



# Werkingsprincipe en standaarden

Resonant inductive coupled  
wireless power transmission

**Odisee**  
DE CO-HOGESCHOOL

Technologiecampus Gent

Gebr. De Smetstraat 1 | 9000 Gent

T. 09 265 86 10 | E. [info.gent@odisee.be](mailto:info.gent@odisee.be)

Het doel van deze brochure is de lezer een duidelijke overzicht te geven over het werkingsprincipe van inductive coupled wireless power transfer. Eerst zullen de componenten die bij de energieoverdracht te pas komen toegelicht worden. Naderhand zullen zowel de mogelijkheden als beperkingen besproken worden. Tot slot worden ook enkele veel gebruikte standaarden voor inductieve draadloze energieoverdracht met hun specificaties onderzocht en voorgesteld.

Deze brochure werd opgesteld naar aanleiding van het project “Start-2-Charge: laagdrempelig draadloos opladen”. Dit project wordt gerealiseerd via de middelen voor Praktijkgericht Wetenschappelijk Onderzoek (PWO) van Odisee, ter beschikking gesteld door de Vlaamse Overheid. Eén van de doelen van dit project is het draadloos inductief opladen toegankelijker maken voor het werkveld.

---

## INHOUDSOPGAVE

---

Inhoudsopgave .....	3
Start-2-Charge project.....	4
Elektromagnetische draadloze energieoverdracht.....	5
Het werkingsprincipe.....	7
Elektromagnetische inductie wireless power transfer .....	7
Resonant inductive coupled WPT.....	8
Voor- en nadelen van RIC WPT .....	11
Geldende standaarden voor RIC WPT .....	14
Qi standaard (low power) WPC.....	14
Het communicatieprotocol .....	17
Het communicatieprotocol van de Qi-standaard .....	18
Mogelijkheden en beperkingen Qi-standaard.....	19
Implementie medium vermogen Qi-standaard .....	20
AirFuel Resonant (low power) AirFuel Alliance .....	21
Het communicatieprotocol Airfuel Resonant.....	22
Mogelijkheden en beperkingen AirFuel Resonant .....	23
AirFuel RF standaard .....	23
Standaarden hogere vermogens .....	24
Referentielijst.....	25

# Start-2-Charge project

In Start-2-Charge verlagen we de drempel voor bedrijven om inductief draadloos opladen te implementeren. Immers, heel wat ondernemingen ondervinden hindernissen om deze nieuwe technologie toe te passen in hun gamma of werkomgeving. In het project Start-2-Charge wordt dit gerealiseerd door het uitbouwen van een modulair testplatform en de ontwikkeling van een praktijkgerichte handleiding met ontwerprichtlijnen om een eigen draadloze toepassing uit te bouwen. Op de website van de onderzoekskern “UCE: User Centered Electronics & ICT” ([www.odisee.be/uce-user-centered-electronics-ict](http://www.odisee.be/uce-user-centered-electronics-ict)) kan meer info teruggevonden worden over hoe wij jou kunnen ondersteunen.

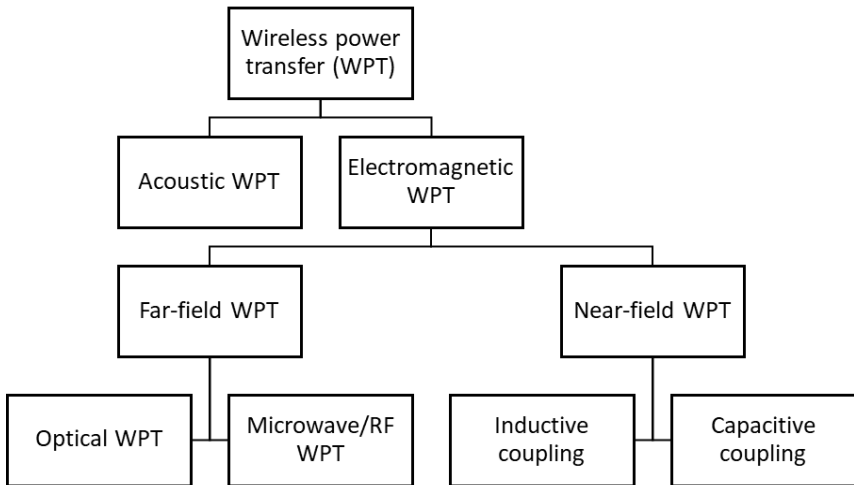


# Elektromagnetische draadloze energieoverdracht

Vandaag de dag bestaan er tal van technologieën waarmee zonder enig fysisch contact energie tussen twee media getransfereerd kan worden. Deze technologieën staan bekend als wireless power transmission (WPT) systemen.

