

The background features a stylized illustration. On the right, a green silhouette of a house is shown with a white electrical plug connected to its side. A white charging cable loops from the house towards the left, ending in a white charging head. On the left, a gold silhouette of a car is shown with a white charging head connected to its side. The sky is light gray with three white, fluffy clouds. The overall style is clean and modern with a textured, paper-like appearance.

# THUIS ELEKTRISCH OPLADEN

hoe uw wagen verschilt van uw smartphone

---



Deze brochure wil u informeren over een aantal belangrijke aspecten rond het thuis opladen van elektrische voertuigen en u wegwijs maken in de verschillende mogelijkheden en beperkingen van het thuisladen.

Deze brochure is het resultaat van het onderzoeksproject THEO (THuis Elektrisch Opladen) waarmee de Vlaamse overheid in samenwerking met verschillende kennisinstellingen en bedrijven de Vlaamse elektro-installateur wil informeren over het thuis opladen van elektrische voertuigen. Dit project verliep in samenwerking met de Vlaamse Proeftuin Elektrische Voertuigen, waarin de focus eerder lag op het openbare laadgebeuren.

Mochten er na het lezen van dit document nog vragen rijzen, kan u contact opnemen met de projectmedewerkers via [info@evladen.be](mailto:info@evladen.be).

---

## INHOUDSTAFEL

Elektrische voertuigen? .....	3
Laden van elektrische voertuigen? .....	5
Laadmodes .....	7
De laadkabel.....	11
Het laadproces .....	14
Laadproces en degradatie van Li-ion batterijen.....	16
Installatie mode 3 laadpunt .....	18
Laadprobleem van sommige elektrische wagens bij 3x230V netten.....	20
Overzicht partners .....	22

---



# ELEKTRISCHE VOERTUIGEN?

Elektrische voertuigen winnen langzaam aan terrein in België. Volgens de FOD Mobiliteit en Vervoer werden in 2013 1170 oplaadbare elektrische voertuigen verkocht, wat het totaal op 1 januari 2014 op 4446 bracht.

Elektrische voertuigen zijn een waardig alternatief voor conventionele wagens. Een groot voordeel van elektrische voertuigen is de afwezigheid van lokale uitstoot en de stille motor (geen vroemvroem, maar zoemzoem!). Bij sommige elektrische wagens is om veiligheidsredenen bij lage snelheden een waarschuwingsgeluid voorzien om andere weggebruikers te waarschuwen, bij hogere snelheden neemt het bandengeluid deze taak over. Elektrische voertuigen hebben ook een potentieel van energiebesparing, de auto kan thuis of op het werk getankt worden met groene energie uit de eigen WKK of PV-installatie.

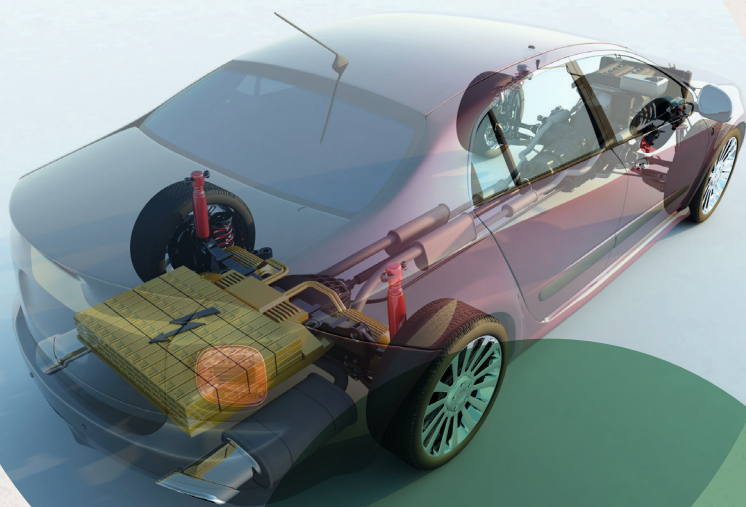
Vaak vermelde nadelen van elektrische wagens zijn het beperkte rijbereik en de hogere aankoopprijs. Momenteel varieert het rijbereik (de afstand die gereden kan worden zonder de batterij te herladen) van de gemiddelde elektrische wagen tussen de 100 en 500 km. Het rijbereik is uiteraard sterk afhankelijk van allerlei factoren zoals rijstijl, gemiddelde snelheid, airco, verlichting... Het door de fabrikant opgegeven gestandaardiseerde rijbereik wordt in de praktijk zelden gehaald.

