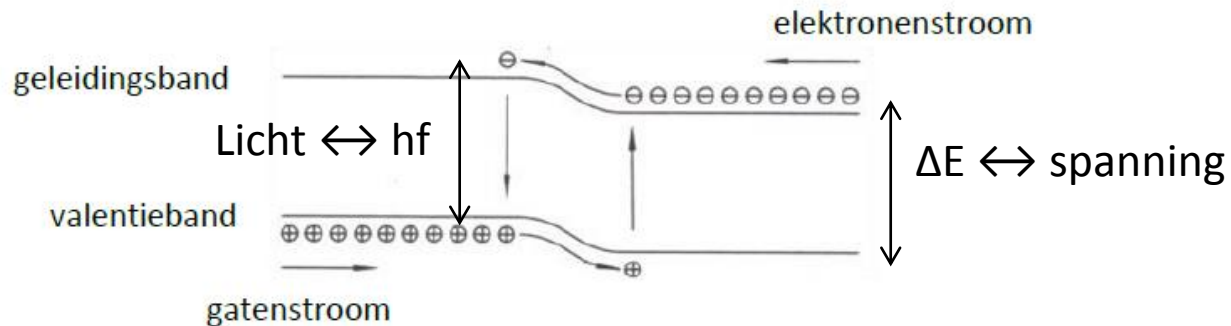




# Voorbeeld: de constante van Planck meten

## Constante van Planck bepalen met LED's

- Halfgeleider -> elektronen in energieniveaus

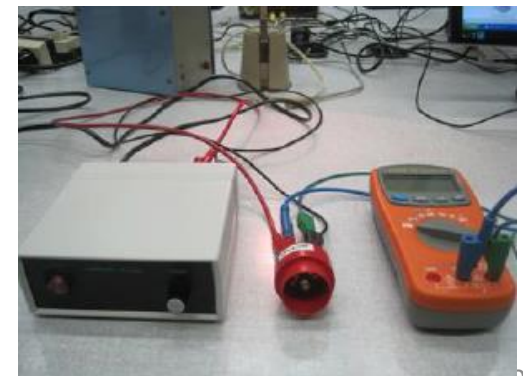


- $h = \frac{\Delta E \lambda}{c}$

Drempel spanning meten (voltmeter)

$$\Delta E = U e$$

$\lambda$  meten (analoge spectrometer)



## **Fase 2:** In contact met 'science in the making'

- *Onderzoeker ontmoeten*
- *Wetenschappelijk artikel lezen*
- *Bedrijfsbezoek*
- *Onderzoek van het onderzoek - **tijdslijn**: hoe is het onderzoek en de valorisatie verlopen rond een bepaald onderwerp in de tijd?*