Regelmatig worden WPT-systemen onderverdeeld in twee groepen naargelang de gebruikte technologie. Bij de eerste groep (de far field technologie) vindt de energietransfer via elektromagnetische velden plaats over grote afstanden [1]. Enkele voorbeelden van de far field WPT-technologie zijn de microwave power transmission en de laser power beaming. De tweede groep waartoe WPT-technologieën kunnen behoren focust zich op kortere afstanden. Deze groep staat bekend als de near field WPT en maakt gebruik van elektromagnetische resonantie of elektromagnetische inductie. Bij elektromagnetische inductie en elektromagnetische resonantie wordt er gebruik gemaakt van een dynamisch elektromagnetisch veld. Doch is er een groot verschil tussen beide technologieën zijnde de koppelingsfactor. In het geval van elektromagnetische inductie is de koppelingsfactor gewoonlijk groot wat een goede efficiëntie met zich teweegbrengt. Die efficiëntie kan echter nog verhoogd worden door gebruik te maken van de elektromagnetische resonantie. Alhoewel deze technologie veelal gepaard gaat met een lagere koppelingsfactor, wordt dankzij het resonantie-effect toch een vermogensoverdracht met hoge efficiëntie tot stand gebracht. Dit levert bovendien het voordeel dat de uitlijning van de spoelen van minder belang is.

In deze brochure ligt de focus voornamelijk op het werkingsprincipe en de standaarden die van kracht zijn voor de near field inductive coupled WPT-technologie. Onder deze noemer vallen zoals reeds gezegd zijnde de elektromagnetische inductie en de resonant inductive coupled WPT-technologie. Een overzicht is te vinden in Figuur 1.



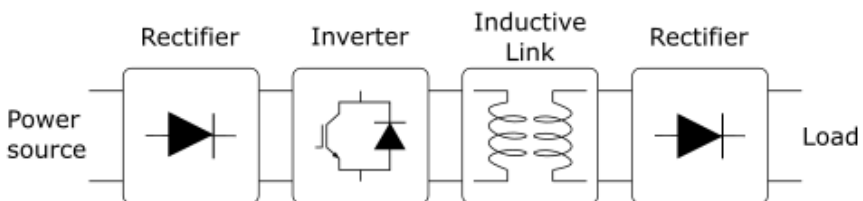
Figuur 1: Overzicht van de verschillende wireless power transmission (WPT) systemen

# Het werkingsprincipe

Bij WPT dient energie draadloos overgedragen te worden tussen een transmitter en een receiver. Een mogelijke strategie die hiervoor in aanmerking komt is het inductief koppelen van twee spoelen. Deze strategie wordt onder meer bij elektromagnetische inductie wireless power transfer (EI WPT) en resonant inductive coupled wireless power transfer (RIC WPT) gebruikt.

## Elektromagnetische inductie wireless power transfer

Het werkingsprincipe achter de EI WPT technologie kent grote gelijkenissen met deze van een enkelfasige transformator. In beide technologieën wordt er gebruik gemaakt van een transmitterspoel waardoor een AC-stroom gestuurd wordt. Deze stroom zal (zoals in de wet van Ampère beschreven wordt) een variërend elektromagnetisch veld veroorzaken. Vervolgens zal het gecreëerde elektromagnetisch veld op zijn beurt (gebruik makende van de wet van Faraday) een spanning introduceren in de ontvangende spoel. Het blokschema van de EI WPT technologie wordt in Figuur 2 voorgesteld.

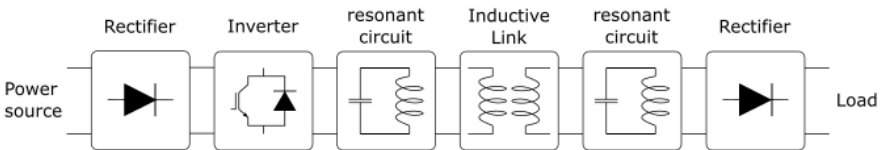


Figuur 2: Blokschema van elektromagnetische inductie wireless power transfer

In tegenstelling tot de werking van een transformator ligt de positie van de ontvangende en/of transmitterende spoel bij EI WPT helaas niet vast. Gevolglijk is het niet ondenkbaar dat (t.g.v. een grote luchtspleet of slechte uitlijning) een inductieve vermogensoverdracht met een lage koppelingsfactor of grote lekreactantie bekomen wordt. Aan deze grote lekreactantie is een groot reactief vermogen gelinkt, wat op zijn beurt betekent dat niet alle stroom (die uit de vermogensbron getrokken wordt) nuttig zal gebruikt worden. Dit heeft een ongunstig effect op het rendement van de vermogensoverdracht. Het moge dus duidelijk zijn dat EI WPT gepaard kan gaan met een slechte efficiëntie; er kan dus een groot deel van de energie verloren gaan.