Elektrische voertuigen hebben inderdaad een hogere aankoopprijs dan conventionele voertuigen, maar compenseren dit (deels) door de lagere kosten

voor onderhoud en het goedkopere “tanken”. Elektrische auto’s vallen tevens in de laagste klasse van fiscale pk’s, waardoor het laagste tarief van verkeersbelasting en BIV van toepassing is. Voor bedrijven zijn elektrische voertuigen in veel gevallen goedkoper dan hun conventionele equivalent door hun 120% fiscale aftrekbaarheid. Voor particulieren is er sinds 2013 geen belastingvoordeel meer.

Tot slot mag niet vergeten worden dat het rijden met elektrische voertuigen ook gewoon leuk en comfortabel is door het onmiddellijk beschikbare hoge koppel en de afwezigheid van trillingen door de motor!

Zuiver elektrische voertuigen beschikken enkel over een elektromotor en een batterijpakket. Daarnaast zijn er hybride elektrische voertuigen. Deze hebben naast de elektromotor ook een klassieke verbrandingsmotor, die bijspringt als het batterijpakket leeg is of het gevraagde vermogen dat van de elektromotor overstijgt. Voorbeelden van deze hybride voertuigen zijn de Toyota Prius, Opel Ampera, Chevrolet Volt, Fisker Karma, Mitsubishi Outlander, BMW i8 ...



*hybride wagen*

# LADEN VAN ELEKTRISCHE VOERTUIGEN?

De laatste jaren werken verschillende actoren aan de uitrol van een netwerk van openbare laadpunten, een overzicht hiervan is onder andere verkrijgbaar via de website van ASBE: [www.asbe.be/nl/laadpunten](http://www.asbe.be/nl/laadpunten).

Niettegenstaande dit groeiend aantal openbare laadpunten blijft “de eerder beperkte openbare oplaadmogelijkheden” een regelmatig gehoorde twijfel voor het aanschaffen van een elektrische wagen. Nochtans kunnen elektrische voertuigen voor dagdagelijkse verplaatsingen meestal eenvoudig en goedkoop thuis of op het werk opgeladen worden. Voor langere ritten kan er een bijkomende behoefte zijn om onderweg te laden, waarbij gebruik gemaakt kan worden van openbare laadpunten.

Bij elektrische voertuigen is het de bedoeling om de wagen bij elke stop bij te laden, in tegenstelling tot conventionele voertuigen waarbij pas getankt wordt als de benzine of dieseltank volledig leeggereden is. Het vergt een kleine gedragswijziging om de tijd dat de elektrische wagen thuis of op het werk stilstaat nuttig te gebruiken om via de eigen elektriciteitsleverancier –al dan niet op nachttarieff- of met zelfopgewekte groene stroom de batterijen op te laden.

In principe volstaat een correct beveiligd huishoudelijk stopcontact in de buurt van de standplaats (bijvoorbeeld in de garage of op de oprit) om aan beperkte



snelheid op te laden. Verschillende fabrikanten bieden daarnaast aangepaste thuislaadinfrastructuur aan waardoor op een veilige manier sneller en intelligenter kan worden opgeladen.

In deze brochure komen de typische terminologie, de technologie en verschillende aandachtspunten rond het laden van elektrische wagens aan bod:

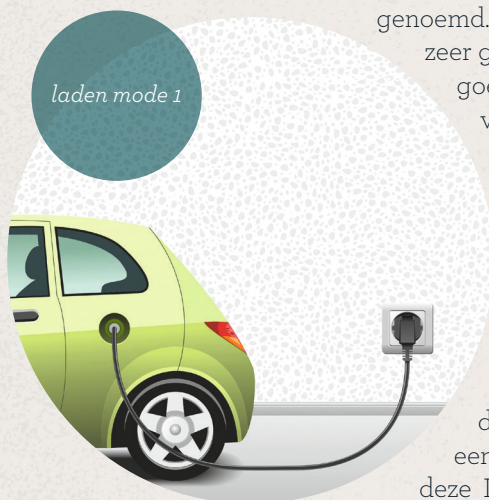
- Verschillende laadwijzen (laadmodes)
- Gangbare stekkers en connectoren
- Mode 3 laadprotocol
- Laadproces en degradatie van Li-ion batterijen
- Installatie van een mode 3 laadpunt
- Laadprobleem van sommige elektrische wagens op 3x230V netten

*Het grote verschil tussen het opladen van de batterij van een gsm en die van een wagen is de hoeveelheid energie die getransporteerd moet worden. Voor het voeren van deze grote en langdurige elektrische stromen werden speciale stekkers en verschillende laadwijzes (laadmodes) uitgewerkt.*