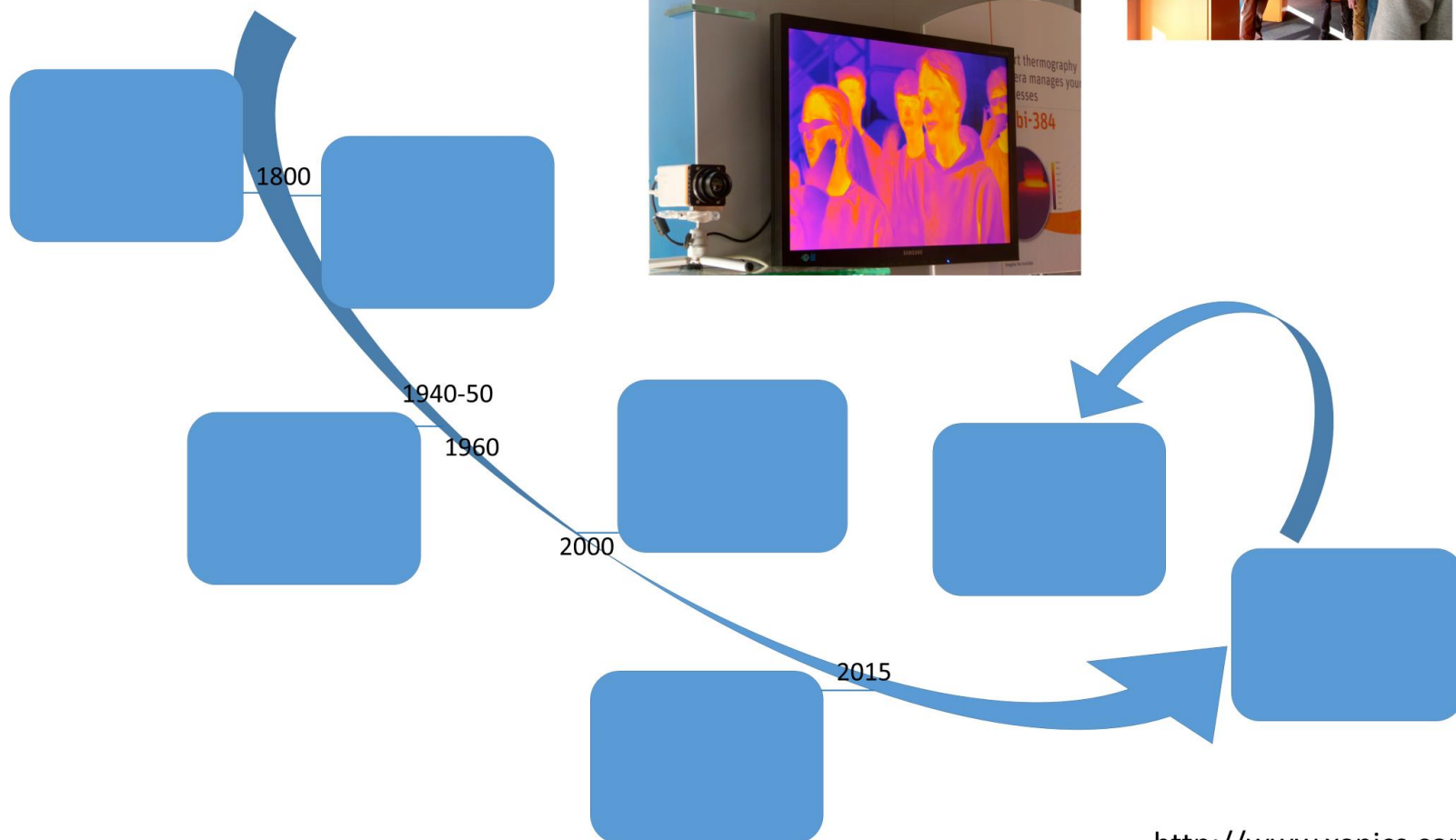
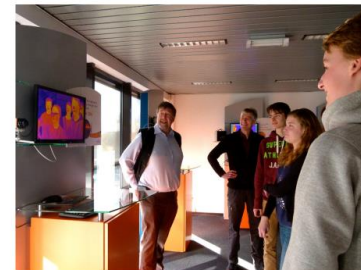
### ***Tijdslijn:***

- **Wetenschappelijke ontdekkingen:** *founding fathers* en *grounding insights*
- Verbonden **technologie:** welke technologie werd/wordt gebruikt en welke *'spins off'*
- Ontwikkeling van technologie, **maatschappelijke relevantie** -RRI en **ondernemerschap**

# Voorbeeld van tijdlijn

**Xenics**, Haasrode – Belgium

**Infrarood cameras** voor: R&D, industrial automation, machine vision, process control and high-end security applications



# Voorbeeld van tijdlijn

Hoe interageren langs de tijdlijn:



