



## PROCES-VERBAL DE CLASSEMENT n° EFR-25-003387

Selon l'arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toitures exposées à un incendie extérieur

<b>Durée de validité</b>	Ce procès-verbal de classement et ses éventuelles extensions sont valables jusqu'au : <b>25 novembre 2030.</b>	
<b>Appréciation de laboratoire de référence</b>	▪ EFR-25-003387	
<b>Concernant</b>	Un complexe de toiture recevant un système de panneaux photovoltaïques mis en œuvre en apposition.	
<b>Demandeurs</b>	Enstall EU Holding BV Londenstraat 16 7418EE Deventer PAYS-BAS  SIREN 843 354 135	DERBIGUM by Kingspan 13 rue Pierre Gilles de Gennes 69007 Lyon FRANCE  SIREN 476 780 770

## 1. INTRODUCTION

---

Ce procès-verbal de classement définit le classement affecté à un complexe de toiture recevant un système de panneaux photovoltaïques mis en œuvre en apposition, conformément à l'arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toitures exposées à un incendie extérieur.

## 2. LABORATOIRE D'ESSAI

---

Nom : Efectis France  
Adresse : Laboratoire de Saint Yan  
Aérodrome de Saint-Yan  
F - 71600 Saint-Yan

## 3. APPRECIATION DE LABORATOIRE DE REFERENCE

---

Numéro : EFR-25-003387  
Date : 25 novembre 2025

## 4. REFERENCE ET PROVENANCE DE L'ELEMENT ETUDIE

---

Référence des modules photovoltaïques	:	JAM54D40-440/LB
Provenance des modules photovoltaïques	:	JA SOLAR Bâtiment N°8, Centre Nuode, 1, Rue Est Musée de l'Automobile, District de Fengtai, Beijing
Référence du système d'intégration des modules	:	WAVE DUAL
Provenance du système d'intégration des modules	:	PANELCLAW Londenstraat 16 7418EE Deventer PAYS-BAS

## 5. PRINCIPE DE L'ENSEMBLE

### 5.1. GENERALITES

L'objet de ce procès-verbal est un complexe de toiture recevant un système de panneaux photovoltaïques mis en œuvre en apposition.

Les modules photovoltaïques sont destinés à être installés en toiture-terrasse, avec le système d'intégration WAVE DUAL, qui confère une inclinaison des modules de 8,5° par rapport au plan de la toiture porteuse.

L'installation est prévue selon une configuration « double shed » avec fixation des modules sur leurs grands côtés.

Le tableau ci-dessous résume le domaine de validité de ce présent document :

Complexe de toiture	
Support	Tout support continu en bois d'une épaisseur minimale de 12 mm, dont les espaces entre les planches n'excèdent pas 0,5 mm. Tout support continu non combustible d'une épaisseur minimale de 10 mm. Tout support en acier à profil trapézoïdal d'épaisseur minimale 0,4 mm.
Pare-vapeur	Pare-vapeur bitumineux ou autre matériau tel que défini au §5.2.1
Isolant	Laine de roche ou perlite ou verre cellulaire. Epaisseur minimale de 50 mm / Masse volumique minimale de 110 kg/m <sup>3</sup> / Conductivité thermique supérieure ou égale à 0,035 W/m.K / Classement de réaction au feu A1.
Etanchéité	DERBICOLOR 4 WSL (DERBIGUM)
Pente toiture	
$0 \leq \text{Pente} < 10^\circ$	
Système d'intégration	
WAVE DUAL	
Module photovoltaïque	
Module bi-verre (2+2) tel que défini au §5.2.3	

## 5.2. DESCRIPTION DETAILLEE DE L'ELEMENT

### 5.2.1. Toiture porteuse

La toiture porteuse est constituée des éléments suivants :

- un support continu ;
- un pare-vapeur ;
- un isolant ;
- un système d'étanchéité monocouche en bitume.

La pente de la toiture porteuse devra être inférieure à 10° par rapport à l'axe horizontal.