## Resonant inductive coupled WPT

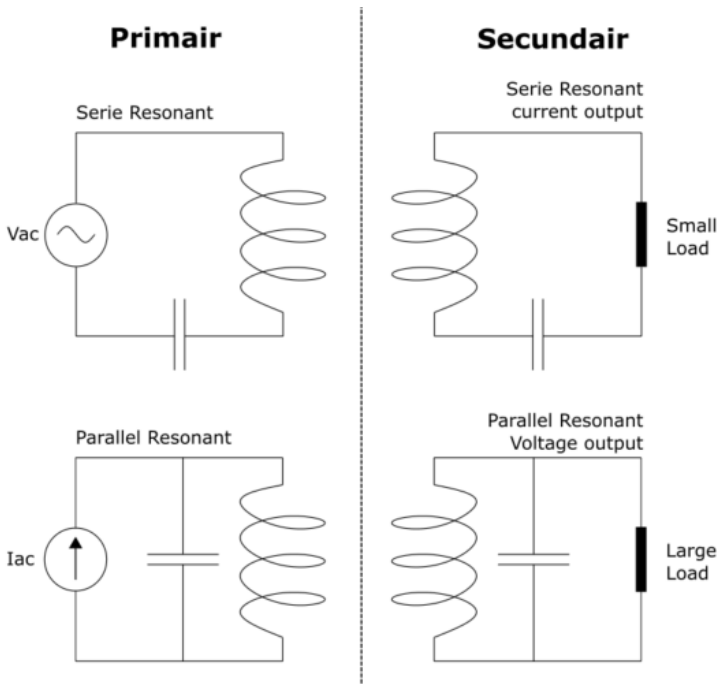
Een goede uitlijning en kleine luchtspleet is bij vele WPT-toepassingen helaas niet mogelijk. Indien bij deze toepassingen EI WPT systemen gebruikt zouden worden, zou dus een vermogensoverdracht met slecht rendement bekomen worden. Resonant inductive coupled wireless power transfer (RIC WPT) biedt in dergelijke gevallen de oplossing. Bij RIC WPT wordt er gebruik gemaakt van een resonantiecircuit met condensatoren om de grote lekreactantie (t.g.v. de slechte koppeling) te compenseren. Hierdoor is het mogelijk het reactief vermogen aanzienlijk te reduceren waardoor een vermogensoverdracht met beter rendement bekomen kan worden. Een blokschema van RIC WPT wordt in Figuur 3 voorgesteld.



Figuur 3: Blokschema van resonant inductive coupled wireless power transfer



Het resonantiecircuit waarvan men bij RIC WPT systemen gebruik maakt kan verscheidene gedaanten aannemen. Het secundair resonantiecircuit wordt in vele toepassingen opgesteld in functie van de belasting. Zo wordt er voor kleine belastingen een serieresonantie geïmplementeerd terwijl een parallelresonantiecircuit gebruikt wordt in combinatie met grotere belastingen. In tegenstelling tot het secundaire resonantiecircuit wordt bij RIC WPT-systemen niet in alle gevallen een primair resonantiecircuit geïmplementeerd. Niettegenstaand is het mogelijk om ook primair een parallel of serie resonantiecircuit te voorzien.



Figuur 4: Primaire en secundaire resonantiecircuiten

Tot slot worden er bij vele RIC WPT systemen met oog op een goede werking vaak een aantal componenten toegevoegd. Voorbeelden zijn: een DC/DC omvormer tussen de primaire gelijkrichter en de primaire DC/AC omvormer, een DC/DC omvormer tussen de ontvanger en de belasting en een datacommunicatiesysteem waarmee de transmitter en receiver informatie kunnen uitwisselen.

# Voor- en nadelen van RIC WPT

Draadloze energieoverdracht via inductieve koppeling laat toe om de batterij van een elektrisch apparaat op te laden zonder dat een fysieke kabel moet ingeplugd worden. Dit heeft verschillende voordelen [4]-[7].

Het belangrijkste voordeel, zeker voor draagbare apparatuur, is het praktische gebruiksgemak en de gebruikerservaring. Met draadloze energieoverdracht heeft de gebruiker geen gedoe meer met het aansluiten van kabels om het apparaat op te laden. Dit geldt zowel voor consumenten, als in een industriële setting.

