

# Pulshoogte en pulsintegraal

A. de Laat, N.G. Schultheiss

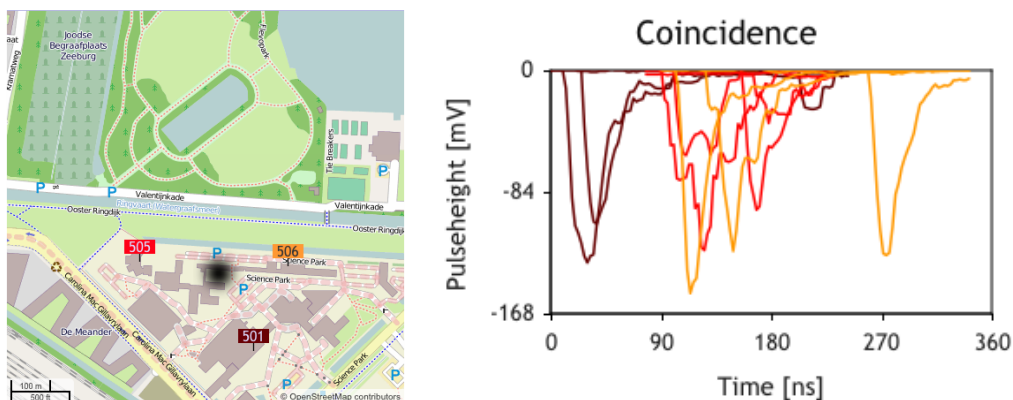
## 1 Inleiding

Iedere detector van een HiSPARC-station is uitgerust met een foto-versterker buizen (PhotoMultiplier Tubes: PMT). Als er geen deeltjes door de detector schieten, treedt er geen fluorescentie in de detector op en ontstaat er geen licht. Bijgevolg geeft de PMT-buis een elektrisch signaal van 0 mV aan de HiSPARC II of HiSPARC III box. In de box wordt het analoge signaal door middel van een Analooog Digitaal Converter (ADC) omgezet in een digitaal signaal. De grootte van dit signaal wordt uitgedrukt in ADCs, in dit geval gaat het om een getal zonder eenheid, de Analog Digital Count.

Als er een signaal gemeten wordt, wordt een reeks van deze ADCs in de HiSPARC box opgeslagen. Als er tegelijkertijd een tweede reeks wordt opgeslagen worden alle reeksen ADCs van de HiSPARC box naar de HiSPARC server gezonden. Een dergelijke reeks ADCs vormt een puls. Deze pulsen zijn in te delen naar de pulshoogte en de pulsintegraal (het pulsoppervlak). Beide histogrammen zijn op te vragen op: `data.hisparc.nl`, door op de stationsnaam te klikken. Rechtsboven beide histogrammen is een link waarmee de gegevens in een spreadsheet, zoals Excel<sup>®</sup>, te laden zijn.

## 2 De pulsvorm

### 2.1 Pulsen ophalen uit de HiSPARC data opslag



Figuur 2.1: De plattegrond met de locaties van de meetstations en de gemeten pulsen per station.

In de praktijk kunnen we een set pulsen voor een willekeurige gebeurtenis ophalen met jSparc<sup>1</sup>. In

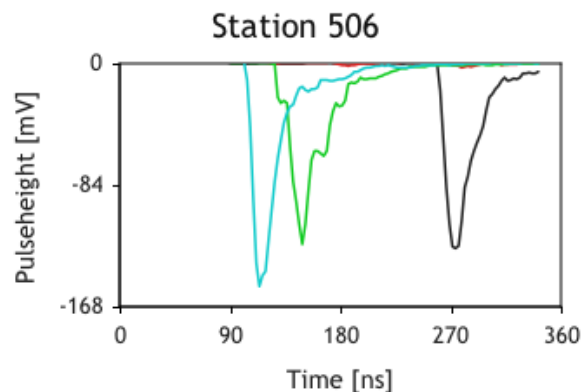
<sup>1</sup>Het interactieve practicum jSparc kan in de les worden via de aanvraag van een sessie worden gebruikt, het is ook mogelijk om een willekeurige set pulsen op te halen op: <http://data.hisparc.nl/media/jsparc/jsparc.html>.

deze module gaan we uit van de set pulsen die met de stations uit figuur 2.1 zijn gemeten.

Op de kaart zijn drie meetstations te zien, een rood, een bruin, een rood en een oranje station<sup>2</sup>. We zien dat alle stations een aantal pulsen hebben gegeven. Dit komt omdat een station uit meerdere detectoren bestaat.

## 2.2 Eenvoudige pulsvormen

In figuur 2.2 zijn de signalen van vier detectoren te zien. De zwarte puls van detector 1 heeft een vrij snelle voorflank. Het verloop van de achterflank lijkt een halfwaardetijd te hebben (deze loopt exponentieel op). Bij de blauwe grafiek van detector 4 is iets soortgelijks aan de hand.



Figuur 2.2: Eenvoudige pulsen

**Opdracht 1:** Leg uit wat je kunt zeggen over de groene grafiek van detector 3 in figuur 2.2.

In de groene grafiek zijn een aantal treedjes te zien, Deze zijn bijvoorbeeld te verklaren als ieder treedje door een

---

deeltje wordt veroorzaakt. De treedjes zijn ook te verklaren doordat lichtstralen via verschillende wegen op de

---

detector vallen. 1m komt door de lichtsnelheid ongeveer overeen met 3ns. Kunnen de treedjes nu verklaard

---

worden? (Brekingsindex?)