#### **Support continu :**

Les supports suivants sont autorisés :

- tout support continu en bois d'une épaisseur minimale de 12 mm, dont les espaces entre les planches n'excèdent pas 0,5 mm ;
- tout support continu non combustible d'une épaisseur minimale de 10 mm ;
- tout support en acier à profil trapézoïdal d'épaisseur minimale 0,4 mm.

#### **Pare-vapeur :**

Un pare-vapeur référence DERBICOAT HP (DERBIGUM) d'épaisseur 2,5 mm est installé sur le support continu. Le recouvrement entre les différents lés de ce pare-vapeur est de 100 mm. Ce pare-vapeur est soit fixé au support au moyen de fixations métalliques (pointes en acier galvanisé), soit soudé. Les différents lés sont soudés entre eux au niveau de leurs recouvrements.

Ce pare-vapeur peut être remplacé par tout autre matériau avec une tenue au feu équivalente. Cette équivalence implique que le matériau en question doit avoir une tenue au feu supérieure ou équivalente (par exemple : réaction au feu, capacité thermique, conductivité thermique, ...).

#### **Isolation :**

Une couche d'isolant est installée sur le pare-vapeur. Chaque panneau d'isolant est fixé sur le support au moyen d'une vis métallique + plaquette métallique.

L'isolant est soit de la laine de roche, soit de la perlite, soit du verre cellulaire. L'isolant doit respecter les critères suivants :

- Epaisseur minimale de 50 mm.
- Masse volumique minimale de 110 kg/m<sup>3</sup>.
- Conductivité thermique supérieure ou égale à 0,035 W/m.K.
- Classement de réaction au feu A1.

#### **Système d'étanchéité :**

Une couche d'étanchéité d'épaisseur 4 mm de référence DERBICOLOR 4 WSL (DERBIGUM) est posée sur l'isolant.

Le recouvrement entre deux lés longitudinaux est de 130 mm. Le recouvrement entre deux lés transversaux est de 150 mm. Chaque lé est fixé sur le support, au travers de l'isolant, au moyen de vis métallique + plaquettes en acier galvanisé de 80mm x 40mm réparties au pas de 250 mm et situées axées dans la bande de recouvrement. Les différents lés sont soudés entre eux au niveau de leurs recouvrements (cachant ainsi les fixations mécaniques).

### 5.2.2. Système d'intégration des modules

Les modules photovoltaïques sont installés sur un système d'intégration référence WAVE DUAL (PANELCLAW) composé principalement des éléments suivants : rails support Wave Dual Unit 2P DR2, plots Wave Base Plate installés sur des tapis Wave Support Mat, supports de ballast béton, déflecteur de vent Wave Wind Deflector et éléments de fixation.

Le plot Wave Base Plate est constitué d'un plot en plastique posé sur un plastron en tapis résilient Régupol Resist SOLAR FH (REGUPOL BSW GmbH) d'épaisseur 6 mm. Ce tapis est posé sur le complexe de toiture.

Chaque rail en acier Wave Dual Unit 2P DR2 est fixé ponctuellement sur des plots (1 plot à chaque extrémité de module photovoltaïque). Les rails sont positionnés de manière parallèles entre eux. Une pièce de liaison (Wave Stabilizer) en acier est fixée sur les rails perpendiculairement à ceux-ci, au niveau de la jonction haute entre 2 modules.

Le système d'intégration est lesté à l'aide de blocs béton de dimension unitaire 200 x 100 x 80mm installés dans des supports de référence Wave Ballast Bracket en acier.

Les rails sont équipés de pièces métalliques de hauteur différentes supportant les modules permettant d'apporter à chaque module une inclinaison de l'ordre de 8,5° par rapport au plan de la toiture porteuse.

Des déflecteurs de vent en acier sont installés à chaque extrémité du système. Ils sont fixés à l'aide de fixations de référence Wave Wind Deflector Clamps, en acier et aluminium vissés à l'aide de vis M6x12mm. La lame d'air située entre le déflecteur et le complexe de toiture est de 45 mm.

Le système d'intégration est installé de sorte à orienter les modules selon la configuration « double shed » avec fixation du module sur le grand côté.

