

Rapport N° R22106

Délivré à : Expert près la Cour d'Appel de Montpellier
M. Laurent CASCALES

Notre réf. : DEVIS N°22106

Votre réf. : Expertise N°22-30530
Affaire RULENCE

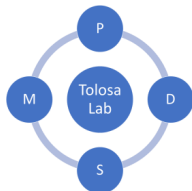
Objet : Prélèvements et examens de vestiges d'une
installation photovoltaïque

Date des travaux : Février 2023

Ce rapport comprend : 19 pages numérotées.

Jean-Charles NOUALHAGUET

Le 28 février 2023

**SOMMAIRE**

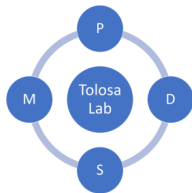
1	Contexte	3
2	Prélèvement et programme d'examen	3
2.1	Principaux constats effectués et pièces prélevées	3
2.2	Bilan des vestiges prélevés	16
2.3	Programme d'examen	16
3	Résultats de l'examen en laboratoire.....	17
4	Synthèse des travaux	18

FIGURES

Figure 1 – Localisation de l'installation sinistrée	6
Figure 2 - Schéma possible de l'installation sinistrée, à confirmer	7
Figure 3 - Zone d'implantation au mur des modules de l'unité de production.....	7
Figure 4 - Premiers éléments retirés à l'avant de la zone des batteries de stockage	8
Figure 5 - Retrait du boîtier de l'onduleur.....	9
Figure 6 - Liaison filaire vers une fiche secteur sur zone sinistrée	9
Figure 7 - Boîtier métallique à l'avant de la zone des batteries de stockage	10
Figure 8 - Zone sinistrée après déblaiement à l'avant.....	11
Figure 9 - Deux batteries de traction à droite des batteries de stockage.....	12
Figure 10 - Zone des batteries de stockage après tamisage des restes au sol	12
Figure 11 - Examen sur place des batteries de stockage	13
Figure 12 - Examen sur place des batteries de stockage	14
Figure 13 - Eléments prélevés au niveau des batteries de stockage et laissés sur place	15

ANNEXES

Annexe 1 - Etiquette signalétique des panneaux de l'installation photovoltaïque concernée	19
---	----



1 Contexte

Un incendie est survenu le 4 novembre 2021 au sein d'un bâtiment sis au 3 chemin de Pézenas à Brignac (34800), dans un local abritant une installation photovoltaïque comprenant des batteries.

Dans le cadre de la recherche des mécanismes impliqués dans ce départ de feu, le laboratoire TolosaLab a été missionné par l'Expert Judiciaire en charge du dossier, M. Laurent Cascalès, pour une assistance au prélèvement de vestiges électriques de cette installation pouvant être jugé d'intérêt pour de futurs examens en laboratoire.

2 Prélèvement et programme d'examen

Les prélèvements se sont déroulés au contradictoire des parties représentées et en présence de l'Expert Judiciaire, le jeudi 16 février 2023.

2.1 Principaux constats effectués et pièces prélevées

Notes préliminaires :

- Les repérages de position géographique indiqués dans le texte sont donnés pour un observateur placé face au mur où était implantée l'unité photovoltaïque.
- On abrégera photovoltaïque par PV dans la suite du texte.

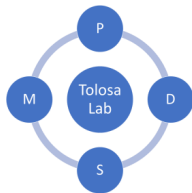
D'après les informations communiquées¹, l'installation de production PV concernée par le sinistre comprenait 24 panneaux solaires Q Peak Duo BLK ML-G9 375, de puissance unitaire nominale 375 W (Cf Annexe 1).

Ces panneaux installés en toiture étaient reliés à une unité de production installée à l'intérieur du bâtiment sinistré, contre un mur en parpaings de 1,9 m de large (Figure 1). Le schéma électrique et la constitution (a priori des modules de fabrication VICTRON ENERGY) de cette unité n'ont pas été fournis par l'installateur, mais on suppose qu'elle pourrait correspondre à la structure type de la Figure 2. Ce qui est acquis comme certain est que l'unité comprenait quatre batteries posées au sol à l'avant du mur (batteries Li-ion), pour le stockage d'énergie, et sans doute un onduleur fixé en hauteur sur ce même mur (côté droit du mur à 1,2 m du sol environ) pour la conversion en courant alternatif et l'alimentation de l'habitation ; à la même hauteur que l'onduleur, d'après les marquages muraux et les vestiges encore présents, étaient fixés trois autres équipements (deux coffrets C1 et C2 de tailles identiques du côté gauche du mur et un troisième C3, plus petit, juste à gauche de l'onduleur (Figure 3).

La zone sinistrée par le départ de feu comprend la surface au sol autour des batteries de stockage de l'unité PV, et la zone au mur d'implantation des équipements de l'unité. De nombreux autres matériels extérieurs à l'installation PV étaient stockés dans la zone sinistrée.

L'intervention sur place a consisté à effectuer un repérage de la zone par des chevalets numérotés et à déblayer les éléments de la zone, en les identifiant au besoin, en progressant depuis l'extérieur de la zone vers les batteries de stockage.

¹ Note n°1 de l'Expert Laurent Cascalès du 18/08/2022, 21 pages + annexes et note n°2 de l'Expert Laurent Cascalès du 02/02/2023, 10 pages + annexes.

