

## De PiJuice Hat voor de Pi

Deze ‘hat’ is een Raspberry Pi batterijmodule die dient als UPS (uninterruptible power supply or uninterruptible power source).

Lees bij het plaatsten vooraf de handleiding goed, want onder op het bordje moet je dipswitches goed zetten (1 on, 2 off als je de bijgeleverde BP7X-accu gebruikt). Deze dipswitch zit nog achter een folie wat nodig is voor de productie en staat standaard niet goed.

Als je de dipswitch goed hebt ingesteld dan maakt de PiJuice gebruik van een vooringesteld profiel voor de mee geleverde accu.

Je kan de voedingsbron (BP7X-accu) aansluiten op de PiJuice (micro USB) of op de Pi zelf.

Dit is in detail beschreven op :

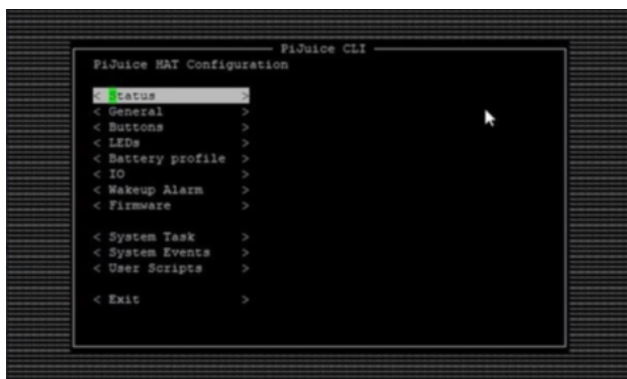
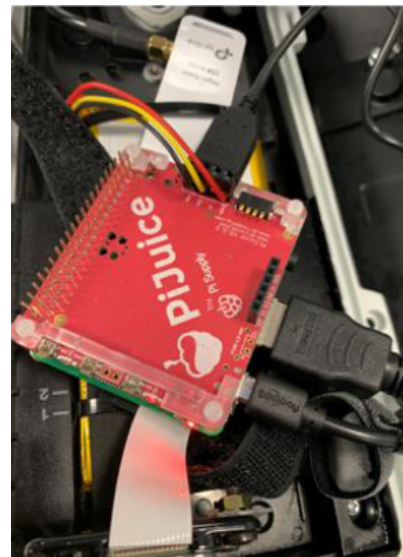
<https://github.com/PiSupp...master/Software/README.md> en

<https://github.com/PiSupp...are/README.md#pijuice-cli>

Zo ziet de aansluiting van de Pi hat op de Raspberry Pi er uit, in dit geval reeds in onze IP68 enclosure (*zie foto 1 - rechts*)

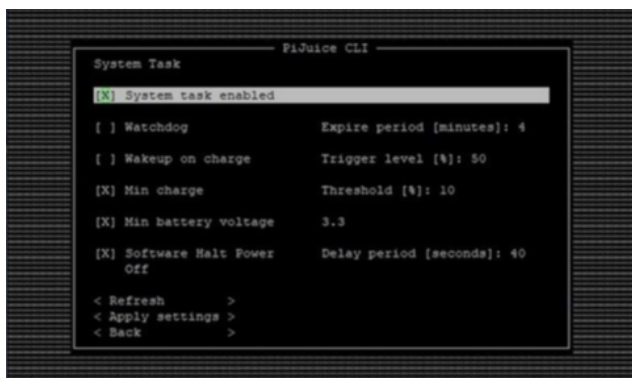
Je kan de PiJuice CLI starten in een terminal voor de configuratie ervan.

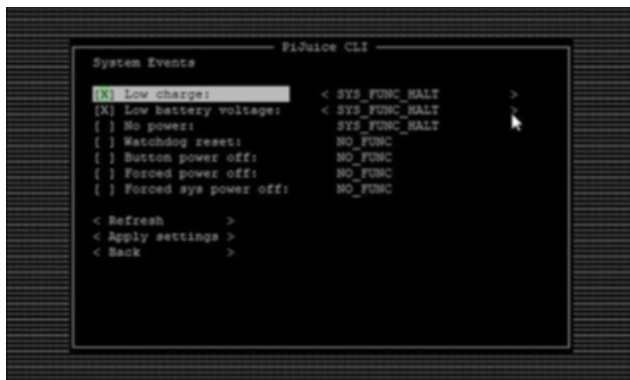
Als eerste gaan we naar de sectie firmware en voeren een firmware update uit.



