



1 Inleiding

Elke detector van een HiSPARC-station is uitgerust met een foto-versterker buis (PhotoMultiplier Tube: PMT). Als er geen deeltjes door de detector schieten, treedt er geen fluorescentie in de detector op en ontstaat er geen licht. In dit geval geeft de PMT-buis een elektrisch signaal van 0 mV aan de HiSPARC unit. Als er wel deeltjes door de detector schieten, treedt er fluorescentie in de detector op en ontstaat er licht. Dan geeft de PMT-buis een elektrisch signaal af waarvan het aantal mV afhangt van het aantal deeltjes dat door de detector is gegaan. In de HiSPARC unit wordt het analoge signaal door middel van een Analooq Digitaal Converter (ADC) omgezet in een digitaal signaal. De grootte van dit signaal wordt uitgedrukt in ADCs, de ADC count (een getal zonder eenheid).

Als er een detectorsignaal gemeten wordt, wordt een reeks van deze ADCs in de HiSPARC unit opgeslagen. Als er tegelijkertijd een tweede reeks, van een andere detector, wordt opgeslagen, worden alle reeksen ADCs van de HiSPARC unit naar de HiSPARC server gezonden. Met dergelijke reeks kan een diagram van het verloop van het signaal tegen de tijd worden gemaakt. In deze diagrammen zijn van het negatieve maximale signaal de pulshoogte en het oppervlak, de pulsintegraal, te bepalen. Gedurende de dag worden alle pulshoogten en pulsintegralen van een station verzameld. Pulshoogte en pulsintegraal histogrammen zijn op te vragen op: <https://data.hisparc.nl/> door op de stationsnaam te klikken. Rechtsboven beide histogrammen is een link waarmee de gegevens in een spreadsheet, zoals Excel, te laden zijn.

2 De pulsvorm

2.1 Pulsen ophalen uit de HiSPARC data opslag

In de praktijk kunnen we een set pulsen voor een willekeurige gebeurtenis ophalen met jSparc¹. In 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 bruin, een rood en een oranje station². We zien dat alle stations meerdere pulsen hebben gegeven, dit komt omdat een station uit meerdere detectoren bestaat. De hoogtes van de pulsen zijn vergelijkbaar, bijgevolg is het midden van de air-shower (zwarte vlek in Figuur 2.1) even ver van alle stations.

2.2 Eenvoudige pulsvormen

Het is mogelijk om de diagrammen per detector van een enkel station te bekijken. In Figuur 2.2 zijn de signalen van vier detectoren van Station 506 te zien. De zwarte puls van detector 1 heeft

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

²De 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 2.1 – De plattegrond met de locaties van de meetstations en de gemeten pulsen per station.

een vrij steile 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. Een deeltje lijkt dus herkend te worden aan een steile dalende flank die wordt gevolgd door een exponentieel oplopende achterflank.



Figuur 2.2 – Eenvoudige pulsen

Opdracht 1: De groene grafiek van detector 3 in Figuur 2.2 heeft een minder vloeiend verloop. Stel een hypothese op waarmee dit minder vloeiende verloop kan worden verklaard.

Meestal zien de grafieken er niet zo mooi uit als in Figuur 2.2. In Figuur 2.3 zijn andere pulsen van detector 1 en 4 van Station 501 te zien (respectievelijk zwart en blauw).

Opdracht 2: Geef een verklaring voor het verloop van de grafiek van detector 1 in Figuur 2.3.



Figuur 2.3 – iets complexere pulsen

Opdracht 3: Bereken de afstand tussen de waargenomen deeltjes in de grafiek van detector 1 (zwart) in Figuur 2.3.

2.3 Ingewikkelde pulsvormen



Figuur 2.4 – Ingewikkelde pulsvormen

In Figuur 2.4 valt het op dat de pulshoogte van detector 2 (rood) kleiner is dan detector 1 (zwart).

Opdracht 4: Leg met de pulsintegraal (het pulsoppervlak) uit waarom er waarschijnlijk evenveel deeltjes door detector 1 als door detector 2 zijn gegaan.

In Figuur 2.4 valt het verder op dat detector 3 (groen) bijna geen puls geeft.

Opdracht 5: Verklaar waarom er binnen een station soms detectoren zijn die een aantal deeltjes meten terwijl ander detectoren (bijna) niets meten.