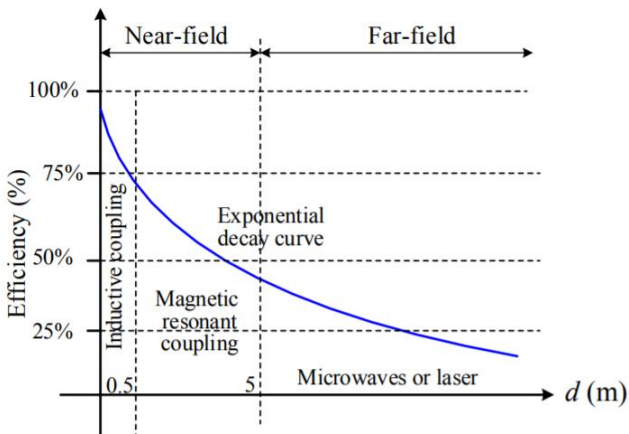
Draadloos opgeladen apparaten leiden tot een hogere robuustheid omdat er geen open verbindingen nodig zijn. Er is geen slijtage meer aan de oplaadconnector; het toestel is geheel afsluitbaar, waardoor het water- en stofdicht is. In industriële omgevingen is dit vaak een vereiste. Bij bedraad opladen kunnen vonken ontstaan bij het (los)koppelen van de oplaadkabel aan het apparaat. Draadloos opladen verhoogt de veiligheid in gevaarlijke industriële omgevingen waar ontvlambare of brandbare atmosferen aanwezig zijn.

Draadloos laden vergemakkelijkt de miniaturisatie van apparaten door het weglaten van een grote opladerconnector of een verkleining van de batterij. Bovendien is het voor bepaalde toepassingen kostbaar, gevaarlijk of onhaalbaar om de batterijen van het apparaat te vervangen of om oplaadkabels aan te sluiten (bijv. het opladen van Internet of Things-sensornetwerken of medische implantaten).

Slimme apparaten zijn in staat hun lage batterijspanning te detecteren en kunnen zich automatisch melden bij een laadstation om te herladen (bijv. automatisch geleide voertuigen, robots, drones,...). Het draadloos opladen van deze slimme apparaten zonder enige menselijke tussenkomst leidt tot een meer geautomatiseerde, betrouwbare en energiezuinige werking.

Naast de opmerkelijke voordelen kent RIC WPT helaas ook een aantal fundamentele beperkingen. Zo wordt er bij RIC WPT gebruik gemaakt van een hoge frequentie wat aanleiding kan geven tot het skineffect en proximitateffect.

Verder is er de invloed van de koppelingsfactor op de efficiëntie waarmee de energieoverdracht plaats vindt. Bij een slechte uitlijning of grotere afstand tussen de zend- en ontvangstspool zal (indien geen compensatie optreedt) de lekreactantie en dus het reactief vermogen toenemen. Daardoor zal de efficiëntie van de vermogensoverdracht aanzienlijk dalen.



Figuur 5: Verband tussen de efficiëntie van de vermogensoverdracht en de afstand tussen de transmitter en ontvanger [3]

Tot slot zijn er nog de elektromagnetische golven die niet altijd even onschadelijk zijn. Dergelijke elektromagnetische golven kunnen namelijk interfereren met andere elektrische toestellen waarbij ze de werking mogelijkjs verstoren. Bovendien kunnen dergelijke stralen ook interfereren met het menselijk lichaam waarbij ze elektrostimulatie, veranderingen in de permeabiliteit van het celmembraan, en thermische effecten kunnen veroorzaken. Hierdoor is de WPT-technologie dan ook aan tal van wetgevingen onderhevig (meer informatie hierover kan teruggevonden worden in de brochure "*RIC WPT Reglementeringen en Standaarden*").

# Geldende standaarden voor RIC WPT

Naast de geldende regulaties bestaan er verschillende standaarden die betrekking hebben op de inductive coupled WPT-systemen. Deze standaarden stellen randvoorwaarden (die niet wettelijk zijn vastgelegd) waaraan de inductive coupled WPTtechnologie dient te voldoen. De visie achter dergelijke standaarden is de technologie onafhankelijk te maken van de fabrikant. Meerdere fabrikanten kunnen aan een dergelijke standaard voldoen en dus producten op de markt brengen die toch compatibel zijn met elkaar.

