

# Essais de sécurité des batteries Li-ion

Jérôme LESAGE  
INERIS

**22 NOVEMBRE 2022**  
Maison de la RATP – Paris

# L'INERIS un partenaire clé pour le déploiement des batteries... en toute sécurité

- **Accompagner l'innovation sur l'aspect sécurité**
- **Développer des connaissances** sur
  - les phénomènes dangereux
  - l'efficacité des barrières de sécurité (packaging, BMS, extinction...)
- **Évaluer la sécurité des stockages d'énergie électrochimique**

## Support aux autorités publiques

- Accidentologie,
- Transport matières dangereuses,
- Seconde vie,
- Déploiement de la mobilité électrique,
- Stockage stationnaire
- ...

## Recherche collaborative UE, national

- Thèses
- Recherche partenariale

## Prestations aux industriels

- Essais abusifs
- Analyses de risques
- Modélisation des conséquences d'un emballage thermique

# Situation abusive: causes et conséquences possibles

Situation abusive: batterie en dehors de sa zone de stabilité

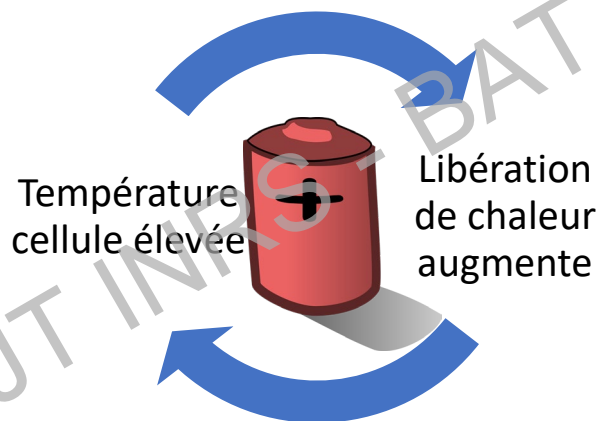


# Situation abusive: causes et conséquences possibles

Situation abusive: batterie en dehors de sa zone de stabilité



Une situation abusive peut engendrer des effets majeurs

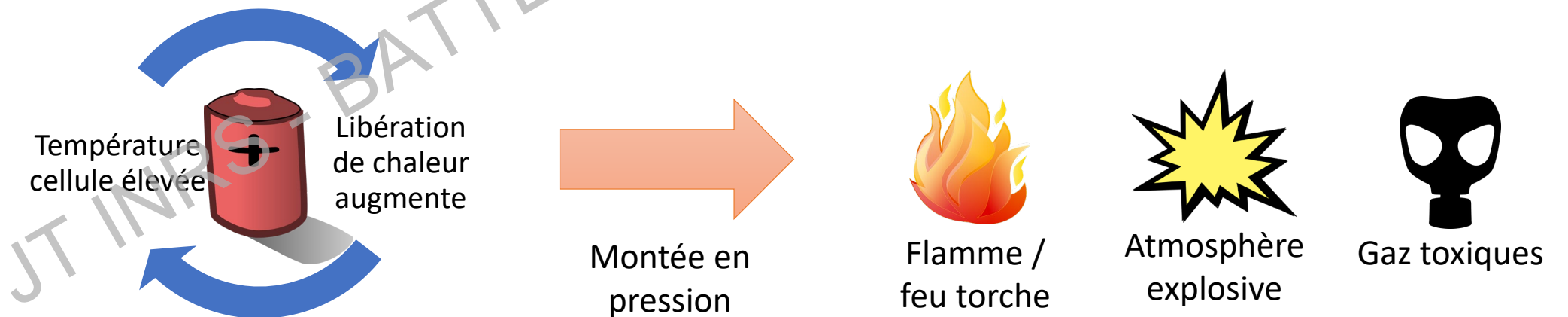


# Situation abusive: causes et conséquences possibles

Situation abusive: batterie en dehors de sa zone de stabilité



Une situation abusive peut engendrer des effets majeurs



# Pourquoi réaliser des essais abusifs?

Pousser l'échantillon à la limite ou au-delà de sa zone de stabilité...