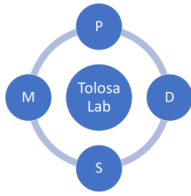


Les constats établis au fur et à mesure de la progression des travaux de déblaiement sont les suivants :

- Un premier lot d'éléments extérieurs à l'installation PV est retiré à l'avant de la surface d'entreposage des batteries de stockage (Repères 1, 2, 12 et 14 - Figure 4) :
 - Un caisson métallique de 130 x 45 cm d'une unité de transformation d'un système éolien de production d'énergie, dont la paroi externe placée face au mur sur lequel étaient fixés les éléments de l'unité PV est marquée thermiquement (oxydation de la tôle) (repère 1).
 - Divers équipements stockés sur le précédent caisson : un chargeur de batteries de démarrage avec un chargeur de batterie d'outillage non filaire au-dessus, des éléments d'outillage électroportatif filaire.
 - Une batterie de démarrage au plomb au pied du caisson, sur sa droite (repère 2).
 - Les restes d'un équipement de lavage sous pression (type Karcher) à l'avant du caisson (repère 14).
 - D'autres vestiges d'outillage filaire sur la gauche du caisson, contre le mur de gauche (repère 12).

Il n'est pas relevé de singularité sur ces équipements à même de laisser suspecter qu'ils aient pu jouer un rôle dans le déclenchement du sinistre. Les dégradations qui les affectent relèvent de la propagation du flux thermique.

- Le boîtier métallique de l'onduleur (repère 5 - Figure 4, Figure 5) est retrouvé entre le caisson « éolien » et la zone des batteries de stockage. Trois conducteurs souples de section estimée à 70 mm² (repérés 1, 2 et 3 par nos soins) et trois conducteurs semi-rigides de section 10 mm² (repérés A, B et C par nos soins) qui le reliaient au reste de l'unité sont sectionnés par nos soins et cet équipement est conservé ; à première vue, il ne semble pas présenter de marquages suspects.
- Une liaison filaire en conducteurs souples 1 ou 1,5 mm² vers une fiche secteur, dont une des bornes mâles est altérée, est prélevée au niveau de la zone sinistrée (Figure 6).
- Un boîtier métallique parallélépipédique (repère 16 - Figure 7) réputé correspondre à un boîtier de transformation 220/12V est retiré de dessus une galette de matériau fondu (correspondant d'après le propriétaire aux restes d'une cale de camping-car) et conservé.
- Après retrait de ces premiers éléments, la zone sinistrée apparaît plus clairement, avec (Figure 8) :
 - Sur le mur à gauche de la platine de l'onduleur : les vestiges d'un boîtier sans son enveloppe avec une carte électronique sur un dissipateur en aluminium (repère 7).
 - Au sol, au pied du mur en son milieu :
 - Les modules parallélépipédique des quatre batteries de stockage dont la plus grande longueur est perpendiculaire au mur (repère 4).
 - Une carte électronique solidaire des vestiges d'un dissipateur en aluminium pouvant provenir du coffret C1 est présente à gauche des éléments de batterie (repère 6).

**Rapport N° R22106**

- Des restes de filerie et d'appareillage de coupure et protection (porte-fusibles et disjoncteurs) : en suivant les deux ensembles de six conducteurs issus des panneaux suspendus le long du mur de gauche (Figure 1), référencés P1 et P2 par nos soins, il est possible de prélever les vestiges des appareillages en aval de chacun des ensembles, restés solidaires des conducteurs, à savoir des blocs de porte-fusibles à cartouche (PF1 et PF2)) et des parties amont d'appareillage de coupure. Les parties désolidarisées (sans doute les parties aval de appareillages de coupure) sont laissées sur place avec les batteries de stockage.
 - Des composants d'électronique de puissance détachés (bobinages de selfs...) et d'autres éléments épars qui sont également prélevés et mis en sachet.
- P1 et P2
- Deux batteries de démarrage entreposées l'une sur l'autre à droite des batteries de stockage sont retirées (repère 3 - Figure 8 et Figure 9). Elles ont conservé pour partie leur intégrité et rien ne permet de penser qu'elles puissent être à l'origine du départ de feu.
 - Les restes au sol autour des batteries de stockage sont tamisés et les éléments métalliques trouvés sont prélevés.
 - Si l'on référence les batteries de stockage de type Li-ion de B1 à B4 de gauche à droite (Figure 11, Figure 12) :
 - La batterie B4, décalée vers la droite par rapport aux autres, apparaît moins dégradée que les trois autres ; les huit éléments qui la constituent sont clairement identifiables et relativement peu déformés
 - Les enveloppes des éléments les plus éloignés du mur des batteries B1 à B3 sont pyrolysées, laissant voir les feuillets cuivre des électrodes négatives dont certains sont déchirés et érodés.
 - Plusieurs éléments des batteries B1 à B3 apparaissent fortement gonflés.
 - Des altérations des barrettes de liaison en cuivreux entre éléments d'une même batterie et des cosses de raccordement des liaisons entre batteries sont visibles en plusieurs points des batteries B1 à B3, qui pourraient être liées à des fragilisations thermochimiques (contact avec de l'aluminium fondu...) ou à des érosions électriques.
- Les batteries sont laissées en place avec les liaisons de puissance encore solidaires. Quelques éléments détachés visibles au milieu des batteries sont rassemblés dans un sachet afin d'éviter une éventuelle dispersion, et laissés sur place (Figure 13).
- Des restes de madriers en bois partiellement calcinés sont présents au sol au niveau de la surface où étaient positionnées les batteries de stockage.
 - Il convient de relever qu'à ce stade des fouilles, on n'a pas retrouvé de vestiges clairement attribuables au coffret C2 (carte électronique et dissipateur) ce qui semble indiquer un fort impact thermique dans son environnement immédiat.