= Wetenschap



= RRI,  
verantwoordelijk  
onderzoek en  
innovatie,  
burgerschap

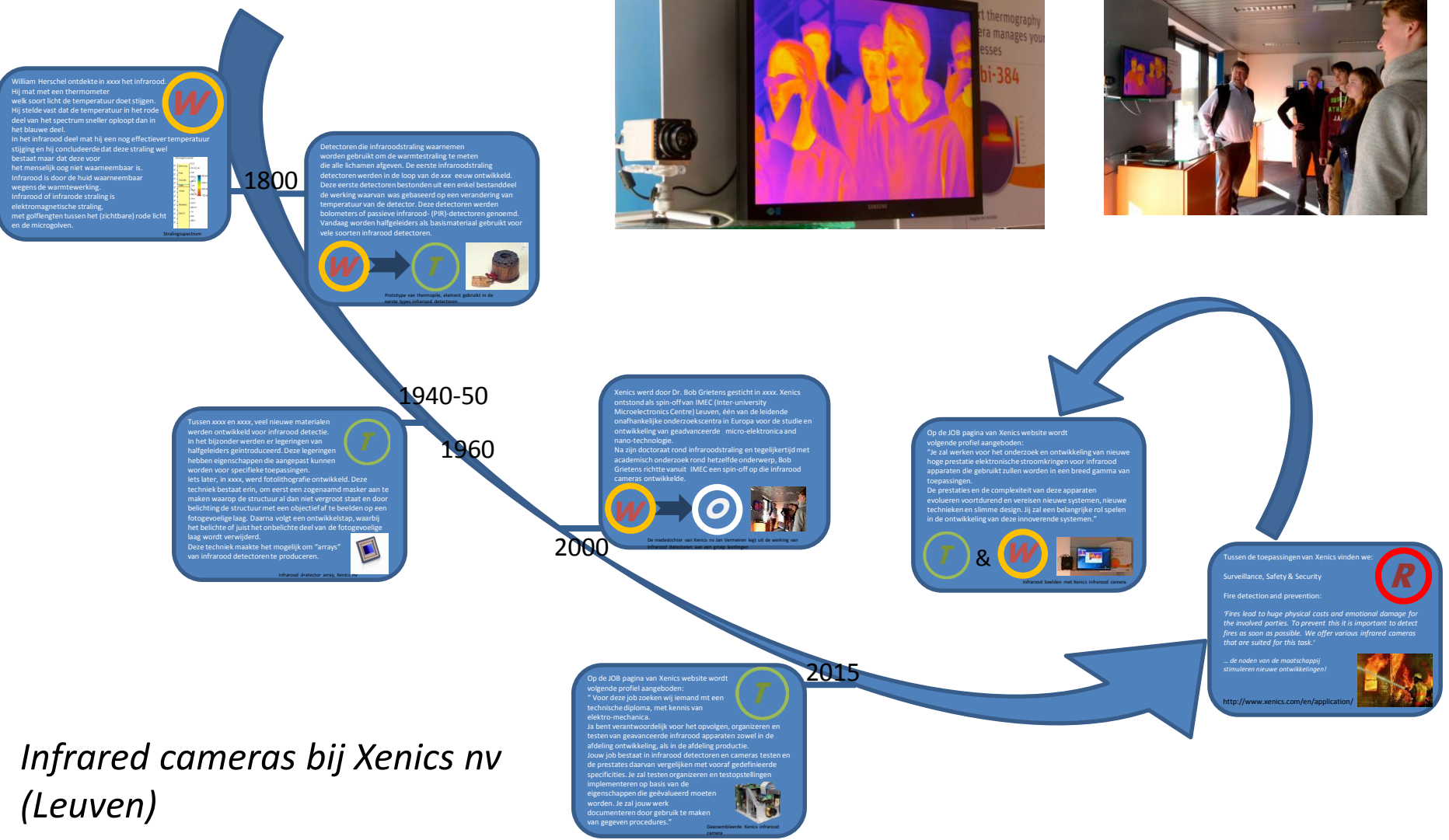


= Technologie



= Ondernemerschap

# Voorbeeld van tijdlijn



**1800**

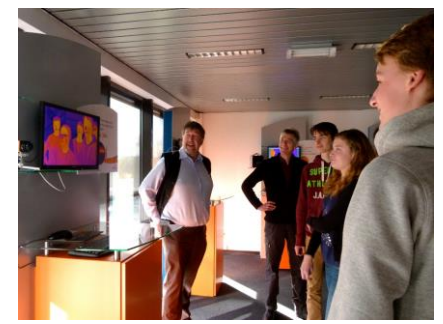
William Herschel ontdekte in xxxx het infrarood. Hij mat met een thermometer welk soort licht de temperatuur doet stijgen. Hij stelde vast dat de temperatuur in het rode deel van het spectrum sneller oploopt dan in het blauwe deel!

In het infrarood deel mat hij een nog effectiever temperatuur stijging en hij concludeerde dat deze straling wel bestaaf maar dat deze voor het menselijk oog niet waarneembaar is. Infrarood is door de huid waarneembaar wegens de warmtewerking. Infrarood of infrarode straling is elektromagnetische straling, met golflengten tussen het (zichtbare) rode licht en de microgolven.



Detectoren die infraroodstraling waarnemen worden gebruikt om de warmtestraling te meten die alle lichamen afgeven. De eerste infraroodstraling detectoren werden in de loop van de xxx eeuw ontwikkeld. Deze eerste detectoren bestonden uit een enkel bestanddeel de werking waarvan was gebaseerd op een verandering van temperatuur van de detector. Deze detectoren werden bolometers of passieve infrarood- (PIR) detectoren genoemd. Vandaag worden halfgeleiders als basismateriaal gebruikt voor vele soorten infrarood detectoren.

Prototypen van thermocouples, vernoemd gebruikt in de eerste type infrarood detectoren.



**1940-50**

Tussen xxxx en xxxx, veel nieuwe materialen werden ontwikkeld voor infrarood detectie. In het bijzonder werden er legeringen van halfgeleiders geïntroduceerd. Deze legeringen hebben eigenschappen die aangepast kunnen worden voor specifieke toepassingen.