## LAADMODES

De meest eenvoudige laadwijze is deze waarbij de wagen wordt ingepluigd met een huishoudelijke stekker zoals we die kennen van andere elektrische toestellen. Anders dan bij een gsm of een laptop bevindt de gelijkrichter zich hier aan boord van het voertuig. Deze manier van laden wordt **mode 1 laden**

genoemd. Omdat het bij elektrische voertuigen van zeer groot belang is dat de gebruikte stroomkring goed beveiligd is en dit bij mode 1 laden niet verzekerd is, wordt mode 1 laden niet meer toegepast voor elektrische wagens. In sommige landen (o.a. VS, Israël en Canada) is mode 1 laden zelfs bij wet verboden.



Als er geladen moet worden via een standaard stopcontact, biedt **mode 2 laden** de oplossing. Bij mode 2 laden wordt ook gebruik gemaakt van een standaard huishoudelijk stopcontact, maar is er in de laadkabel een In Cable Control Box (ICCB) ingewerkt. In deze ICCB bevindt zich een differentieelschakelaar en een stroombeperking. Dit zorgt, op voorwaarde van een goede aarding, altijd voor een goede beveiliging van de stroomafwaartse installatie (laadkabel en elektrische wagen) bij het laden.

Omdat er bij mode 2 laden gebruik gemaakt wordt van huishoudelijke stopcontacten, is het belangrijk de laadstroom enigszins te beperken. Huishoudelijke stopcontacten zijn immers niet ontworpen om regelmatig gedurende lange tijd belast te worden met een hoge stroom. Door een regelmatig langdurige belasting met een hoge stroom, kunnen de contactbussen in het stopcontact degraderen, waardoor het stopcontact gevaarlijk opwarmt.

### laden mode 2



Onderzoek van KU Leuven en VUB in samenwerking met NIKO op een significant deel van de aanwezige producten in de markt heeft uitgewezen dat de stroomsterkte bij mode 2 laden best beperkt blijft tot 10A. Bij deze laadsnelheid wordt er bij de gemiddelde elektrische wagen per uur genoeg energie overgedragen om ongeveer 10 km te rijden.

Om veilig te laden met hogere stromen, dus om de wagen sneller op te laden, is **mode 3 laden** ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van stopcontacten en stekkers die specifiek ontworpen zijn voor het opladen van elektrische voertuigen. Het stopcontact is ingebouwd in een laadpunt dat een vast onderdeel wordt van de elektrische huisinstallatie. Bij het mode 3 laden is er een continue communicatie tussen het laadpunt en de elektrische wagen, wat zorgt voor een veilig laadproces. Door gebruik te maken van mode 3 laden kan een gemiddelde elektrische wagen gemakkelijk 60% sneller laden omdat hogere stromen toelaatbaar zijn en meerdere fasen gebruikt kunnen worden. Voor versie 2013 van de Nissan Leaf bijvoorbeeld, meldt Nissan dat het opladen van een lege batterij via mode 2 laden gemiddeld 10 uur duurt, tegenover gemiddeld 4 uur bij mode 3 laden. Een ander voordeel van mode 3 laden is dat sommige mode 3 laadpunten zo ingesteld kunnen worden dat het laden pas start bij nachttarief. Op deze manier kan de wagen steeds met goedkopere elektriciteit opgeladen worden.

### laden mode 3





Bij de aanschaf van een elektrische wagen wordt aangeraden indien mogelijk thuis een mode 3 laadpunt te installeren. Bij sommige types elektrische wagens wordt dit standaard bijgeleverd, bij andere vraagt dit een extra investering. Mode 3 laadpunten zijn er in alle kleuren en formaten, meer informatie hierover kan gevonden worden op [www.evladen.be](http://www.evladen.be) (wel eerst gratis registreren, deze website stuurt geen ongevraagde nieuwsbrieven of andere informatie).

Sommige elektrische voertuigen kunnen ook snel-laden of **mode 4 laden** (DC laden). Bij AC-laden (mode 1, 2 en 3) bevindt de gelijkrichter om de wisselspanning van het elektriciteitsnet om te vormen naar gelijkspanning voor de batterij zich in de wagen. Bij mode 4 laden zit de gelijkrichter echter in de laadpaal, wat dit een dure installatie maakt die gevoelig is voor vandalisme. De hoge kostprijs en het hoge laadvermogen maken deze installatie ongeschikt voor thuisladen.