P1 & P2

Conducteurs issus des panneaux solaires (6 paires de conducteurs souples de section estimée 6 mm² et un conducteur semi-rigide de terre)



Figure 1 – Localisation de l'installation sinistrée

Rapport N° R22106

24 TOTAL
6 chaînes de 4 panneaux
avec 6 paires de câbles
+ TERRE

Pas de dissipateur
alu sur Color Contrôle
GX contrairement
au boîtier C3

Modèle de convertisseur
différent de type
victron energy Quattro version 10

Annotations CASCALES en rouge

2 Porte-Fusibles
retrouvé dans les
vestiges à proximité
des câbles des
panneaux PV

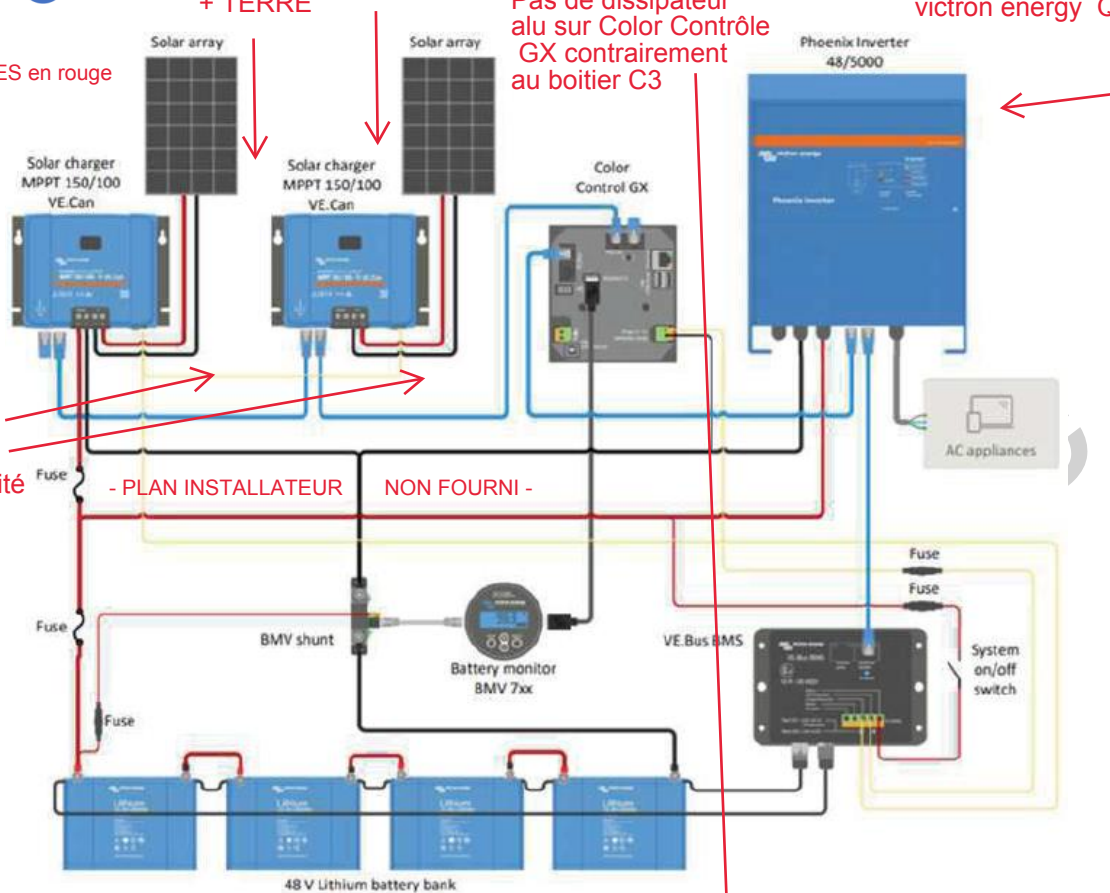


Figure 2 - Schéma possible de l'installation sinistrée, à confirmer

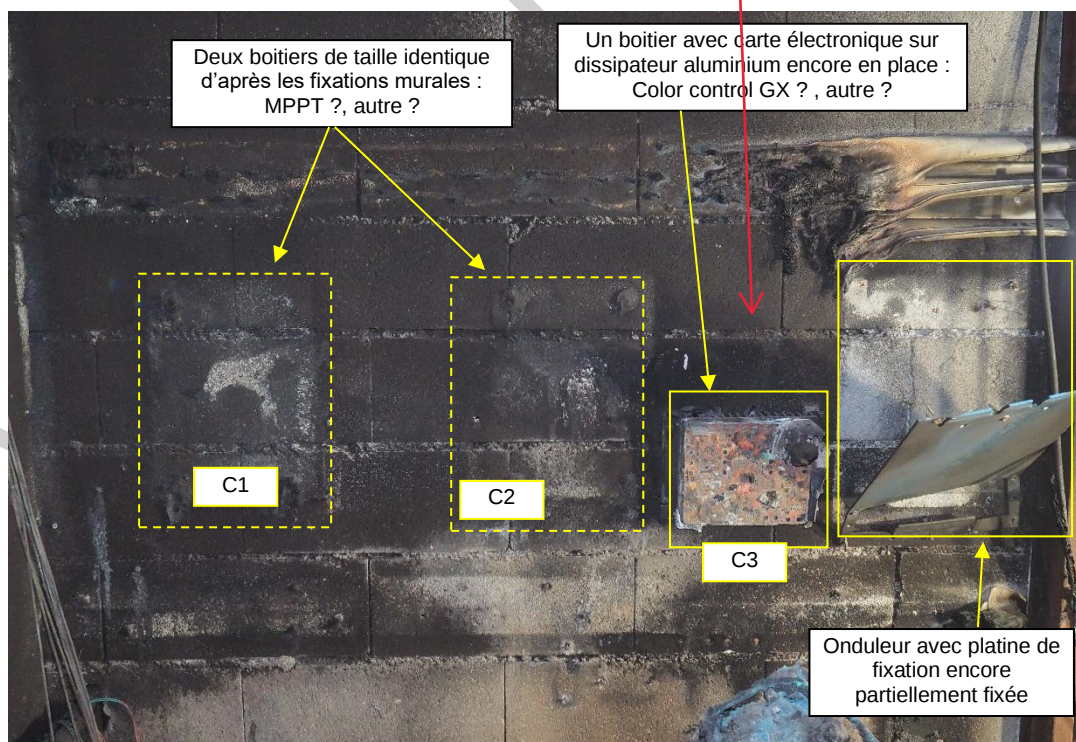


Figure 3 - Zone d'implantation au mur des modules de l'unité de production