Les distances à respecter sont les suivantes :

- L'espace entre deux modules contigus par leurs grands côtés est au minimum de 40 mm ;
- L'espace entre deux modules contigus par leurs petits côtés est de l'ordre de 12 mm ;
- L'espace entre la sous face en verre de chaque module et la face supérieure de la toiture porteuse est au minimum de 122 mm (en partie basse de chaque module).

Les modules photovoltaïques sont reliés entre eux deux à deux. Les câbles sont disposés de manière à ne pas reposer sur la toiture porteuse. Ils longent les modules au niveau de leurs cadres périphériques en aluminium ou au niveau des pièces de liaison Wave Stabilizer.

### 5.2.3. Module photovoltaïque

Le module de référence JAM54D40-440/LB (JA SOLAR) est installé sur le système d'intégration référence WAVE DUAL (PANELCLAW).

Il a pour dimensions hors tout 1762 x 1134 x 30 mm (L x l x e). Il est équipé d'un cadre périphérique en aluminium anodisé de section 30 x 28 mm pour les grands côtés et 30 x 12 mm pour les petits côtés, d'une face extérieure en verre d'épaisseur 2 mm et d'une sous face en verre d'épaisseur 2 mm (informations communiquées par la fiche technique du module). La distance entre la sous face en verre du module et la partie basse de son cadre périphérique en aluminium est de 20 mm.

Il est admis d'utiliser d'autres modules photovoltaïques équivalents à celui de référence indiquée ci-dessus, à condition de respecter les conditions suivantes :

- Le module dit « équivalent » devra disposer des certificats IEC 61215 et IEC 61730 en cours de validité.
- Le module dit « équivalent » devra disposer d'une performance au feu au sens de la norme IEC 61730-2 supérieure ou équivalente à celle du module d'origine.
- Le module dit « équivalent » devra être constitué d'un cadre périphérique en aluminium anodisé, d'une face extérieure en verre d'épaisseur 2 mm au minimum et d'une sous-face en verre d'épaisseur 2 mm au minimum.
- L'inclinaison du module équivalent devra être au minimum de 8,5° par rapport au plan de la toiture porteuse.
- La distance entre la sous face en verre du module dit « équivalent » et la face supérieure de la toiture porteuse, en partie basse du module, devra être de 122 mm minimum.
- Les câbles situés en sous-face du module dit « équivalent » devront être conformes à la norme NF EN 50618.
- Les boîtiers de raccordement situés en sous-face du module dit « équivalent » devront être conformes à la norme IEC 62790. Ils devront être situés au niveau de l'axe central parallèle au petit côté du module.

## 6. REPRESENTATIVITE DE L'ELEMENT

---

L'élément mis en œuvre dans les conditions décrites par le Laboratoire peut être considéré comme représentatif de la réalisation courante actuelle.

## 7. CLASSEMENT DE PERFORMANCE DE TOITURE EXPOSEE A UN FEU EXTERIEUR

---

### 7.1. REFERENCE DU CLASSEMENT

Le présent classement est prononcé suivant la norme de classement NF EN 13501-5 :2016, conformément aux dispositions de l'arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toitures exposées à un incendie extérieur.

### 7.2. CLASSEMENT

L'élément est classé **Broof (t3)**.

## 8. CONDITIONS DE VALIDITE DU CLASSEMENT

### 8.1. A LA FABRICATION ET A LA MISE EN OEUVRE

L'élément et son montage doivent être conformes à la description détaillée figurant dans l'appréciation de laboratoire de référence.

En cas de contestation sur l'élément faisant l'objet du présent procès-verbal, l'appréciation de laboratoire de référence pourra être demandée à son propriétaire, sans obligation de cession du document.

### 8.2. DOMAINE DE VALIDITE DU PROCES-VERBAL

#### 8.2.1. Gamme de pentes

Le présent classement s'applique aux toitures qui ont une pente inférieure à 10°.