Snelladen veroorzaakt geen schade aan het batterijpakket tot een laadsnelheid waarbij het laadvermogen 1,5 à 2 keer de energie-inhoud van het batterijpakket bedraagt. Voor een wagen met een batterijpakket van 24 kWh geldt dus dat er probleemloos geladen kan worden tot een vermogen van 36 à 48 kW. Laden met hogere vermogens kan de levensduur van de batterijen beïnvloeden. Bovenstaande waarden zijn richtwaarden voor de grote groep van Li-ion batterijen. Gelieve voor informatie over een bepaalde wagen steeds de informatie van de wagenfabrikant te raadplegen.



*laden mode 4*

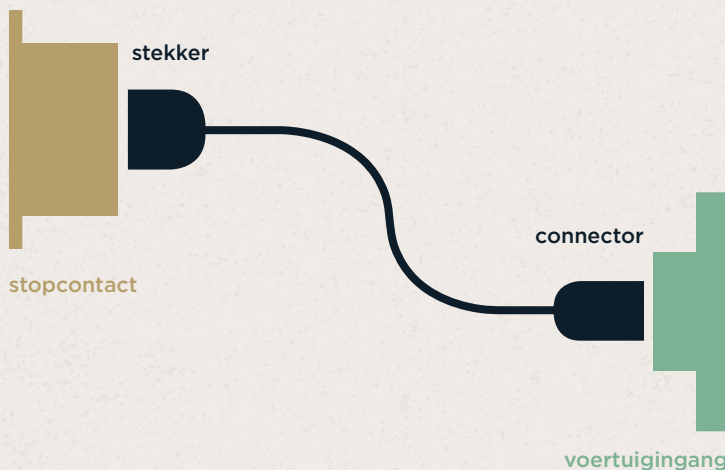
## Samengevat

Het thuisladen van elektrische voertuigen kan gebeuren via mode 2 of mode 3. Mode 2 laden gebeurt via een laadkabel met In Cable Control Box, voor mode 3 laden moet een thuislaadpunt geïnstalleerd worden. Mode 3 laden geniet de voorkeur door de hogere laadsnelheid en de hogere flexibiliteit.



# DE LAADKABEL

Bij het opladen van elektrische wagens wordt een laadkabel gebruikt. Aan de kabel bevinden zich een stekker en een connector, de stekker wordt in het stopcontact gestoken, de connector in het voertuig.



Bij **mode 2** laden wordt gebruik gemaakt van een type connector dat specifiek ontworpen is voor het laden van elektrische voertuigen: de type 1 of type 2 connector (*zie verder*) verbindt de wagen met de laadkabel. De verbinding van de laadkabel met het elektriciteitsnet gebeurt met een klassieke huishoudelijke stekker. In de laadkabel bevindt zich de *In Cable Control Box*.

Bij **mode 3** laden wordt voor het connecteren aan de wagen ook gebruik gemaakt van een type 1 of 2 connector. In tegenstelling tot mode 2 laden, wordt bij mode 3 laden voor aansluiting op het elektriciteitsnet ook gebruik gemaakt van specifiek ontworpen stekkers. Deze stekkers zijn wel geschikt om regelmatig langdurige hoge stromen te geleiden. Hierdoor kunnen elektrische wagens sneller laden via mode 3.

*Er bestaan verschillende types connectoren, deze zijn afhankelijk van het type wagen:*

## **TYPE 1: SAE J1772**

Dit is de oorspronkelijk Japanse & Noord-Amerikaanse standaard voor het laden van elektrische voertuigen. Met dit type connector is het enkel mogelijk om voertuigen enkelfasig op te laden.

*Bij het samenstellen van deze brochure beschikten voertuigen van o.a. de volgende merken over een Type 1 connector: Chevrolet, Citroën, Fisker, Ford, Mia, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Renault (Fluence & Renault Kangoo, NIET Renault Zoé), Toyota...*



## **TYPE 2: VDE-AR-E 2623-2-2**

Dit is de oorspronkelijk Europese standaard voor het laden van elektrische voertuigen. Met dit type connector is het mogelijk om voertuigen enkelfasig of driefasig op te laden.