lets later, in xxxx, werd fotolithografie ontwikkeld. Deze techniek bestaat erin, om eerst een zogenaamd masker aan te maken waarop de structuur al dan niet vergrout staat en door belichting de structuur met een objectief af te beelden op een fotoevoelige laag. Daarna volgt een ontwikkelstap, waarbij het belichte of juist het onbelichte deel van de fotoevoelige laag wordt verwijderd.

Deze techniek maakte het mogelijk om "arrays" van infrarood detectoren te produceren.



**1960**

Xenics werd door Dr. Bob Grietens gesticht in xxxx. Xenics ontstond als spin-off van IMEC (Inter-university Microelectronics Centre) Leuven, één van de leidende onafhankelijke onderzoekscentra in Europa voor de studie en ontwikkeling van geavanceerde micro-elektronica and nano-technologieën.

Na zijn doctoraat rond infraroodstraling en tegelijkertijd met academisch onderzoek rond hetzelfde onderwerp, Bob Grietens richtte vanuit IMEC een spin-off op die infrarood cameras ontwikkelde.

De medeoprichter van Xenics Dr. Jozef Verhaeren legt uit de werking van infrarood detectoren van een goede kwaliteit.



**2000**

Op de JOB pagina van Xenics website wordt volgende profiel aangeboden:

"Je zal werken voor het onderzoek en ontwikkeling van nieuwe hoge prestatie elektronische stroomkringen voor infrarood apparaten die gebruikt zullen worden in een breed gamma van toepassingen.

De prestaties en de complexiteit van deze apparaten evolueren voortdurend en vereisen nieuwe systemen, nieuwe technieken en slimme design. Jij zal een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van deze innoverende systemen."