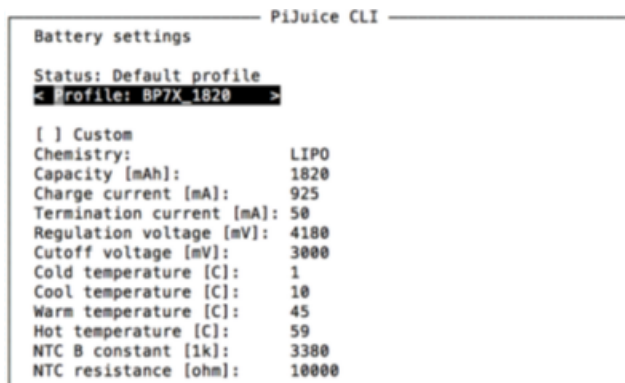
Na de firmware update zijn we langs alle opties in de interface (en handleiding) gegaan.

Voor ons doel (het gebruik als UPS) zijn de “System Task” en de “System Events” in te stellen. De bedoeling is dat de Pi gaat afsluiten als de batterij “leeg” geraakt. Daarvoor is “System task” “enabled”. Vergeet niet “Apply settings” te doen.

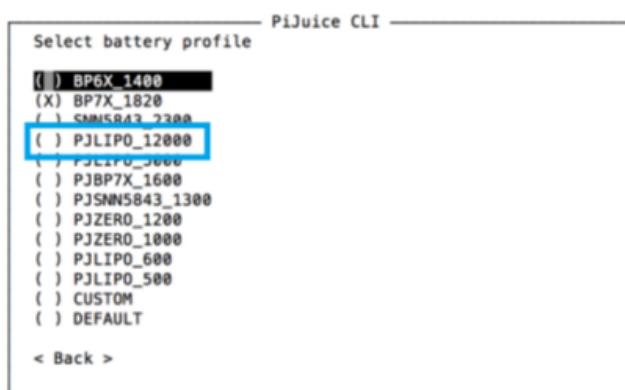




Vervolgens worden de “system Events” ingesteld waarop gereageerd moet worden.



Standaard wordt de PiJuice geleverd met een 1820mAh batterij – het profile BP7X\_1820.



Aanvankelijk maakten we gebruik van een 12.000mAh Lipo batterij en kozen we dus deze in het profiel.

Achteraf bleek echter dat deze LiPo batterij niet ideaal is voor deze toepassing : niet voldoende spanning- en laadtijd in een tijdspanne van 8 uur.

We hebben dan maar besloten om de standaard meegeleverde 1820mAh batterij toch te gebruiken en deze te laten opladen door een SLA (Sealed Lead-Acid) batterij indirect gekoppeld aan een zonnepaneel via een laadregelaar.

Dit wordt in de volgende punten besproken.

Maar even nog bij de System Events instellingen blijvende.

Bij het testen van deze system events hadden we bijkomend de “No power” geselecteerd naast “Low Charge” en “Low battery” voltage, wat logisch is omdat we willen hebben dat de PiJuice de Raspberry Pi zou afsluiten op het moment dat de batterij te weinig stroom levert.

De setting “Low Power” zou voorkomen dat indien men onverwacht de stekker uittrekt, dat de Pi te abrupt zou afsluiten op het moment dat nog services draaien of wanneer de datatransmissie halverwege onderbroken wordt.

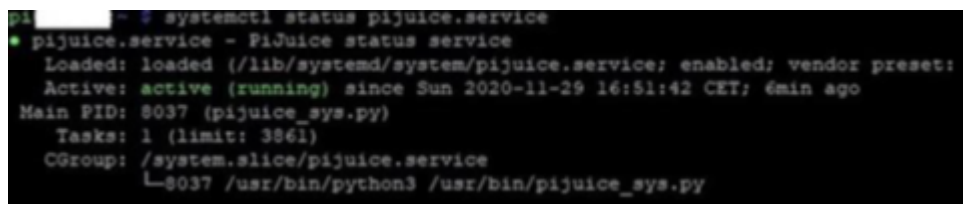
Maar wat bleek ? Wanneer we de stekker eruit trokken gebeurde er niks. De pi bleef door draaien en ging niet afsluiten.