*Bij het samenstellen van deze brochure beschikten voertuigen van o.a. de volgende merken over een Type 2 connector: Audi, BMW, Porsche, Renault Zoé, Smart, Tesla model S, Volkswagen, Volvo V60 PHEV...*



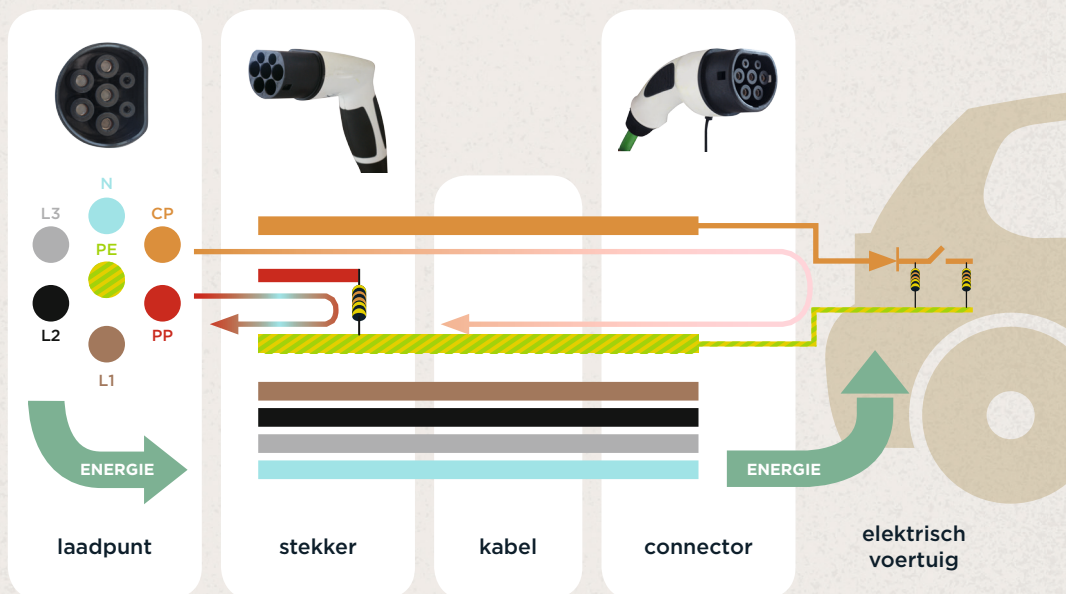
Vroeger bestonden er ook twee verschillende types stekkers om de laadkabel aan te sluiten op het laadpunt: de type 2 stekker en de type 3 stekker van de EV Plug Alliance. Deze laatste was vooral in Frankrijk en Italië terug te vinden. Begin 2013 is er op Europees niveau beslist om van de type 2 stekker de standaard te maken in Europa.



### Samengevat

In België moet een mode 3 laadkabel een type 2 stekker hebben (kant laadpaal) en een type 1 of type 2 connector (kant wagen). Het type connector is afhankelijk van de aangekochte wagen. Een mode 2 laadkabel heeft steeds een standaard huishoudelijke stekker aan netzijde en een type 1 of 2 connector aan de wagen.

# HET LAADPROCES



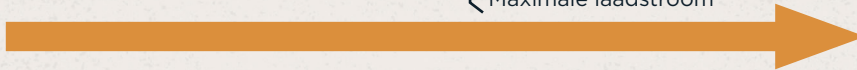
**Proximity Pilot** → Maximale stroom door laadkabel  
(via weerstand in stekker)



**Control Pilot** → Wagen klaar voor laden  
(via weerstanden in wagen)



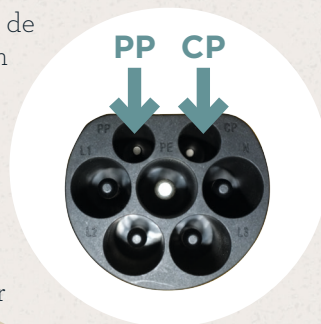
**PWM op CP** → { Starten met laden  
Maximale laadstroom



In een type 2 stekker zitten 2 extra pilootcontacten: het PP-contact (Proximity Pilot) en het CP-contact (Control Pilot). Via deze pilootcontacten wordt informatie uitgewisseld tussen het laadpunt en respectievelijk de laadkabel en het elektrische voertuig.

Tussen het PP-contact en de aardgeleider PE is in de stekker van de laadkabel een weerstand geplaatst. De grootte van deze weerstand codeert de maximale stroom die door de kabel mag vloeien.

Via de CP wordt er gecommuniceerd met de elektrische wagen zelf. In de laadpaal wordt een bepaalde spanning tussen de CP en de PE geplaatst. In de wagen zitten twee weerstanden die communiceren of de wagen al dan niet klaar is om te laden. Als de wagen klaar is om te laden, zullen deze twee weerstanden in parallel geplaatst worden. Hierdoor zal de totale weerstandswaarde verlagen en zal de stroom door de CP-geleider vergroten.