Figure 4 - Premiers éléments retirés à l'avant de la zone des batteries de stockage

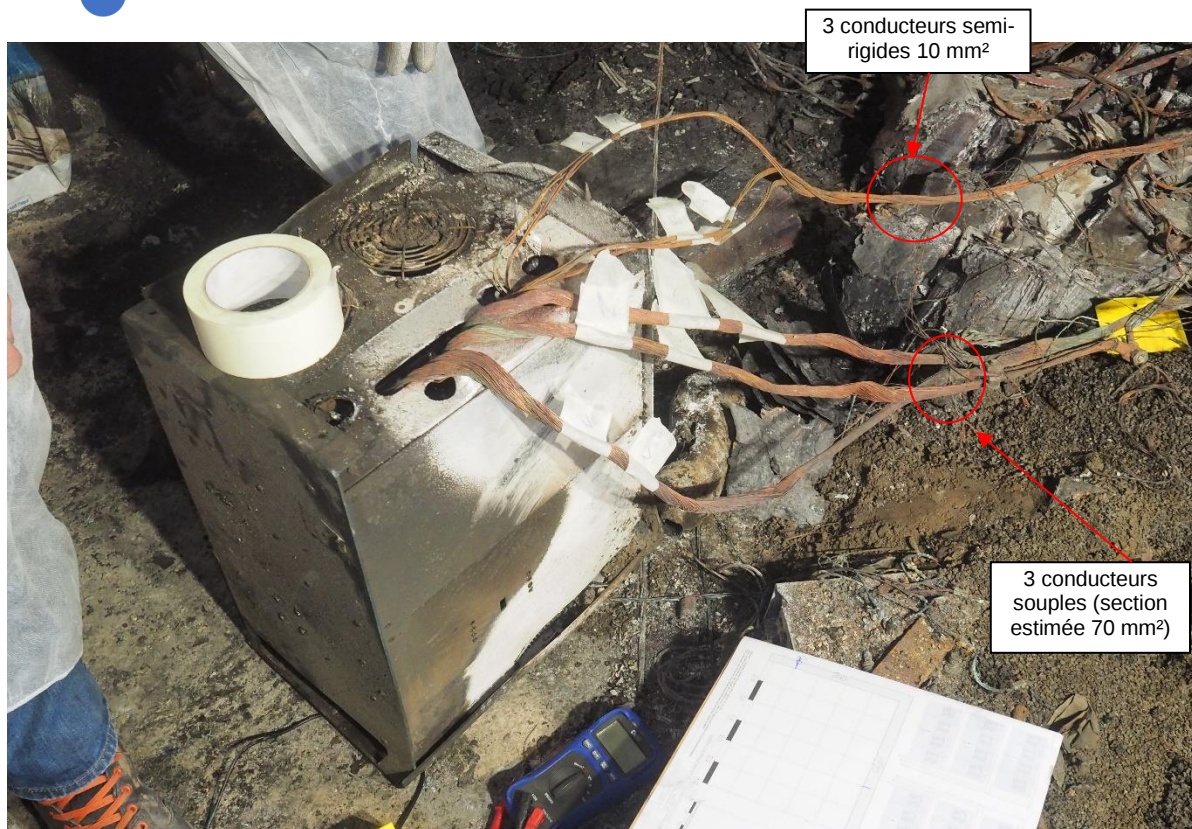


Figure 5 - Retrait du boîtier de l'onduleur



Figure 6 - Liaison filaire vers une fiche secteur sur zone sinistrée



Figure 7 - Boitier métallique à l'avant de la zone des batteries de stockage

Fiches produits versées au dossier par la défense :

- G1 - Connector cables
- G2 - Convertisseur QUATTRO (Victron energy)
- G3 - Fusibles
- G4 - Contrôleur (Victron energy)
- G5 - Panneau Photovoltaïque_mono BLK_ML-G9-375
- G6 - Boitier vide
- G7 - Batterie-12,8-volt-lithium-fer-phosphate (victron energy)
- G8 - 20220728_DSB_08_PORTE FUSIBLE Datasheet-Fuse-holder-6-way-MEGA-fuse-EN