De oorzaak lag in het OS van Linux: de service “pijuice.service” blijft niet draaien met de setting “Power Off”. Normaal wordt die service automatisch opgestart en zou bij elke herstart terug moeten opkomen. Ergens leek dit dus niet goed te lukken, maar is gelukkig snel te herstellen door de volgende commando's:

```
sudo systemctl enable pijuice.service
sudo systemctl start pijuice.service
```

Als je wilt controleren of de service draait:

```
systemctl status pijuice.service
```



```
pi ~$ systemctl status pijuice.service
● pijuice.service - PiJuice status service
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/pijuice.service; enabled; vendor preset:
   Active: active (running) since Sun 2020-11-29 16:51:42 CET; 6min ago
   Main PID: 8037 (pijuice_sys.py)
     Tasks: 1 (limit: 3861)
    CGroup: /system.slice/pijuice.service
            └─8037 /usr/bin/python3 /usr/bin/pijuice_sys.py
```

Resultaat is dat als de stekker er nu uit gaat, bijvoorbeeld door stroomtoevoer onderbreking, dat de Pi in ‘shutdown’ gaat zoals het hoort.

### **Wat werd hieruit geleerd?**

Enige kennis van Linux is nodig en niet alles is plug-and-play bij het inpluggen van hats op een Raspberry Pi. Goed de statussen nagaan van de services!

## **Het zonnepaneel voor het laden van de Pi**

Hier hebben we geopteerd voor een zonnepaneel van Victron Energy, met name een BlueSolar monokristallijne zonnepaneel van 40W-12V.

Dit om meerdere redenen:

- Het is een vrij licht paneel (3.1kg) wat het makkelijker maakt voor een paalmontage.
- Het paneel levert een maximale stroom (IMPP) van 2.19A waardoor het krachtig genoeg is om de SLA batterij op te laden en gelijktijdig de Raspberry Pi te voeden.
- Lage spanning-temperatuurcoëfficiënt verbetert de werking bij hoge temperatuur.
- Uitzonderlijke prestaties bij weinig licht en een hoge lichtgevoeligheid over het hele zonnenspectrum.
- 25 jaar beperkte garantie op vermogen en prestaties.
- 5 jaar beperkte garantie op materialen en vakmanschap.
- Verzegelde, waterdichte, multifunctionele aansluitdoos zorgt voor een hoge mate van veiligheid.
- Hoge-prestatie bypass-diodes minimaliseren de stroomdaling veroorzaakt door schaduw.
- Geavanceerd EVA-inkapselsysteem (ethyleenvinylacetaat) met drie laags achterblad voldoet aan de strengste veiligheidseisen voor werking onder hoogspanning.
- Een stevig, geanodiseerd aluminium frame maakt het mogelijk om modules eenvoudig op een paal of op een dak te monteren met een verscheidenheid aan standaard bevestigingssystemen. Wij kozen hier voor een pole mount systeem van Gallagher.
- Hoogste kwaliteit gehard glas met hoge transmissie biedt verbeterde stijfheid en slagvastheid.
- Krachtige modellen met voor bekabeld snelkoppelingssysteem met MC4 (PV-ST01) -connectoren.

## De laadregelaar tussen het zonnepaneel en de batterij

De spanning die we krijgen van het zonnepaneel gebruiken we om via een Solar laadregelaar de SLA batterij op te laden.



Deze PWM laadregelaar verbindt dus het zonnepaneel met de accu en het zorgt ervoor dat de spanning van het zonnepaneel naar beneden wordt bijgesteld in de buurt van het spanningsniveau van de accu.

De invoerspanning is dan nagenoeg gelijk aan de spanning van de accu (12V in ons geval) die is aangesloten. In tijden van veel bewolking en regen, of intensieve belasting van de accu, kan het voorkomen dat de accuspanning lager is dan normaal. Dit heeft dan ook zijn weerslag op het spanningsniveau van het zonnepaneel wat resulteert in minder opbrengst.

De PWM laadregelaar is vooral geschikt voor panelen met een uitgangsspanning die iets boven die van de accu ligt. In onze opstelling geeft het zonnepaneel een uitgangsspanning van 18V en de accu geeft 12V uitgangsspanning. Om deze variabele elektrische spanningen om te zetten, is deze laadregelaar dus nodig.