Infrarood beelden met Xenics infrarood camera



**2015**

Op de JOB pagina van Xenics website wordt volgende profiel aangeboden:

"Voor deze job zoeken wij iemand met een technische diploma, met kennis van elektro-mechanica.

Je bent verantwoordelijk voor het opvolgen, organiseren en testen van geavanceerde infrarood apparaten zowel in de afdeling ontwikkeling, als in de afdeling productie. Jouw job bestaat in infrarood detectoren en camera's testen en de prestaties daarvan vergelijken met vooraf gedefinieerde specificaties. Je zal testen organiseren en testopstellingen implementeren op basis van de eigenschappen die geëvalueerd moeten worden. Je zal jouw werk documenteren door gebruik te maken van gegeven procedures."

Geavanceerde Xenics infrarood camera's



Tussen de toepassingen van Xenics vinden we:

Surveillance, Safety & Security

Fire detection and prevention:

"Fires lead to huge physical costs and emotional damage for the involved parties. To prevent this it is important to detect fires as soon as possible. We offer various infrared cameras that are suited for this task."

... de noden van de maatschappij stimuleren nieuwe ontwikkelingen!

<http://www.xenics.com/en/application/>



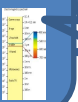
Infrared cameras bij Xenics nv (Leuven)

# Voorbeeld

William Herschel ontdekte in xxxx het infrarood. Hij mat met een thermometer welk soort licht de temperatuur doet stijgen. Hij stelde vast dat de temperatuur in het rode deel van het spectrum sneller oploopt dan in het blauwe deel.



William Herschel ontdekte in xxxx het infrarood. Hij mat met een thermometer welk soort licht de temperatuur doet stijgen. Hij stelde vast dat de temperatuur in het rode deel van het spectrum sneller oploopt dan in het blauwe deel. In het infrarood deel mat hij een nog effectiever temperatuurstijging en hij concludeerde dat deze straling wel bestaat maar dat deze voor het menselijk oog niet waarneembaar is. Infrarood is door de huid waarneembaar wegens de warmtewerking. Infrarood of infrarode straling is elektromagnetische straling, met golflengten tussen het (zichtbare) rode licht en de microgolven.



1800

Detectoren die infraroodstraling waarnemen worden gebruikt om de warmtestraling te meten. Detectoren werden in de loop van de xxx eeuw Deze eerste detectoren bestonden uit een enkel de werking waarvan was gebaseerd op een verandering in de weerstand van de detector. Deze detectoren werden gebruikt om de temperatuur te meten. Deze detectoren worden nu gebruikt om de temperatuur te meten. Deze detectoren worden nu gebruikt om de temperatuur te meten.



Prototype van thermocouple, vóór de uitvinding van de thermocouple.

1940-50

Tussen xxxx en xxxx, veel nieuwe materialen werden ontwikkeld voor infrarood detectie. In het bijzonder werden er legeringen van halfgeleiders geïntroduceerd. Deze legeringen hebben eigenschappen die aangepast kunnen worden voor specifieke toepassingen.



Iets later, in xxxx, werd fotolithografie ontwikkeld. Deze techniek bestaat erin, om eerst een zogenaamd masker aan te maken waarop de structuur al dan niet vergroot staat en door belichting de structuur met een objectief af te beelden op een foto-gevoelige laag. Daarna volgt een ontwikkelstap, waarbij het belichte of juist het onbelichte deel van de foto-gevoelige laag wordt verwijderd. Deze techniek maakte het mogelijk om "arrays" van infrarood detectoren te produceren.

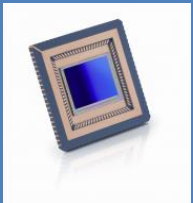
Infrarood detector array, Xenics nv

Tussen xxxx en xxxx, veel nieuwe materialen werden ontwikkeld voor infrarood detectie. In het bijzonder werden er legeringen van halfgeleiders geïntroduceerd. Deze legeringen hebben eigenschappen die aangepast kunnen worden voor specifieke toepassingen.