## 9. DUREE DE VALIDITE DU CLASSEMENT

Ce procès-verbal de classement est valable **CINQ ANS** à dater de la délivrance du présent document, soit jusqu'au :

**VINGT CINQ NOVEMBRE DEUX MILLE TRENTE**

Passé cette date, ce procès-verbal n'est plus valable, sauf s'il est accompagné d'une reconduction délivrée par le Laboratoire.

Ce procès-verbal atteste uniquement des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas une certification de produit au sens de l'article L 433-3 du code de la consommation et de la loi du 3 juin 1994.

Ce procès-verbal de classement ne représente pas l'approbation de type ou la certification de l'élément.

Ces conclusions ne portent que sur les performances de l'élément objet du présent procès-verbal de classement à un incendie extérieur. Elles ne préjugent, en aucun cas, des autres performances liées à son incorporation à un ouvrage.

## 10. AVERTISSEMENT

Il est à noter que le classement obtenu avec champ photovoltaïque ne peut être présenté pour justifier la performance, vis-à-vis du feu extérieur, de la seule toiture porteuse. Celle-ci doit bénéficier du classement Broof (t3).

Saint-Aubin, le 25 novembre 2025

X

Nicolas ROYET

Chargé d'Affaires

Signé par : Nicolas ROYET

X

Roman CHIVA

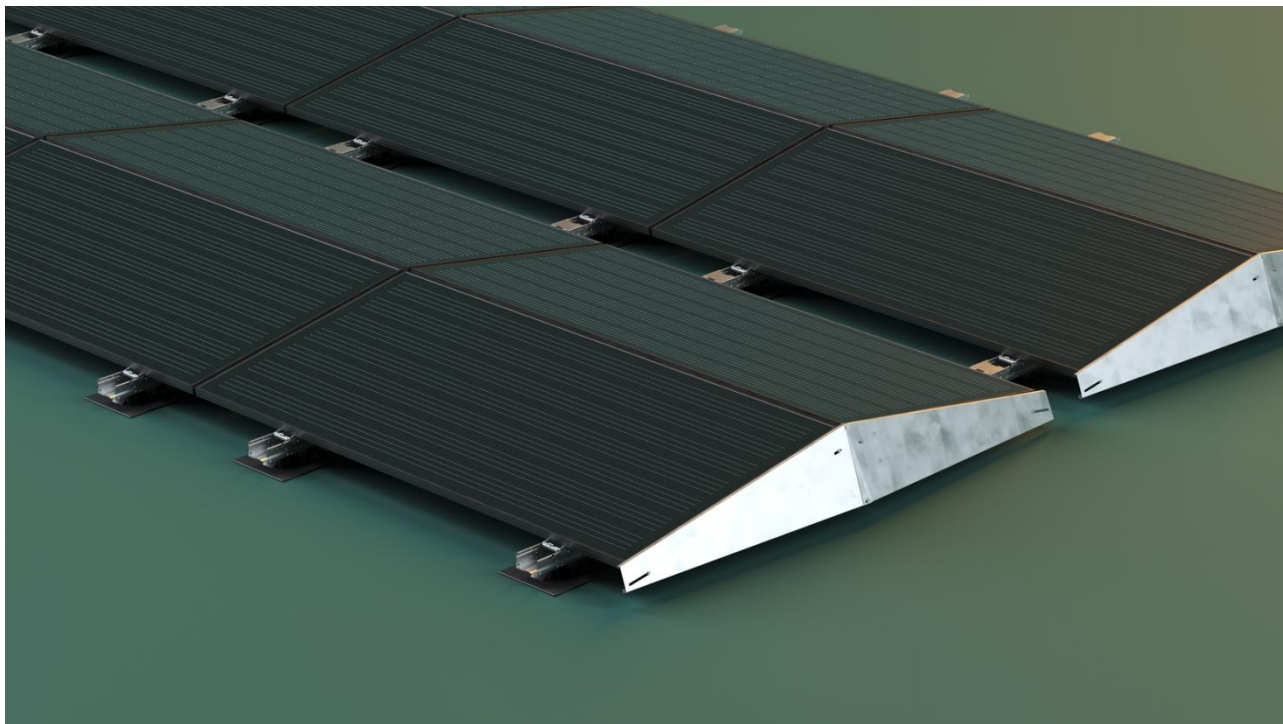
Superviseur