De PWM laadregelaar is gebruiksvriendelijk en eenvoudig te installeren en zelfs geschikt voor 12V en 24V installaties. Deze multifunctionele zonnelaad- en ontladregelaar heeft verschillende besturingsinstellingen die je naar eigen wensen kunt instellen.



- Laadregelaar heeft een groot en duidelijk displayweergave.
- 3 bedieningsknoppen voor het wijzigen van de instellingen.
- 2 USB uitgangen voor opladen van PiJuice, GSM of tablet.
- Ingebouwde microprocessor en 4 stage lader.
- Kortsluitingsbeveiliging, open circuitbeveiliging, omgekeerde beveiliging, overbelasting beveiliging.
- Geschikt voor loodzuur, AGM en GEL accu's.

| Specificatie laadregelaar         |                    |                  |                  |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|------------------|
| Model                             | 1210               |                  |                  |
| Laadvermogen                      | 10 A               |                  |                  |
| Verbruikers vermogen              | 10 A               |                  |                  |
| Systeem voltage                   | 12 volt            | 24 volt          |                  |
| Maximaal invoer zonnepaneel       | 25 v               | 50 v             |                  |
| Maximaal invoer zonnepaneel       | 120 w              | 240 w            |                  |
| *Laadvermogen (standaard)         | 13,7v              | 27,4             |                  |
| *Verbruikers stop (standaard)     | 10,7               | 21,4             |                  |
| *Verbruikers herstart (standaard) | 12,6               | 25,2             |                  |
| Batterij type                     | B01 Sealed         | B02 Gel          | B03 Flood        |
| Egalisatie                        | standaard 14,4 v   | standaard 14,2 v | Standaard 14,6 v |
| Eigen verbruik                    | <10 mA             |                  |                  |
| Werktemperatuur                   | -35 tot +65 graden |                  |                  |
| Afmeting                          | 133*70*34 MM       |                  |                  |
| Gewicht                           | 154 gram           |                  |                  |

| Foutmeldingen                 |                                   |                                 |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Situatie                      | Mogelijke oorzaak                 | Oplossing                       |
| Zon icon niet aan tijdens zon | zonnepaneel niet aangesloten      | opnieuw aansluiten              |
| Batterij icon uit             | mode batterij instelling verkeerd | opnieuw instellen               |
|                               | batterij spanning laag            | opnieuw herladen                |
| laad icon knippert langzaam   | overbeladen                       | verminder laad vermogen         |
|                               | kortsluitbeveiliging              | opnieuw verbinden               |
| uitschakelen                  | lage batterij spanning            | controleer batterij aansluiting |

## De batterij als voeding voor de Pi

Hier hebben we dus gekozen voor een onderhoudsvrije SLA batterij van Emrol, namelijk de SE18-12. Deze heeft een spanning van 12V en een capaciteit van 18 Ah hetgeen zeker voldoende is voor ons project.

Oorspronkelijk hadden we gedacht om een veelgebruikte LiPo batterij van 12000mAh te gebruiken als UPS systeem, maar na enkele dagen testen bleek deze LiPo niet de meest geschikte oplossing voor deze toepassing. Vandaar dat we zijn overgeschakeld naar een duurdere SLA (Sealed Lead Accu) type die veel betrouwbaarder is qua laadtijd en houdbaarheid dan het LiPo type.

Om de 12V batterijspanning bruikbaar te maken voor de Raspberry-Pi hebben we gebruik moeten maken van een DC-DC Converter, nl. een verstelbare Buck Converter type: LM2596 DC-DC Converter - Verstelbare Step-Down Buck Converter - 30V 3A Uitgang - voor o.a. Arduino en Raspberry-Pi.

Deze step-down Buck converter kan gebruikt worden om de spanning gemakkelijk te verlagen op een efficiënte manier. Een voorbeeld is het verlagen van een 12V voedingsspanning naar 5V of 3.3V voor het voeden van een sensor/module.