NON FOURNI :

- > Schéma de branchement
- > Note de calcul
- > Fiches produit régulateur de charge

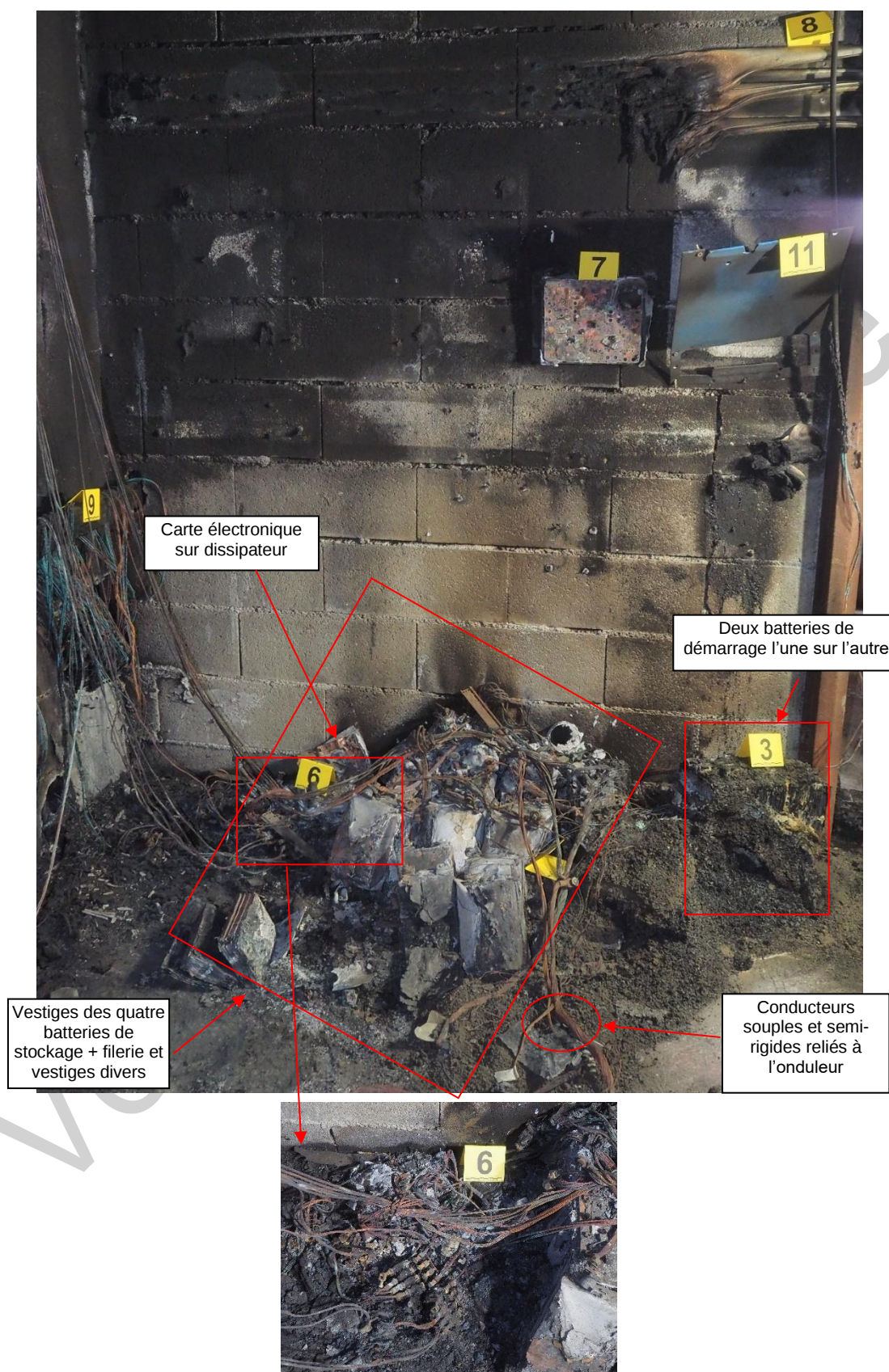


Figure 8 - Zone sinistrée après déblaiement à l'avant



Figure 9 - Deux batteries de traction à droite des batteries de stockage

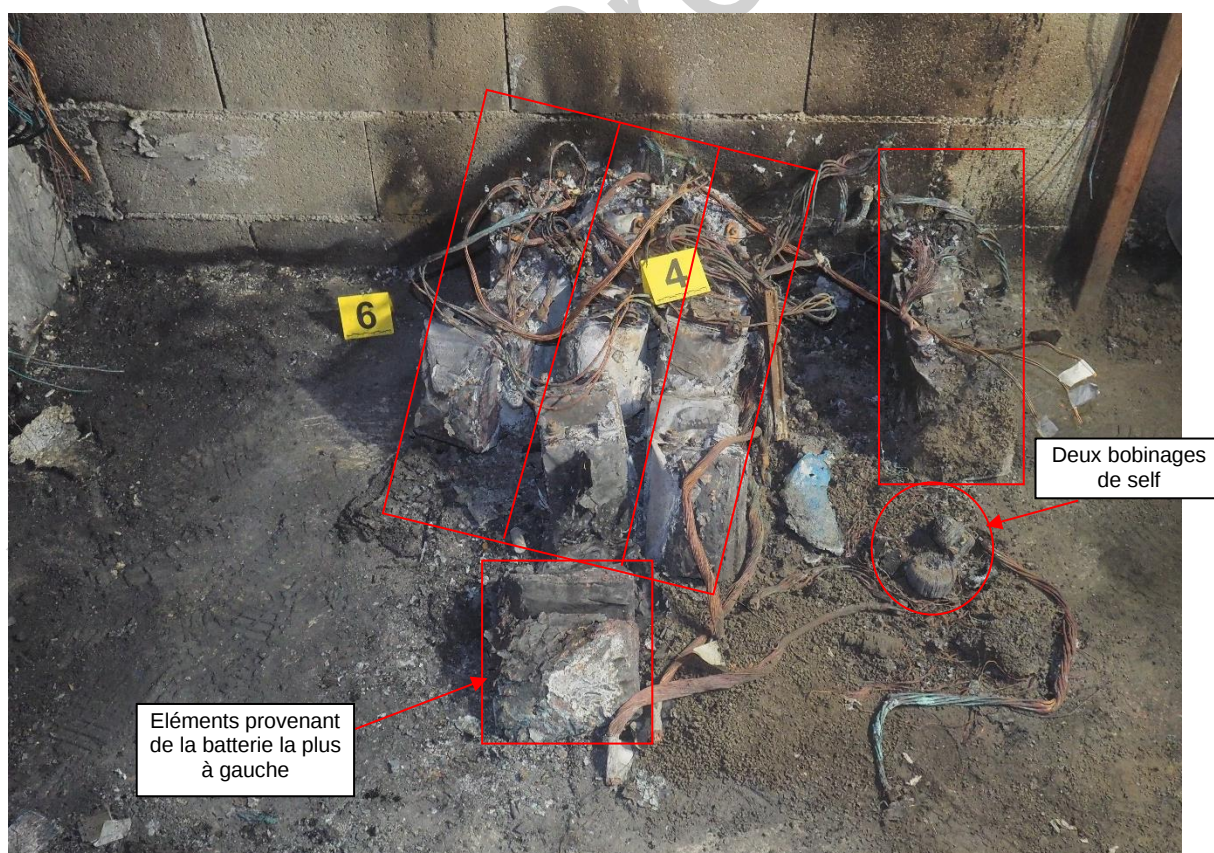