Signé par : Roman CHIVA

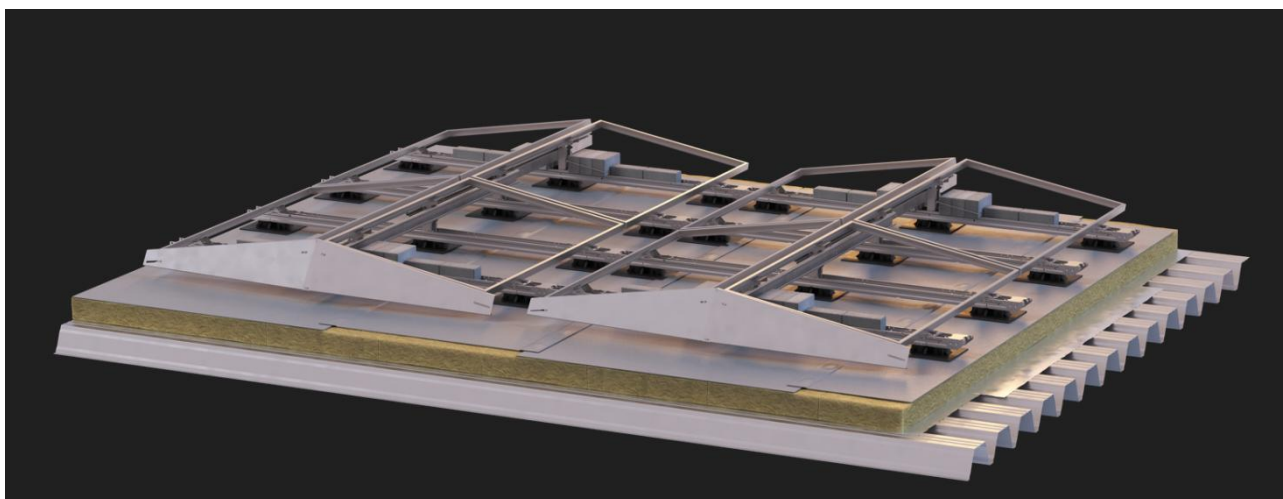
## ANNEXE – PLANCHE

---

### Principe d'installation

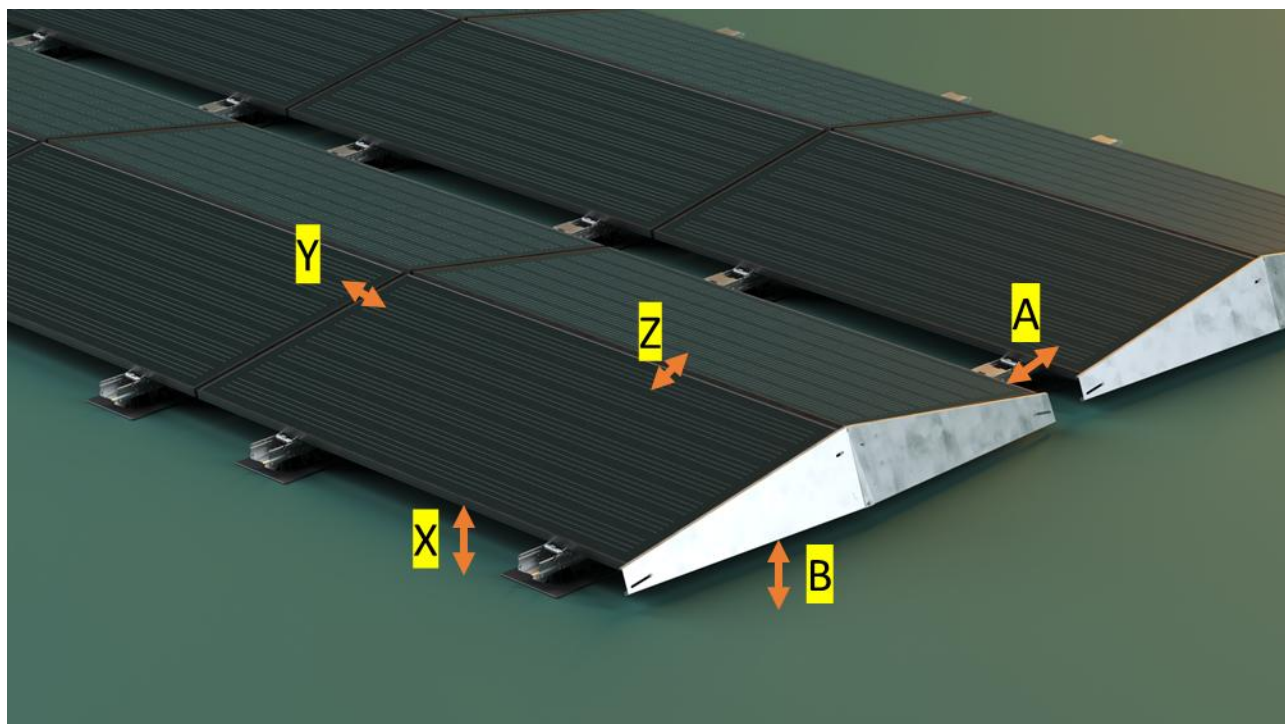


### Principe d'installation (avant mise en place des modules)





### Distances à respecter



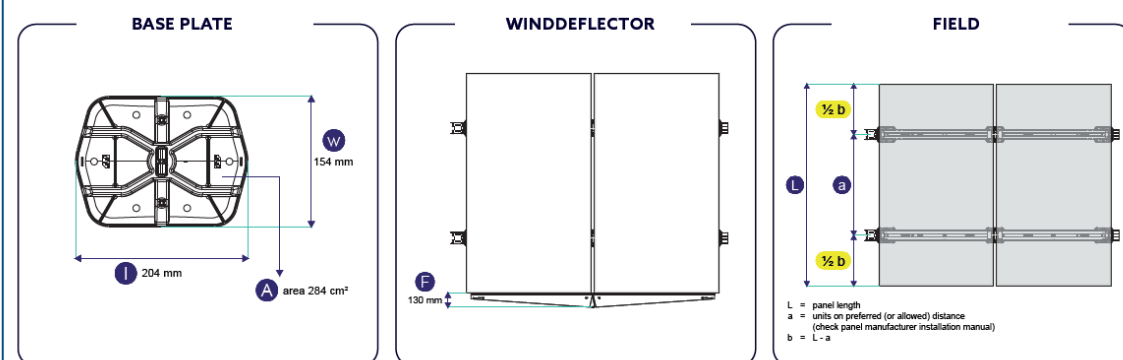
- Distance A : minimum 152 mm entre les modules
- Distance B : 45 mm entre le bas du déflecteur et la toiture porteuse
- Distance X : minimum 122 mm entre la sous face en verre du module et la toiture porteuse
- Distance Z : minimum 30 mm entre les modules
- Distance Y : environ 12 mm entre deux modules adjacents par leurs petits côtés