#### Specificaties:

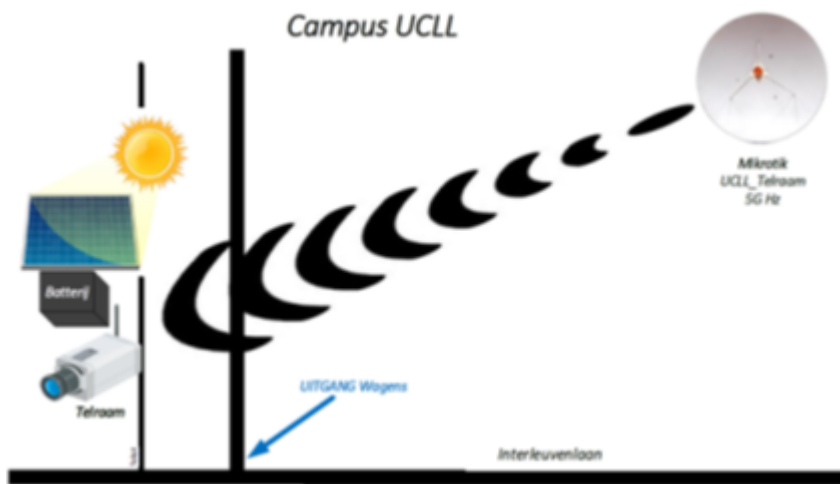
- ingangsspanning: 4-35V
- uitgangsspanning: 1,5-35V (verstelbaar)
- uitgangsstroom: 1A zonder koeling, 2A met koelblok, 3A met een fan erop
- conversie-efficiëntie: tot 92% (hoe hoger de uitgangsspanning, hoe hoger de efficiëntie)





## De wifi opstelling op het terrein

In de praktijk kwamen we meerdere hindernissen tegen en werden we telkens uitgedaagd om een gepaste oplossing te vinden voor de Wifi verbinding buitenshuis tussen de schotelantenne en het outdoor Telraam, een zogenaamde straalverbinding.



De schotelantenne die de 5Ghz straalverbinding opzet is van het merk Mikrotik waar in dit ganse gamma veel types van te vinden zijn.

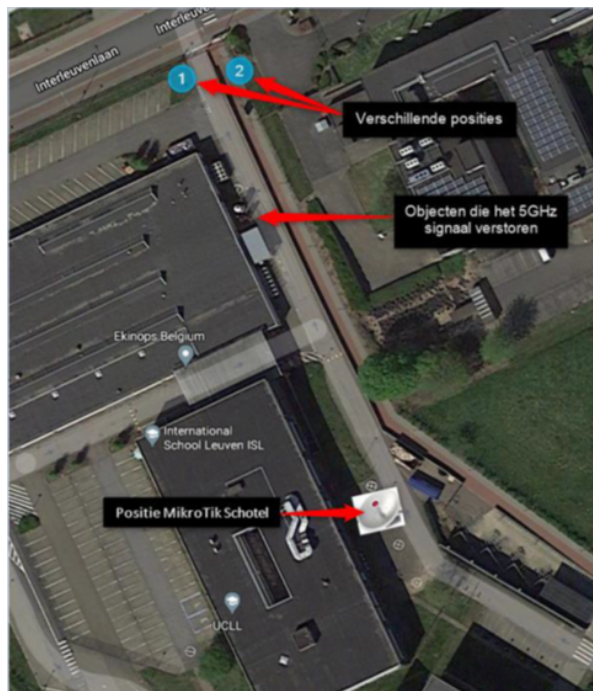
Wij pikten er de [Mikrotik Netmetal router/Access Point](#) uit met 30dBi signaalsterkte.

gingen we voor [deze](#) versie.

En voor de schotelantenne

In dit eindwerk gaan we niet in op de configuratie ervan omdat dit in een vorige eindproef reeds aan bod kwam en omdat we dezelfde settings overgenomen hebben voor onze use case, nl. dezelfde hardening en draadloze settings.

Op de campus ziet het eruit zoals hieronder duidelijk gemaakt wordt.



We hebben 2 verschillende locaties geprobeerd omdat we tot de vaststelling kwamen dat het signaal fel gestoord werd door enkele objecten die in "the line of sight" (LOS) lagen van de schotel antenne (zie foto).

Eerst hebben we geprobeerd om dit connectiviteitsprobleem te verhelpen door het gebruik van een USB wifi-adapter van het type TP-link AC600 High Gain Wireless Dual Band USB Adapter aan de wireless client zijde, nl. het Telraam zelf.