Figure 10 - Zone des batteries de stockage après tamisage des restes au sol

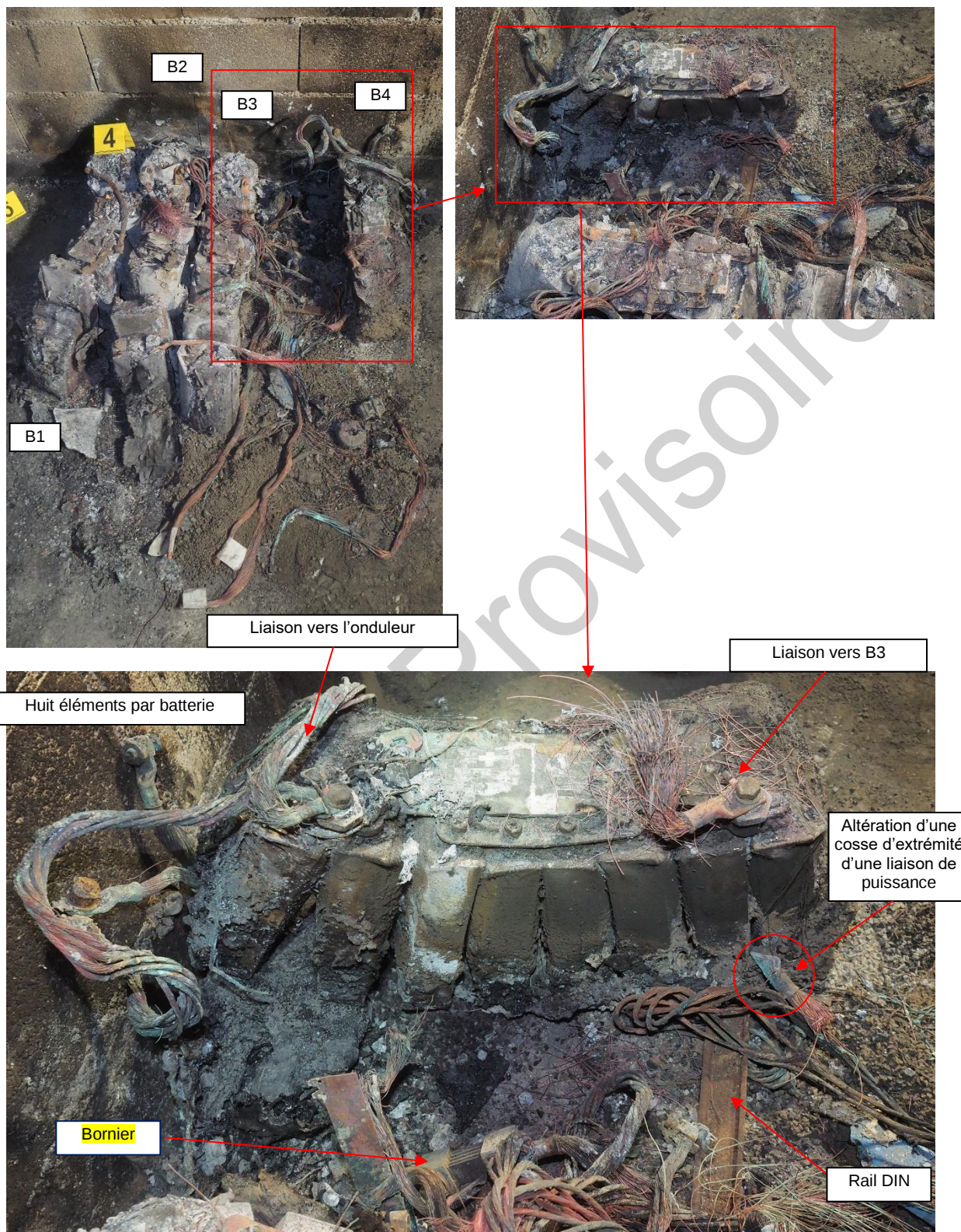


Figure 11 - Examen sur place des batteries de stockage

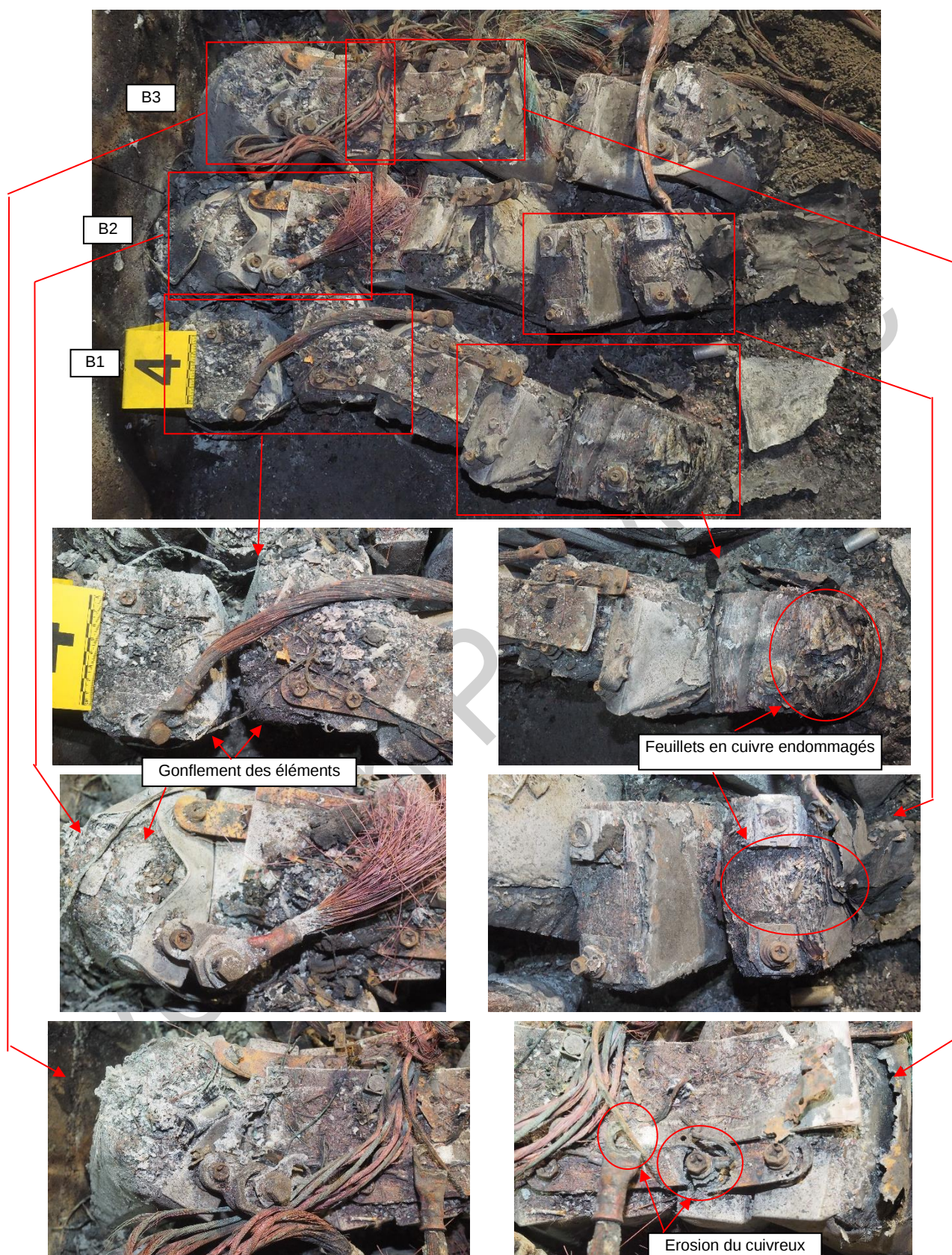


Figure 12 - Examen sur place des batteries de stockage



Figure 13 - Eléments prélevés au niveau des batteries de stockage et laissés sur place

• Notices d'installation et documents trouvés sur site
[Remis en main propre par Mr RULENCE]

1 - CONVERTISSEUR : Notice - victron energy quattro version 10

2 - CONTRÔLEUR de BATTERIE : Notice - victron energy - Battery Monitor - BMV-700-700H-702-712 Smart / Version 12

3 - CHARGEUR SOLAIRE : Notice - victron energy - SmartSolar Charge controllers with CAM-Bus