## Qi standaard (low power) WPC

De Qi-standaard is een populaire standaard van het Wireless Power Consortium (WPC) [7]. De belangrijkste karakteristieken horende bij deze standaard zijn in Tabel 1 opgenomen [1].

Tabel 1: Karakteristieken Qi-standaard (WPC)

<b>Characteristics Qi-standard (WPC)</b>	
Developed by	Wireless power consortium
Tx on Rx	One on One relation
Operating frequency	87 - 205 kHz
Power levels	Basic Power profile (up to 5W)
	Extended Power profile (up to 15W)
	Working on adding standards for higher power
Rx Tx communication	In band communication
Power transmission distance	Up to 10 mm
Alignment	Precise coil alignment
Operating Principle	Inductive, some resonance

Voor het toepassen van de Qi-standaard kan men op de publiek toegankelijke specificaties terugvallen. Deze Qi-standaard specificaties kunnen teruggevonden worden op de website van het WPC [8] en bevatten info voor het ontwerp van de transmitter- en receiver. Een overzicht van de onderwerpen die in de Qi-standaard specificaties ter sprake komen is te vinden in Tabel 2 .



Figuur 6: Logo van de Qi-standaard

Tabel 2: Overzichtstabel van de Qi-standaard specificaties

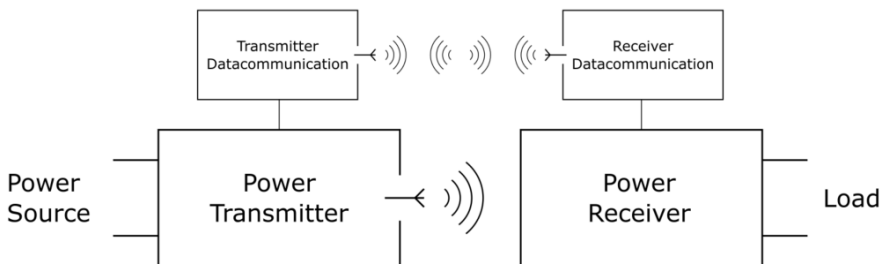
<b>Document name</b>	<b>Topics</b>
<b>General documents</b>	
Glossary	Definitions, Acronyms and Symbols
<b>System description documents</b>	
Mechanical, Thermal, and User Interface	Power Receiver design requirements, Mechanical design guidelines (Informative), Interface Surface temperature rise and User interface requirements
Power Delivery	Power Receiver construction, Power Receiver design guidelines (informative), Power Transmitter construction, Power consumption, Meaningful functionality, Unintentional magnetic field susceptibility (informative), Load steps, Over-voltage protection, External power input (informative), Power levels (Extended Power Profile only), System efficiency (informative), Stand-by power (informative), Object detection (informative), Power Receiver localization (informative)
Communications Physical Layer	Load modulation, Frequency-Shift Keying
Communications Protocol	Power Receiver and Power Transmitter identification, Ping phase, Configuration phase, Negotiation phase, Power transfer phase, Power Receiver data packets, Power Transmitter data packets
Foreign Object Detection	Avoidance of Foreign Object Heating, Pre-power transfer FOD methods, In-power transfer FOD methods, Determining the reference FOD values (informative)
NFC/RFID Card Protection	NFC/RFID card detection by a Power Transmitter, NFC/RFID card detection by a Power Receiver, Object detection using the NFC unit, Testing the impact of a Power Transmitter on an NFC/RFID device
Authentication Protocol	Certificates and Private Keys, Authentication protocol, Authentication messages, Timing requirements, Protocol flow examples, Cryptographic examples
<b>Reference design documents</b>	
Power Transmitter Reference Designs	Power Transmitter reference designs A1 to Ax and B1 to Bx, Power Transmitter reference designs MP-A1 to MP-Ax and MP-B1 to MP-Bx
Power Receiver Design Examples	Power Receiver design examples 1 - 5



## Het communicatieprotocol

In verscheidene toepassingen van inductieve draadloze energieoverdracht wordt de mogelijkheid tot datacommunicatie tussen transmitter- en receiver voorzien. Dergelijke datacommunicatie biedt onder meer het voordeel dat de receiver de transmitter in kan lichten over de noden van de belasting. Verder kan dankzij de datacommunicatie ook de state of charge gecommuniceerd worden. Dit heeft als voordeel dat de energieoverdracht na het opladen automatisch stopgezet kan worden waardoor het energieverlies gereduceerd kan worden. Overigens kan de datacommunicatie ook voor andere doeleinden zoals bijvoorbeeld foreign object detection (FOD) gebruikt worden. Het moge dus duidelijk zijn dat datacommunicatie sterke voordelen aan de WPT-technologie meegeeft en dus de meeste WPT-systemen enige vorm van datacommunicatie zullen hebben.