We hoopten hiermee een sterker ontvangstsignaal te krijgen omdat deze module een externe antenne zou hebben en er geen gebruikt meer gemaakt wordt van de ingebouwde 5Ghz antenne op de PCB van de Pi.

Maar al gauw bleek dit totaal niet het geval te zijn.



Een eenvoudige Wifiscanner op de smartphone volstond om de verschillen in antennes zichtbaar te maken.

We vergelijken het signaal tussen deze TPLink op de Pi en dat van een smartphone met ingebouwde antenne. Zoals de onderstaande foto aantoont, is er een tamelijk verschil in signaalsterkte tussen beide antennes : ontvangststerkte van -74dB op de Wifi dongle en op de smartphone en -61dB op Pi. Met andere woorden, zelfs de ingebouwde PCB antenne van de smartphone heeft een betere ontvangst dan de externe Wifi antenne van de USB dongle.



*Signaalsterkte Raspberry-Pi vs Smartpone*

Al vlug hebben we een andere, externe Duck antenne met  $\mu$ Fl connector aangesloten op het PCB van de Pi en gemonteerd in de IP68 enclosure.

Hier in beeld de goedkope Banana Pi met 5dB signaal versterking.



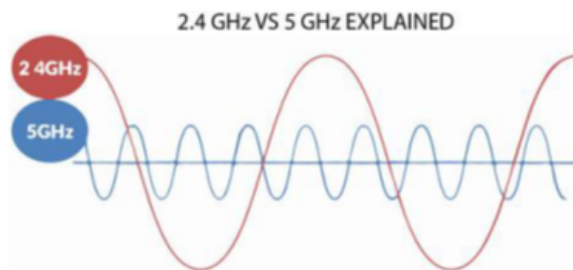
Op <https://hackaday.io/project/10091-raspberry-pi-3-external-antenna> wordt in detail uitgelegd hoe we een en ander SMD gesoldeerd kregen voor



het veranderen naar deze uitwendige antenne die duidelijk een beter uitzend/ontvangst vermogen kan geven naar de schotelantenne met ingebouwd access-point.

Hier kregen we een signaal sterkte schommelend rond de -58dB, wat een aanzienlijke verbetering is vergeleken met de vorige twee ontvangstantennes.

## Conclusies



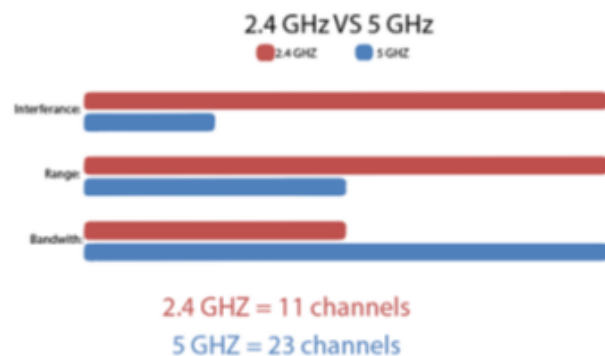
Onze Mikrotik router functioneert enkel op de 5Ghz band.

Het verschil tussen de 2.4 GHz en 5Ghz ISM band wordt hiernaast duidelijk gemaakt.

De 2.4 GHz wifi-netwerken hebben het grootste voordeel dat het signaal verder reikt, maar hun verbindingssnelheid ligt lager dan de 5GHz netwerken.

De 5 GHz wifi-netwerken hebben een hogere snelheid vergeleken met 2.4 GHz-netwerken, maar hun nadeel is dan weer dat ze op een kortere afstand werken en tussenliggende obstakels minder tolereren.

Om dit probleem van een te zwak en steeds uitvallend Wifi signaal ('connectivity loss') te verhelpen omwille van interfererende obstakels op de 5Ghz bandbreedte, moesten we uitkijken naar een betere locatie voor het Telraam.



Op de 2.4 Ghz band werken was geen optie.

Dit omdat een Wifi scan op de Mikrotik router van aanwezige wifi signalen kon laten zien dat de bandbreedte volledig was ingenomen door de vele AP aanwezig op de site. Elk klaslokaal in de campusgebouwen heeft er een en ook de omliggende AP van andere bedrijven verzadigden de band.