Op basis van de signalen van de PP en de CP bepaalt het laadpunt of de elektrische wagen klaar is om te laden en wat de maximale stroom is die door de laadkabel mag vloeien. Op het laadpunt zelf is ingesteld wat de maximale stroom van het voorliggend net en het laadpunt zelf is. De laadpaal kiest de laagste (de beperkende) stroomwaarde en geeft die via een PWM-sigitaal door aan de elektrische wagen. Wanneer het laadpunt de wagen het signaal geeft dat er gestart mag worden met laden en de maximale laadstroom doorgeeft, zal het stopcontact van het laadpunt onder spanning komen te staan. Zolang het laadpunt niet het signaal gegeven heeft dat er gestart mag worden met laden, zal het stopcontact spanningsloos blijven.

De stroom die door het laadpunt gecommuniceerd wordt, is de maximale laadstroom. De batterijlader in het voertuig kan autonoom bepalen met welke stroom het batterijpakket effectief zal laden, rekening houdend met het opgelegde maximum.

Als er opgeladen wordt via mode 2 laden, dus met de **In Cable Control Box**, zorgt de ICCB voor de communicatie met de wagen. De wagen zelf merkt dus geen verschil tussen het mode 2 en mode 3 laden, afgezien van de lagere maximum laadstroom.

# LAADPROCES EN DEGRADATIE VAN LI-ION BATTERIJEN

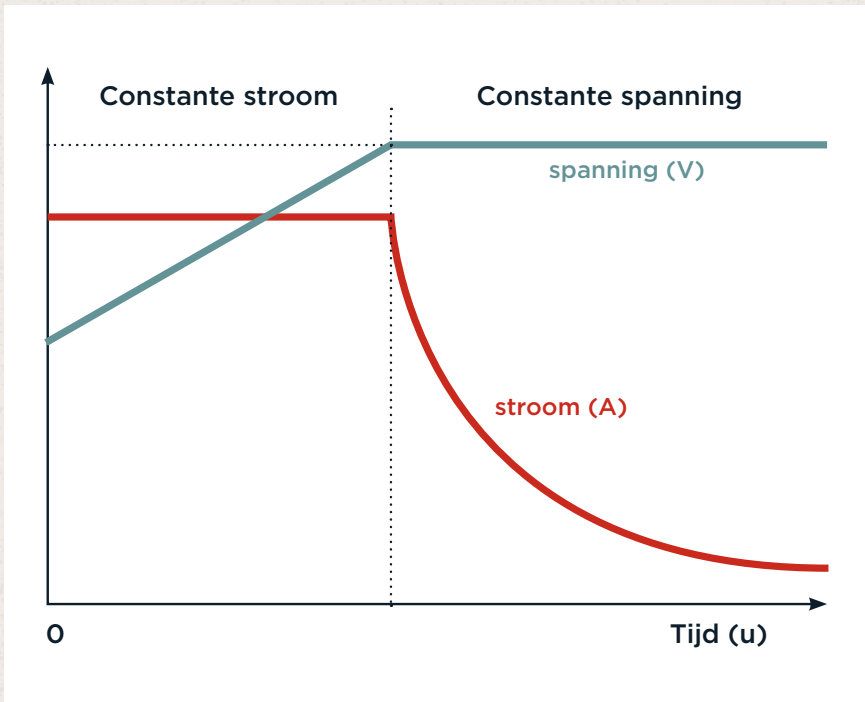
De meeste moderne elektrische personenwagens beschikken over een type van Lithium-ion batterij.

Het oplaadproces van deze batterijen kan vereenvoudigd uitgelegd worden door te stellen dat de batterij bij het volledig opladen twee fasen doorloopt. In eerste instantie wordt de batterij opgeladen met een constante stroom. In deze fase is de laadstroom het hoogst en laadt de batterij bijgevolg het snelst op. Vanaf het moment dat batterij een bepaalde spanning bereikt, wordt overgaan naar de volgende fase in het laadproces. Hierbij wordt een constante spanning opgelegd aan de batterij en zal de laadstroom stelselmatig zakken.

Over het algemeen zal de overgang tussen deze twee fasen van het laadproces plaatsvinden als de batterij voor 80% van de totale capaciteit opgeladen is. Tot 80% zal de batterij dus op maximaal beschikbare snelheid opgeladen worden, vanaf deze drempelwaarde wordt de laadsnelheid afgebouwd. Daardoor zal bij snelladen enkel het eerste deel van het laadproces doorlopen worden. Snelladen veroorzaakt geen schade aan het batterijpakket tot een laadsnelheid waarbij het laadvermogen (*in kW*) 1,5 à 2 keer de energie-inhoud van het batterijpakket (*in kWh*) bedraagt (*vuistregel*). Het is echter nefast voor het batterijpakket om enkel te snelladen. Het is namelijk belangrijk regelmatig ook het **constante spanningsgedeelte** van het laadproces te doorlopen. Het is in dit deel van het laadproces dat de batterijcellen onderling gebalanceerd worden.