Meestal zien de grafieken er niet zo mooi uit als in figuur 2.2. In figuur 2.3 zijn de pulsen van detector 1 en 4 goed te zien (respectievelijk zwart en blauw).

**Opdracht 2:** Leg uit hoe de grafiek van detector 1 in figuur 2.3 te verklaren is.

In de zwarte grafiek zijn drie bobbels te herkennen: rond de 35ns, de 95ns en de 210ns. Ieder bobbel duidt op

---

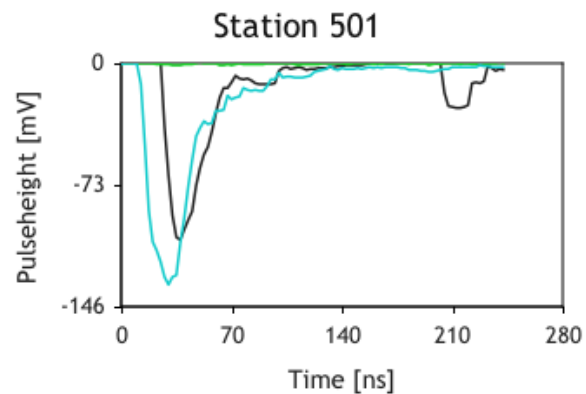
fluorescentie veroorzaakt door 1 of meer deeltjes. (Dit kan ook op verval binnen de detector wijzen! De levensduur van muonen is  $2.2\mu s$ , dus?)

---



---

<sup>2</sup>De kleuren van de stations volgen de definitie van de kleurcode van weerstandjes: bruin: 1, rood: 2, oranje: 3, geel: 4, groen: 5, blauw: 6, violet: 7, etc.



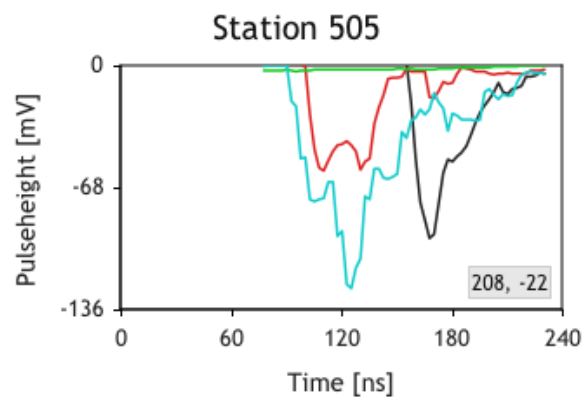
Figuur 2.3: Iets complexere pulsen

**Opdracht 3:** Bereken de afstand tussen de waargenomen deeltjes in de grafiek van detector 1 in figuur 2.3.

$$s = c * t \Rightarrow s = 3.0 * 10^8 * (95 - 35) * 10^{-9} = 18\text{m}$$

$$s = c * t \Rightarrow s = 3.0 * 10^8 * (210 - 95) * 10^{-9} = 35\text{m (Eigenlijk 1 significant getal meer.)}$$

## 2.3 Ingewikkelde pulsvormen



Figuur 2.4: Ingewikkelde pulsvormen

Dichtbij de zwarte vlek in het kaartje van figuur 2.1 treffen we meer deeltjes aan, hoe verder je van de zwarte vlek afkomt hoe minder deeltjes er zijn. De NKG-functie<sup>3</sup> beschrijft hoe aantal deeltjes per vierkante meter van de afstand tot de kern van de air-shower kan worden berekend.

<sup>3</sup>Deze functie is door Nishimura, Kamata en Greisen geformuleerd. Het aantal deeltjes hangt ook van de energie van het primaire kosmische deeltje af.

**Opdracht 4:** *Leg met het verloop van de pulsen uit dat het midden van de air-shower in de buurt van station 505 is.*

De hoogte (en breedte van de pulsen) duiden op meerdere deeltjes per detector (met ieder een oppervlak van

$0.500\text{m}^2$ ). Bij de andere stations ligt dit lager, deze liggen dus waarschijnlijk verder van het midden van de

air-shower.

Het valt op dat de pulshoogte van detector 2 (rood) kleiner is dan detector 1 (zwart).

**Opdracht 5:** *Leg met de pulsintegraal (het pulsoppervlak) uit waarom er waarschijnlijk evenveel deeltjes door detector 1 als door detector 2 zijn gegaan.*

De puls van detector 2 kan ontstaan als twee deeltjes vlak na elkaar komen. Als deze deeltjes tegelijk komen

ontstaat puls 1.

Het valt op dat detector 3 (groen) bijna geen puls geeft.

**Opdracht 6:** *Verklaar waarom er binnen een station soms detectoren zijn die een aantal deeltjes meten terwijl ander detectoren (bijna) niets meten.*

Er worden slechts enkele deeltjes gemeten. Soms zullen er meer deeltjes dan het gemiddelde worden gemeten.

Soms minder. Het aantal deeltjes dat gemeten wordt volgt een Poisson distributie.