Het gevolg zou zijn te veel interferenties tussen de kanalen die een verbinding onmogelijk zouden maken op langere afstand, in ons geval een overbrugging van 100 meter.

Werken op de 5Ghz band is minder verzadigd door de minder aanwezige wifi clients, maar zoals gezegd, is meer onderhevig aan obstakels op het draadloze pad.

Hieronder zie je het voornaamste obstakel van de industriële machine in ons pad.



Gelukkig was het een kwestie van het Telraam te bevestigen aan een verlichtingspaal die iets meer rechtstreekse in “the line of sight” had met de Mikrotik schotel antenne waardoor we quasi geen hinder meer ondervonden. Ook hebben we de schotel antenne iets meer in de richting kunnen draaien naar het Telraam waardoor ze beter in elkaars ‘beam’ liggen.

We konden uit de logs van de router afleiden dat er gedurende een week lang geen enkele ‘disconnectivity’ meer voor kwam tussen het Access Point en het Telraam.



Hiernaast zie je naar waar het Telraam en het zonnepaneel werden verhuisd aan een andere verlichtingspaal langs de Interleuvenlaan, nog steeds op de grondeigendom van de campus weliswaar.

Op deze nieuwe locatie heeft het Telraam een betere en een stabielere Wifi verbinding en kan hij zijn data doorsturen naar de Internet servers van WeCount.



Maar! De afstand tussen het Telraam en de schotelantenne is een 100 tal meter, wat zeker goed te overbruggen is met een +30dBi gain op de schotelantenne. Zoals hierboven net vermeld, kregen we een stabiele verbinding een week lang.

Tot het hard begon te regenen.

Zonder twijfel: de grootste impact op de snelheid en stabiliteit van wifi is regen. Op regenachtige dagen is er een sterke negatieve invloed op de signaalsterkte. De verklaring is dat de waterdruppels deze radiofrequentie absorberen en het signaal gedeeltelijk blokkeren.

We kunnen uit de logs op de router heel goed vaststellen dat de verbinding wegvalt op het moment dat het begint te regenen en terug opstart wanneer het stopt met regenen.

Zie hier een sample uit de logs op een regenachtige dag.

|                      |        |                |                                                            |
|----------------------|--------|----------------|------------------------------------------------------------|
| Jun/20/2021 07:01:55 | memory | dhcp, info     | dhcp2 deassigned 10.10.10.105 from B8:27:EB:A7:DA:44       |
| Jun/20/2021 07:01:55 | memory | dhcp, info     | dhcp2 assigned 10.10.10.105 to B8:27:EB:A7:DA:44           |
| Jun/20/2021 07:02:05 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: disconnected, extensive data loss |
| Jun/20/2021 07:04:25 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: connected, signal strength -75    |
| Jun/20/2021 07:04:29 | memory | dhcp, info     | dhcp2 deassigned 10.10.10.105 from B8:27:EB:A7:DA:44       |
| Jun/20/2021 07:04:29 | memory | dhcp, info     | dhcp2 assigned 10.10.10.105 to B8:27:EB:A7:DA:44           |
| Jun/20/2021 07:04:50 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: reassociating                     |
| Jun/20/2021 07:04:50 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: disconnected, ok                  |
| Jun/20/2021 07:04:50 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: connected, signal strength -76    |
| Jun/20/2021 07:04:51 | memory | dhcp, info     | dhcp2 deassigned 10.10.10.105 from B8:27:EB:A7:DA:44       |
| Jun/20/2021 07:04:51 | memory | dhcp, info     | dhcp2 assigned 10.10.10.105 to B8:27:EB:A7:DA:44           |
| Jun/20/2021 07:05:15 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: reassociating                     |
| Jun/20/2021 07:05:15 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: disconnected, ok                  |
| Jun/20/2021 07:05:15 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: connected, signal strength -75    |
| Jun/20/2021 07:05:16 | memory | dhcp, info     | dhcp2 deassigned 10.10.10.105 from B8:27:EB:A7:DA:44       |
| Jun/20/2021 07:05:16 | memory | dhcp, info     | dhcp2 assigned 10.10.10.105 to B8:27:EB:A7:DA:44           |
| Jun/20/2021 07:05:26 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: disconnected, extensive data loss |
| Jun/20/2021 07:05:45 | memory | wireless, info | B8:27:EB:A7:DA:44@wlan1: connected, signal strength -76    |
| Jun/20/2021 07:05:51 | memory | dhcp, info     | dhcp2 deassigned 10.10.10.105 from B8:27:EB:A7:DA:44       |
| Jun/20/2021 07:05:51 | memory | dhcp, info     | dhcp2 assigned 10.10.10.105 to B8:27:EB:A7:DA:44           |

Op 20 juni in de vroege voormiddag begon het hard te regenen. Resultaat: een voortdurende associatie - reassociatie van het Telraam met de AP en een zwakke signaal ontvangst sterkte van om en bij de -75dB op de schotel.