Bij stockage worden Li-ion batterijen best niet volgeladen bewaard. Bij een volgeladen batterij die niet gebruikt wordt is de degradatie (de onomkeerbare verlaging van de maximumcapaciteit) immers het grootst. Ideaal is de batterij in een koele omgeving te bewaren met een lading van 25% à 50%.





*Laadproces Li-ion batterijen*

# INSTALLATIE MODE 3 LAADPUNT

Elektrische laadpunten in België moeten enkelfasig op een aparte elektrische kring aangesloten worden, beveiligd door een geschikte differentieelstroominrichting en automaat.

Sommige elektrische wagens (zoals de Renault Zoé en de Tesla Model S) zouden sneller kunnen laden als ze driefasig gevoed worden. Driefasige laadpunten vereisen van de producent meestal een differentieelstroominrichting van het type B die ook gelijkstroomfouten kan detecteren. Het Algemeen Reglement voor Elektrische Installaties (AREI) in België schrijft echter voor dat voor huishoudelijke installaties uitsluitend differentieelstroominrichtingen van het type A mogen gebruikt worden. Om deze reden is het aangeraden en vaak ook verplicht om thuislaadpunten enkelfasig aan te sluiten. Als men over een driefasige netaansluiting beschikt, wordt wel aangeraden om al een driefasige 6 mm<sup>2</sup> kabel te voorzien, om bij wijziging in regelgeving, eenvoudig te kunnen overschakelen.

In de meeste andere Europese landen (Frankrijk, Spanje, Portugal, Groot-Brittannië, Duitsland...) is het wettelijk wel toegelaten om een differentieelschakelaar van het type B of B+ te installeren.

Omdat de installatie van deze extra kring een uitbreiding en/of verzwaring van de elektrische installatie betekent, moet er na installatie een nieuwe keuring gebeuren door een erkend organisme. De uitbreiding van de elektrische installatie moet conform het AREI gebeuren. Bij het uitvoeren van deze installatie is het voor een goede en veilige werking belangrijk om voldoende aandacht te schenken aan volgende zaken:

- De spreidingsweerstand van de aarding moet lager zijn dan 30 Ohm.
- Beschermingsgeleider en equipotentiale verbindingen zijn conform uit te voeren.

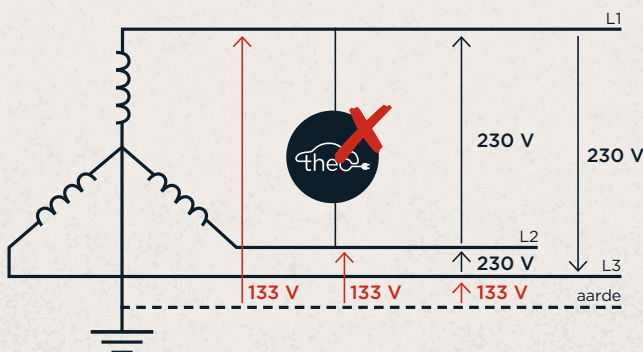
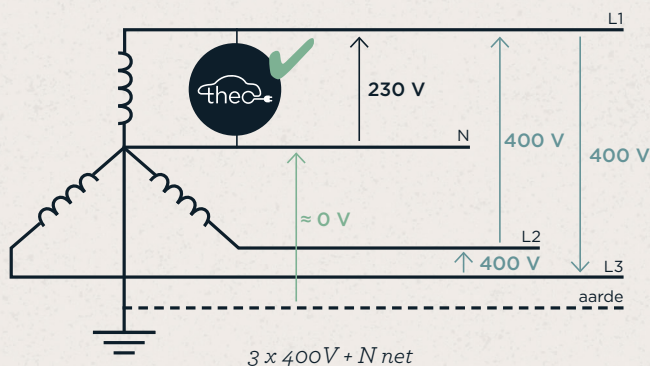
- Uw hoofdbord moet beschikken over een algemene differentieelstroominrichting van minimum 40A, met een gevoeligheid van maximum 300mA. Deze differentieelstroominrichting is bovendien van het type A en verzegelbaar.
- De interne bekabeling en barenstellen in uw bord moeten correct gedimensioneerd zijn.
- De elektrische installatie is vingerveilig uit te voeren. Er mogen geen genaakbare delen zijn.
- Een elektrisch ééndraadschema en situatieschema van deze uitbreiding (van de teller tot het toestel) is voor te leggen.
- De kabel naar het mode 3 laadpunt is te bevestigen met aangepaste bevestigingsmiddelen.