4 - SYSTÈME de gestion des batteries : Notice - victron energy VE.Bus BMS

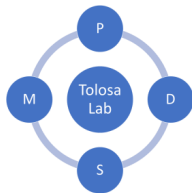
5 - 3 petits dépliants présentant 12 produits Victron energy

6 - (Boîte de Jonction Parallèle) Schéma de branchement (x2) 25/03/20 et 08/07/21 :
Coffret BJP DC 50a 400v 4s classe ii ip65 2x12 modules IBOCO B6525

7 - Dépliant A4 /4 pages - Guide d'installation rapide BMV 700 / victron energy

8 - câble bleu usb3 0 (mâle femelle) am 90 af I-0.3m 4041-3237

9 - Gabarit de montage mural Convertisseur Quattro (A4 recto-verso) Dim.448x312mm



2.2 Bilan des vestiges prélevés

Au final, les pièces suivantes ont été conditionnées par nos soins et sont conservées chez un Huissier en vue d'un éventuel examen en laboratoire :

- 1) Une liaison 1mm² souple avec des broches de fiche secteur en extrémité.
- 2) Repère 16 : un boîtier métallique 220/12 V et la filerie associée.
- 3) Repère 7 : vestiges du boîtier retrouvé au mur.
- 4) Liaison P2 vers PF1 (conducteurs souples issus des panneaux P1 + porte-fusibles en aval + appareillages de coupure en aval).
- 5) Liaison P2 vers PF2 (conducteurs souples issus des panneaux P2 + porte-fusibles en aval + appareillages de coupure en aval).
- 6) Une liaison au sol à l'avant de la zone repérée 6.
- 7) La liaison de terre venant des panneaux.
- 8) Vestiges de la liaison présumée entre les appareillages de coupure et le boîtier mural de gauche (issus de la zone repérée 6).
- 9) Vestiges du boîtier mural de gauche (a priori) (issus de la zone repérée 6).
- 10) Eléments issus du tamisage des restes au sol de la zone repérée 6.
- 11) Les liaisons de puissance repérés A, B et C reliées à l'onduleur.
- 12) Des éléments épars retrouvés sur les batteries de stockage.

D'autres pièces ont également été conservées telles que les batteries de démarrage, le boîtier de l'onduleur, la galette au sol en zone repérée 5...

2.3 Programme d'examen

Examen visuel de l'ensemble des prélèvements en l'état : il s'agit de rechercher d'éventuelles zones d'échauffements localisés, ou altérées par amorçages électriques, et de comparer les différents niveaux de dégradation. On s'intéressera en particulier aux

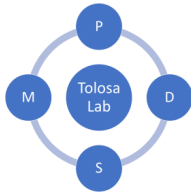
Sur les batteries : pesée comparative des vestiges des quatre batteries (à titre indicatif compte tenu de leur état général), état des liaisons (entre éléments et entre batteries) et des électrodes sur les plus dégradées,...

Ouverture, démontage, découpe... des pièces le nécessitant

Examen par radiographies aux RX des pièces le nécessitant (amalgame thermoplastique, appareillages, ...)

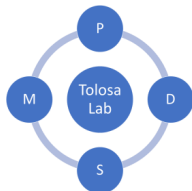
Examen au microscope numérique 3D des principales singularités toutes les singularités (fusions métalliques, érosions électriques, sertissages, contacts semi-permanents, contacts séparables, ...).

En tant que de besoin, examen et analyse au Microscope Électronique à Balayage (MEB) équipé d'une sonde dispersive en énergie (EDX) : caractérisations sous très forts grossissements et/ou analyses élémentaires.



3 Résultats de l'examen en laboratoire

Version Provisoire



4 Synthèse des travaux

Version Provisoire

Annexe 1 - Etiquette signalétique des panneaux de l'installation photovoltaïque concernée

ENGINEERED, DESIGNED AND QUALITY TESTED BY Q CELLS IN GERMANY

Q.PEAK DUO BLK ML-G9 375

PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS*

Nominal Power* (+5W / -0W)	P_{MPP}	[W]	375
Short circuit current*	I_{SC}	[A]	10.47
Open circuit voltage*	V_{OC}	[V]	45.01
Current at maximum power	I_{MPP}	[A]	9.98
Voltage at maximum power	V_{MPP}	[V]	37.57
Maximum system voltage	V_{SYS}	[V]	1000
Weight	M	[kg / lbs]	19.5 / 43.0

*Measurement tolerances: $P_{MPP} \pm 3\%$; I_{SC} , $V_{OC} \pm 5\%$ at STC: 1000W/m², 25 ± 2°C, AM 1.5 according to IEC 60904-3. Data given are rated (nominal) values.






Q CELLS

Made in China




DANGER!
Risk of electric shock!
DO NOT connect or disconnect plug contacts while system is under load current. Refer to the Installation and Operation Manual before installing, operating or servicing this unit.

DANGER!
Risque de choc électrique!
NE PAS connecter ou déconnecter les connecteurs lorsque le système est en charge. Consultez le manuel d'installation et d'utilisation avant installation, utilisation et entretien du produit.

Fire Rating: Class C / Type 2
Design load: 55 lbs/ft²
Fuse Rating: 20 A
For field connections, use minimum No.12 AWG copper wires insulated for a minimum of 90 °C

Serial No. 695721224784001325



Hanwha Q CELLS (Qidong) Co., Ltd.
 No.988 Linyang Road, Qidong City, Jiangsu Province, China

EMAIL sales@hanwha-qcells.com
WEB www.q-cells.com