## Fiche technique du système d'intégration et de ses composants

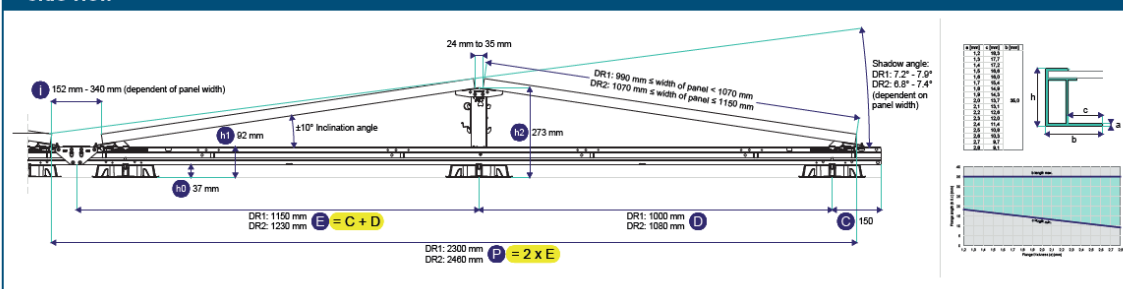
wave

DUAL

## System dimensions overview (mm)



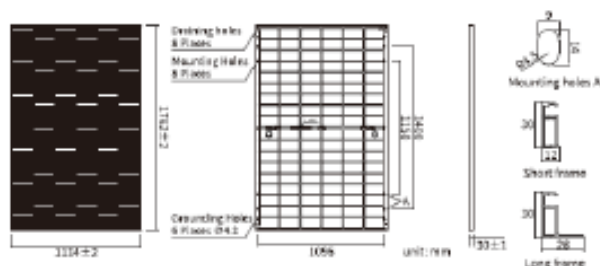
## Side view



## Fiche technique du module

# JAM54D40 LB

n-type Double Glass Bifacial Modules



## MECHANICAL PARAMETERS

Cell	Mono
Weight	24.8kg
Dimensions	1762±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG(UL)
No. of cells	108(6×18)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10/35L/MC4-EVO2A
Cable Length	Portrait: 300mm(+)/400mm(-) Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Front Glass/Back Glass	2.0mm/2.0mm
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 936pcs/40HQ Container

Remark: customized frame color and cable length available upon request

## ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

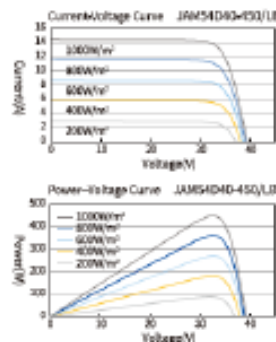
TYPE	JAM54D40 -435/LB	JAM54D40 -440/LB	JAM54D40 -445/LB	JAM54D40 -450/LB	JAM54D40 -455/LB	JAM54D40 -460/LB
Rated Maximum Power(P <sub>max</sub> ) [W]	435	440	445	450	455	460
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> ) [V]	38.70	38.90	39.10	39.30	39.50	39.70
Maximum Power Voltage (V <sub>mp</sub> ) [V]	32.29	32.47	32.65	32.82	33.00	33.17
Short Circuit Current(I <sub>sc</sub> ) [A]	14.23	14.31	14.40	14.48	14.56	14.64
Maximum Power Current(I <sub>mp</sub> ) [A]	13.47	13.55	13.63	13.71	13.79	13.87
Module Efficiency (%)	21.8	22.0	22.3	22.5	22.8	23.0
Power Tolerance	0~+3%					
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub> (α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub> (β <sub>Voc</sub> )	-0.250%/°C					
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> (γ <sub>Pmp</sub> )	-0.290%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH 10% SOLAR IRRADIATION RATIO

TYPE	JAM54D40 -435/LB	JAM54D40 -440/LB	JAM54D40 -445/LB	JAM54D40 -450/LB	JAM54D40 -455/LB	JAM54D40 -460/LB
Rated Max Power (P <sub>max</sub> ) [W]	470	475	481	486	491	497
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> ) [V]	38.70	38.90	39.10	39.30	39.50	39.70
Max Power Voltage (V <sub>mp</sub> ) [V]	32.29	32.47	32.65	32.82	32.99	33.17
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> ) [A]	15.36	15.46	15.55	15.64	15.73	15.81
Max Power Current (I <sub>mp</sub> ) [A]	14.55	14.63	14.72	14.81	14.89	14.98
Irradiation Ratio (rear/front)	10%					

## CHARACTERISTICS



## OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse Rating	30A
Maximum Static Load, Front	5400Pa (112 lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load, Back	2400Pa (50 lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2°C
Bifaciality	80%±5%
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 29/Class C



### Headquarters

No. 8 Building, Nucleo Center, No.1 Courtyard, East Auto Museum Road,  
Fengtai District, Beijing  
Tel: +86 10 6361 1888 Fax: +86 10 6361 1969  
E-mail: sales@jasolar.com marketing@jasolar.com www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.  
JA Solar reserves the right of final interpretation.

Version No.: Global40N-2024.1.105A