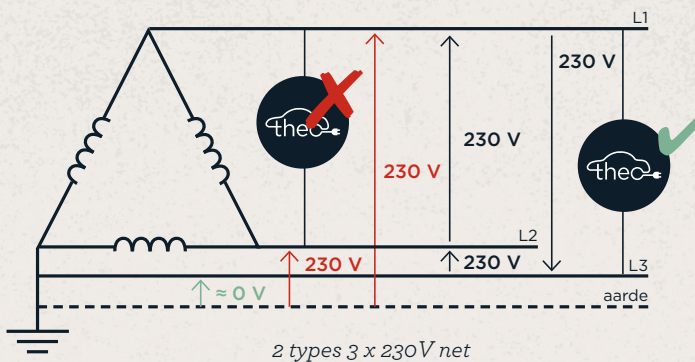
*mode 3  
laadpunt*



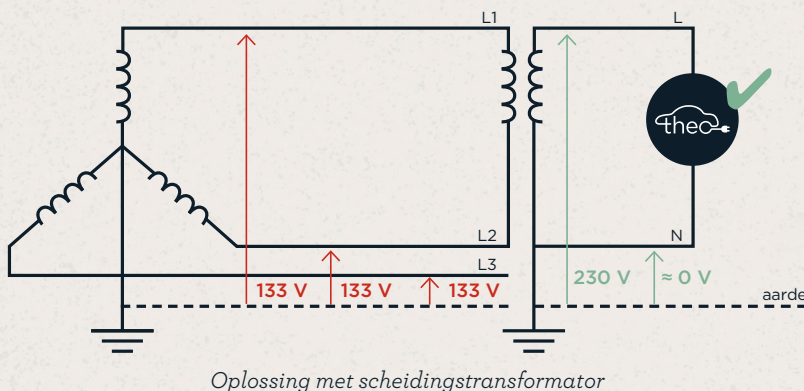
# LAADPROBLEEM VAN SOMMIGE ELEKTRISCHE WAGENS BIJ 3X230V NETTEN

Momenteel worden door de distributienetoperatoren in België enkel nog 3x400V+N-netten geïnstalleerd. Maar op sommige plaatsen, vooral in grote steden, komt ook het 3x230V-net nog voor. Ongeveer 20 - 30% van de Vlaamse en Brusselse huishoudelijke installaties is op een 3x230V-net aangesloten. Bij installaties die aangesloten zijn op een 3x230V-net kunnen zich problemen voordoen bij het opladen van sommige types elektrische wagens. Om te bepalen op welk nettype u aangesloten bent, kan u contact opnemen met uw distributienetbeheerder (Eandis of Infrax).



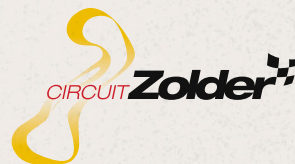


Bij een 3x400V+N-net worden verbruikers steeds aangesloten tussen de neutrale geleider en een lijndraad. Bijgevolg is er steeds een contactbus waarvan de spanning tussen de contactbus en de aarde ongeveer gelijk is aan 0V. Bij een 3x230V net worden verbruikers aangesloten tussen twee lijndraden, waardoor er niet altijd zo'n contactbus aanwezig is. Aangezien zulke 3x230V-netten in de rest van Europa en Amerika niet standaard zijn, wordt de situatie waarbij geen contactbus op aardpotentiaal aanwezig is door sommige elektrische wagens als "foutief" ervaren, waardoor ze niet zullen laden. Dit laadprobleem is steeds op te lossen door de installatie van een scheidingstransformator. Na een scheidingstransformator wordt, onafhankelijk van het voorliggend net, een nieuw net gestart, waarbij er een contactbus op aardpotentiaal is. Bij sommige wagens is deze oplossing (aankoop en installatie scheidingstransformator) reeds in de aankoopprijs inbegrepen.



Om na te gaan of deze situatie zich zal voordoen bij het thuis laden van de door u gewenste wagen moet u contact opnemen met uw distributienetbeheerder en uw autoverdelers.

Deze brochure kwam tot stand in samenwerking met de volgende partners:





Technolec



ThePluginCompany  
Plugin to green mobility



**THEO-team:**

Pascal Blockx  
Bram Rotthier  
Peter Van den Bossche (pvdbos@vub.ac.be)  
Jan Cappelle (jan.cappelle@kuleuven.be)

**Vormgeving:**

Marieke Van Raes (mariekevanraes@gmail.com)

**Versie januari 2015**