De implementatie van een datacommunicatiesysteem kan niettemin verscheidene gedaanten aannemen en is op regulariserend vlak niet gestandaardiseerd. Voor de implementatie van de datacommunicatie kunnen dus verscheidene methoden gebruikt worden. Wel bestaan er voor de datacommunicatie richtlijnen die in de specificaties van onder meer de Qi-standaard en AirFuel Resonant standaard toegelicht worden.



## Het communicatieprotocol van de Qi-standaard

Het communicatieprotocol waarvan de Qi-standaard gebruik maakt hangt af van de vermogensklasse waartoe het WPT-systeem behoort. Zoals reeds bij de specificaties in Tabel 1 vermeld werd, kunnen twee vermogenprofielen binnen de Qi-standaard onderscheid worden, zijnde “het basic power profile (BPP)” voor vermogens tot maximaal 5 W en “het extended power profile (EPP)” voor vermogens tot maximaal 15 W.

Voor de eerste vermogensklasse zijnde het BPP mag volgens de Qi-standaard specificaties eenzijdige datacommunicatie toegepast worden. Zo wordt in “Communications Physical Layer” [9] gespecificeerd dat de power receiver in staat moet zijn te communiceren met de power transmitter. Dergelijke eenzijdige datacommunicatie wordt binnen de Qi-standaard tot stand gebracht door aan de receiver een communicatiemodulator toe te voegen. Dankzij deze modulator is de receiver in staat backscatter modulation toe te passen en aldus m.b.v. amplitude shift keying (ASK) te communiceren met de power transmitter.

In tegenstelling tot het BPP is voor het EPP tweezijdige datacommunicatie verplicht. Net zoals bij het BPP, zal de power receiver m.b.v. ASK kunnen communiceren met de power transmitter. De power transmitter daarentegen zal niet ASK maar wel frequency shift keying (FSK) gebruiken om relevante data te transfereren naar de receiver.

Tot slot wordt het communicatieprotocol zo opgebouwd dat de power transmitter communicatie onderworpen is aan de power receiver communicatie. Concreet betekent dit dat de power receiver steeds datapakketten zal doorsturen en de power transmitter communicatie zich normaliter beperkt tot het beantwoorden van deze datapakketten. Indien de power transmitter toch een datapakket wenst door te sturen dient deze eerst toestemming te vragen (onder de vorm van een antwoord) aan de power receiver. Na het ontvangen van een dergelijk verzoek zal de power receiver de data van de transmitter opvragen.

Meer informatie over het communicatieprotocol, de soorten en opbouw van de datapakketten, de soorten antwoorden, etc. kunnen in de “Qi Specification Communications Physical Layer” [9] en de “Qi Specification Communications Protocol” [10] teruggevonden worden.

## **Mogelijkheden en beperkingen Qi-standaard**

Het grootste voordeel van de Qi-standaard is de populariteit en de hieraan gelinkte grote interoperabiliteit. De Qi-standaard is als het ware de marktleidende standaard op vlak van draadloze energieoverdracht voor onder meer mobiele telefoons [11]. Dit heeft als grote voordeel dat wanneer een nieuwe Qi-standaard technologie op de markt gebracht wordt, deze direct compatibel is met een grote reeks andere Qi gecertificeerde producten.

Naast de grootte interoperabiliteit heeft de Qi-standaard helaas ook een aantal fundamentele beperkingen. Zo wordt er gebruik gemaakt van de tightly coupled technologie met een beperkte in-band communicatie. Dit heeft als gevolg dat de afstand tussen transmitter en receiver gelimiteerd is tot 10 mm. Overigens kan hierdoor ook slechts één receiver met één transmitter gekoppeld en opgeladen worden.

Verder beperkt de Qi-standaardisatie zich ook tot een vermogen van 15 W. Deze limitering kan onder meer gelinkt worden aan de lage en nauwe frequentieband (87 – 205 kHz). Bovendien is er nog de vereiste dat alle receiver ontwerpen (EPP- en BPP-systemen) compatibel moeten zijn met alle transmitter ontwerpen. Concreet betekent dit dat bijvoorbeeld een Qi-gecertificeerde EPP-receiver (gedimensioneerd voor een vermogen van 15 W) ook gebruikt moet kunnen worden in combinatie met een BPP-transmitter (gedimensioneerd op 5 W). Het moge duidelijk zijn dat dit de implementatie naar hogere vermogens toe niet vergemakkelijkt.