Het omgekeerde is ook waar: als het droog is, blijft de connectiviteit constant.

## **Tot slot**

Als we terug gaan naar het begin van de tekst. De autonomie van een outdoor Telraam wordt gedefinieerd door twee aspecten.

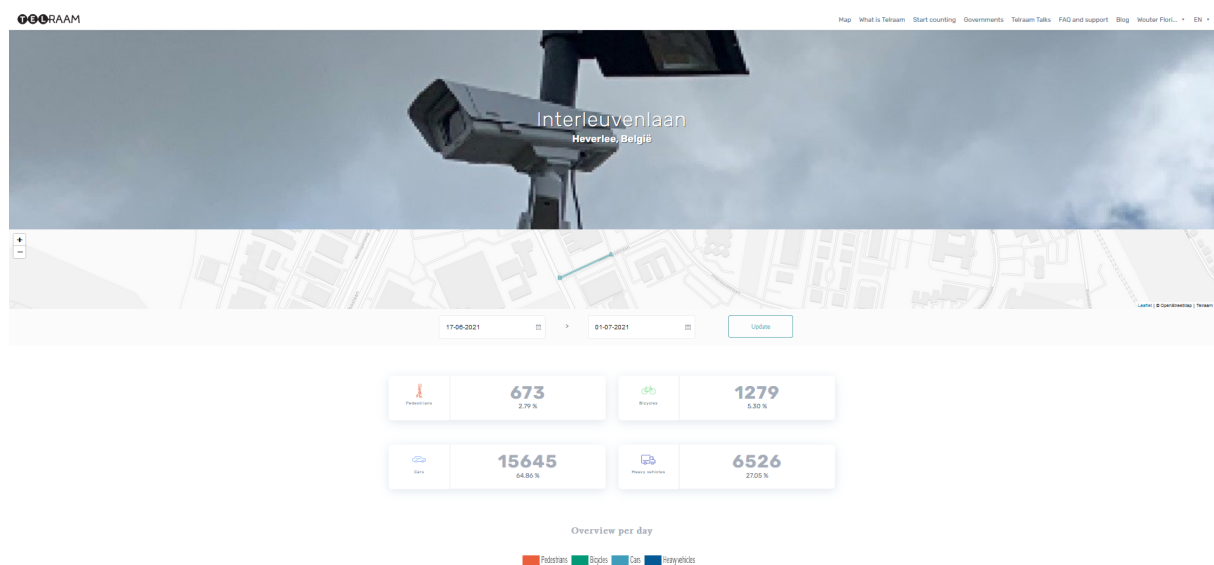
1. Het 'off grid' kunnen houden door batterij/zonnepaneel
2. De stabiliteit van een 5Ghz Wifi verbinding met het Telraam

Op punt 1 wordt 10/10 gescoord over een periode van vier weken testen reeds, al dan niet met veel of weinig zonneschijn.

Op punt 2 kunnen we geen percentage plakken omdat de stabiliteit geheel afhankelijk is van de weersconditie van de dag, voornamelijk door regenval.

De tellingen kunnen geconsulteerd worden via [deze](#) link.

## **Foto's opstelling**







Een autonoom(er) Telraam is een realisatie van UCLL Hogeschool, onder leiding van docent Wim Debbaut in samenwerking met Telraam en C-Valley en dankzij de steun van de stad Leuven. De data van het Telraam kunnen via [deze link](#) geconsulteerd worden.

The logo for TELRAAM, featuring the word in a bold, sans-serif font. The letters 'T', 'E', and 'L' are each enclosed within a black circle, while 'R', 'A', and 'A' are plain black letters.

C-VALLEY  
LEUVEN



UCLL  
HOGESCHOOL