Iets later, in xxxx, werd fotolithografie ontwikkeld. Deze techniek bestaat erin, om eerst een zogenaamd masker aan te maken waarop de structuur al dan niet vergroot staat en door belichting de structuur met een objectief af te beelden op een foto-gevoelige laag. Daarna volgt een ontwikkelstap, waarbij het belichte of juist het onbelichte deel van de foto-gevoelige laag wordt verwijderd. Deze techniek maakte het mogelijk om "arrays" van infrarood detectoren te produceren.

Infrarood detector array, Xenics nv



Red circle with a white 'R' and the text 'No damage for tant to detect red cameras'.



*Infrared cameras bij Xenics nv (Leuven)*

Jouw job bestaat in infrarood detectoren en camera's testen en de prestaties daarvan vergelijken met vooraf gedefinieerde specificaties. Je zal testen organiseren en testopstellingen implementeren op basis van de eigenschappen die geëvalueerd moeten worden. Je zal jouw werk documenteren door gebruik te maken van gegeven procedures.

Geavanceerde Xenics infrarood camera's

# SpinOff traject in details

## Fase 3: Creatieve fase

Kunstwerk of demo of (3D)-model of experiment of een product/dienst (virtuele spin-off)

& presentaties:

- a) Spin-Off Ambassadeurschap  
→ deelnemende klassen stellen het traject voor aan andere klassen (ter inspiratie en als voorbereiding)
- b) Spin-off-dag – presentaties en wedstrijd met een jury van experts



# Criteria toekenning Quantum SpinOff diploma

1	Presenteer je tijdslijn
2	Stel een centraal fysisch idee uit je tijdlijn voor
3	Stel de technologie uit je tijdlijn voor
4	Stel de ondernemerschap uit je tijdlijn voor
5	Stel je kunstwerk, demo, (3D)-model of experiment of product/dienst voor
6	Responsible Research and Innovation relevantie (RRI) aantonen voor de fysica, de technologie of het ondernemerschap



# Voorbeeld traject van een school 2016-2017

KaSO Harlindes en Relindes Maaseik

Samenwerking tussen:

- Leerlingen ASO (algemene richting): wetenschappelijke kanten
- TSO (technische richting): technische kanten

Onderwerp: *'Drones'*

Begeleidende onderzoeker van *Electrical Engineering (ESAT) TC, Technology Campus Diepenbeek (KU Leuven Diepenbeek)*

Bezoek bedrijf *Dronematrix (Hasselt)*



# Voorbeeld traject van een school 2016-2017

KaSO Harlindes en Relindes Maaseik



Onderdelen van een drone:

- *Wetenschappelijke principes (fysica)*
- *Werking (Technologieën)*
- *In het verleden/heden → toekomst (Tijdlijn)*

Eigen toepassing

- *Live-stream app: C-me* - hoogvliegende livestream app waarbij iedereen, wereldwijd, dronebeelden kan delen en streamen. Voor recreatief gebruik, maar ook voor hulpdiensten bij branden, voor verkeer, in het onderwijs en zelfs bij defensie.
- Te gebruiken met *eigen zelfgebouwde drone*

# Materiaal

- Leerstations en hands-on
- Uitleg en voorbeeld tijdlijn
- Business Model Canvas explained (voor virtuele spin-off)

Wil je het materiaal uittesten in de klas? Schrijf een e-mail naar:  
[Erica.Andreotti@ucll.be](mailto:Erica.Andreotti@ucll.be)

Ook via het *Ark of Inquiry* portal: <http://arkportal.ut.ee/#/>  
*Community*

Group: *Kwantumfysica - België*



# *Bedankt!*

*Filmpje Quantum SpinOff:*

<https://vimeo.com/138592826>

**UC Leuven-Limburg, Campus Diepenbeek**  
**Expertisecel Art of Teaching, Vakdidactiek**  
**Lerarenopleiding Fysica SO**