### **Implementie medium vermogen Qi-standaard**

Desalniettemin de hedendaagse vermogensbeperking van de Qi-standaard tot 15 W zijn er volgens het WPC plannen om de Qi-standaard uit te breiden tot hoger vermogens. Bovendien kent het WPC naast de Qi-standaard ook andere standaarden zoals het Ki cordless kitchen standard [12] die zich wel toespitsen op hogere vermogens.

# AirFuel Resonant (low power) AirFuel Alliance

Een andere populaire low power WPT-standaard is de AirFuel Alliance. Deze alliantie ontstond naar aanleiding van de samenvloeiing tussen de Alliance for Wireless Power (A4WP) en de Power Matters Alliance (PMA) in de hoop met de Qi-standaard te kunnen concurreren [13], [14]. Enkele belangrijke karakteristieken verbonden aan deze standaard kunnen in Tabel 3 teruggevonden worden [1].

Tabel 3: Karakteristieken AirFuel Resonant standaard (AirFuel Alliance)

<b>Characteristics AirFuel Alliance Wireless Power</b>	
Developed by	PMA en A4WP
Tx on Rx	One on Many relation possible
Operating frequency	License-free ISM band 6,78 MHz $\pm$ 15 kHz
Power levels	1 W to 50 W
	Demonstrations up to 130 W
Rx Tx communication	Bluetooth Low Energy (BLE)
Power transmission distance	Up to 40 mm
Alignment	No precise coil alignment
Operating Principle	Resonance

Voor het toepassen van de AirFuel Resonant standaard kan men opnieuw op publiek toegankelijke specificaties terugvallen. Deze specificaties kunnen teruggevonden worden op de website van AirFuel Resonant [15] en bevatten informatie voor het ontwerp van een transmitter- en receiver. Een overzicht van de onderwerpen die in de AirFuel Resonant standaard specificaties ter sprake komen worden in Tabel 4 voorgesteld.

Tabel 4: Overzichtstabel van de AirFuel Resonant-standaard specificaties

<b>Chapter</b>	<b>Content</b>
1	Scope and document conventions
2	Normative references
3	Terms, definitions, symbols and abbreviated terms
4	System description
5	High level requirements
6	Device types
7	Power transfer specifications
8	Power control specifications
9	Signaling specifications
10	PTU resonators

## **Het communicatieprotocol Airfuel Resonant**

In tegenstelling tot de Qi-standaard kan bij de Airfuel Resonant technologie een transmitter met meerdere receivers gelinkt worden. Ten gevolge hiervan dient de datacommunicatie volledig anders geïmplementeerd te worden. Zo wordt er bij Airfuel Resonant niet gebruik gemaakt van in-band communicatie maar wordt er met behulp van een Bluetooth Low Energy (BLE) link communicatie tussen de receiver(s) en transmitter mogelijk gemaakt.

Meer informatie over het implementeren van de BLE-communicatie kunnen in de specificaties teruggevonden worden.

## **Mogelijkheden en beperkingen AirFuel Resonant**

In tegenstelling tot de Qi-standaard maakt de AirFuel Resonant technologie gebruik van een loosely coupled technologie. Dit heeft als voordeel dat een hogere graad van flexibiliteit naar uitlijning en positionering van de spoelen bekomen kan worden. Voorts kan bij de AirFuel Resonant technologie hierdoor een grotere luchtspleet overbrugd worden alsook meerder receivers met eenzelfde transmitter verbonden worden.

Verder kan de AirFuel Resonant technologie ook toegepast worden voor vermogens boven de 15 W. Alhoewel de AirFuel Resonant technologie zich ook voornamelijk toespits op de lagere vermogens zijn reeds vermogensoverdrachten van 130 W gedemonstreerd. Hoge vermogens blijven evenwel moeilijk toe te passen ten gevolge van de gestelde limiteringen aan het magnetische veld in de AirFuel Resonant specificaties.

Desondanks deze grote voordelen gaat het toepassen van de Airfuel Resonant technologie tot over de Qi-standaard technologie gepaard met een grotere componentenkost [16]. Bovendien is t.g.v. de grotere flexibiliteit (de grote luchtspleet en de mogelijkheid voor één -op-veel relatie) de elektromagnetische interferentie (EMI) moeilijker te controleren alsook het balanceren van de systeemdynamiek complexer.

## **AirFuel RF standaard**

Naast de AirFuel Resonant standard kent AirFuel Alliance nog een andere standaard zijnde de AirFuel RF standaard. De Airfuel RF standaard is in tegenstelling tot de AirFuel Resonant technologie niet een near field WPT-technologie maar een far field WPT-technologie. Wanneer AirFuel RF m.a.w. geïmplementeerd wordt, kan over een veel grotere afstand vermogen overgedragen worden.

## **Standaarden hogere vermogens**

De WPT-technologie kent ook standaarden voor de hogere vermogens. Een voorbeeld is de SAE J2954 [17] (een standaard voor WPT voor elektrische auto's). Dergelijke standaarden focussen zich echter op vermogens boven de 200 W en vallen dan ook buiten de scope van deze brochure.



# Referentielijst

- [1] Würth Elektronik, *Trilogy of wireless power transfer*, 1st ed. Würth elektronik, 2019.
- [2] D. Kim, A. Abu-Siada, and A. Sutinjo, "State-of-the-art literature review of WPT: Current limitations and solutions on IPT," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 154, pp. 493–502, 2018, doi: 10.1016/j.epr.2017.09.018.
- [3] A. M. Jawad, R. Nordin, S. K. Gharghan, H. M. Jawad, and M. Ismail, "Opportunities and challenges for near-field wireless power transfer: A review," *Energies*, vol. 10, no. 7, pp. 1–28, 2017, doi: 10.3390/en10071022.
- [4] M. Molefi, E. D. Markus, and A. Abu-Mahfouz, "Wireless Power Transfer for IoT Devices-A Review," *Proc. - 2019 Int. Multidiscip. Inf. Technol. Eng. Conf. IMITEC 2019*, vol. i, 2019, doi: 10.1109/IMITEC45504.2019.9015869.
- [5] J. Huang, Y. Zhou, Z. Ning, and H. Gharavi, "Wireless Power Transfer and Energy Harvesting: Current Status and Future Prospects," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 26, no. 4, pp. 163–169, 2019, doi: 10.1109/MWC.2019.1800378.
- [6] O. Elektronica-ict and T. Gent, "PWO-oproep 2020-2021," vol. 2, no. i, pp. 1–18, 2021.
- [7] "About the WPC | Wireless Power Consortium." <https://www.wirelesspowerconsortium.com/about/about-wpc> (accessed Sep. 23, 2021).
- [8] "Download the Qi Specifications | Wireless Power Consortium." <https://www.wirelesspowerconsortium.com/knowledge-base/specifications/download-the-qi-specifications.html> (accessed Oct. 19, 2021).
- [9] W. P. Consortium, "WIRELESS POWER Qi Specification Communications Physical Layer," no. January, pp. 1–20, 2021.
- [10] W. P. Consortium, "WIRELESS POWER Qi Specification Communications Protocol," no. January, pp. 1–137, 2021.
- [11] "What's the Difference Between Qi and Other Types of Wireless Power Transfer? | Electronic Design." <https://www.electronicdesign.com/power-management/article/21805792/whats-the-difference-between-qi-and-other-types-of-wireless-power-transfer> (accessed Oct. 19, 2021).
- [12] "Ki Cordless Kitchen Standard | Wireless Power Consortium." <https://www.wirelesspowerconsortium.com/kitchen/> (accessed Sep. 23, 2021).
- [13] "Wireless Power Standards: The Wireless Power Consortium (Qi) vs. the AirFuel Alliance | Würth Elektronik: Electronic & Electromechanical Components > News > Blog: World of Electronics." [https://www.wel-online.com/web/en/electronic\\_components/news\\_pbs/blog\\_pbcm/blog\\_detail-worldofelectronics\\_100415.php](https://www.wel-online.com/web/en/electronic_components/news_pbs/blog_pbcm/blog_detail-worldofelectronics_100415.php) (accessed Sep. 23, 2021).
- [14] "Wireless Charging Standards At 6.78 MHz | AirFuel Alliance." <https://airfuel.org/wireless-charging-standards/> (accessed Sep. 23, 2021).
- [15] "Magnetic Resonance Charging Technology | AirFuel Alliance." <https://airfuel.org/airfuel-resonant/> (accessed Oct. 19, 2021).

- [16] "The (re)emergence of inductive resonant wireless charging - Electronic Products & Technology Electronic Products & Technology." <https://www.ept.ca/features/the-reemergence-of-inductive-resonant-wireless-charging/> (accessed Oct. 20, 2021).
- [17] "J2954: Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology - SAE International." [https://www.sae.org/standards/content/j2954\\_202010/](https://www.sae.org/standards/content/j2954_202010/) (accessed Sep. 23, 2021).

2021-2022

**Odisee**  
DE CO-HOGESCHOOL  
Minnaert Ben  
Peirens Kiran