## Mécanique

- Vibration
- Ecrasement
- Impact
- Accélération/décélération
- Immersion
- Altitude (dépression)

## Thermique

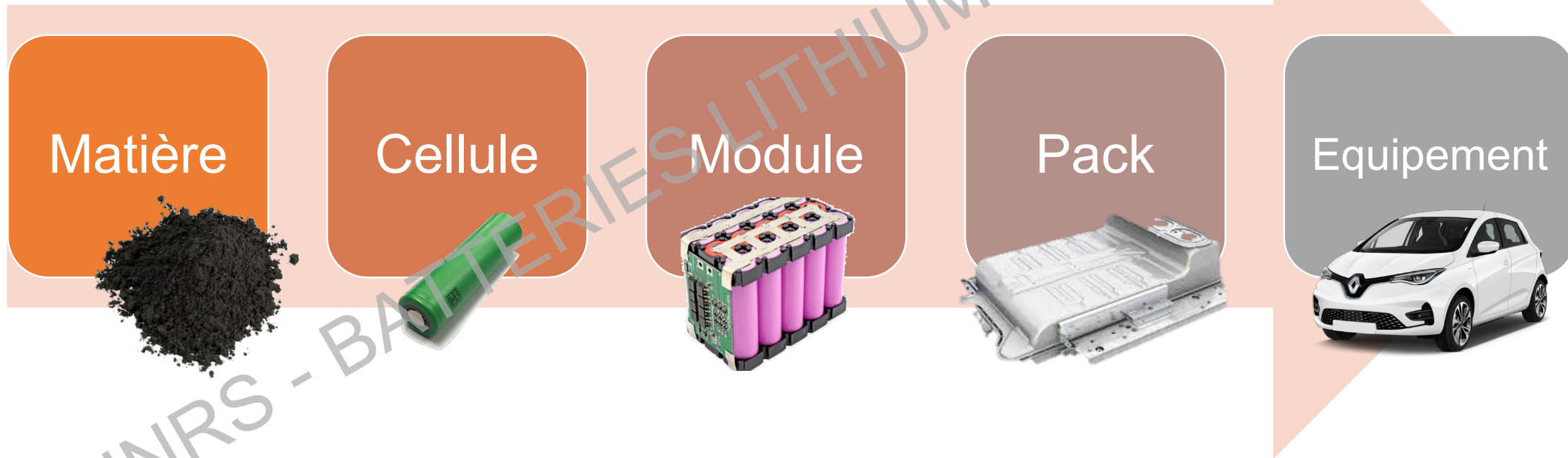
- Surchauffe
- Température très basse
- Variation rapide de température

## Electrique

- Court-circuit externe
- Surcharge
- Surintensité
- Surdécharge
- Inversion de polarité

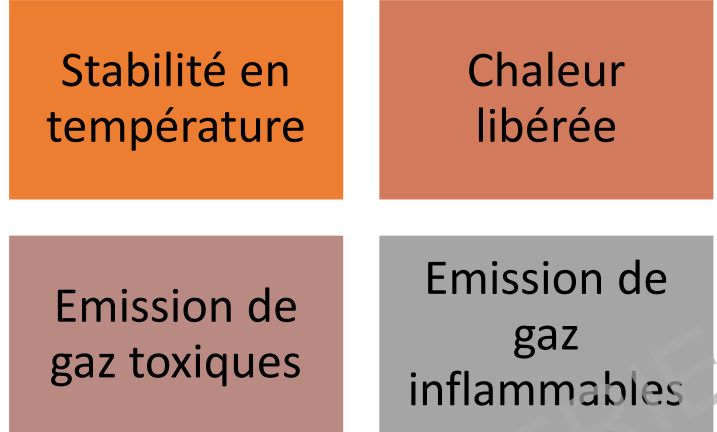
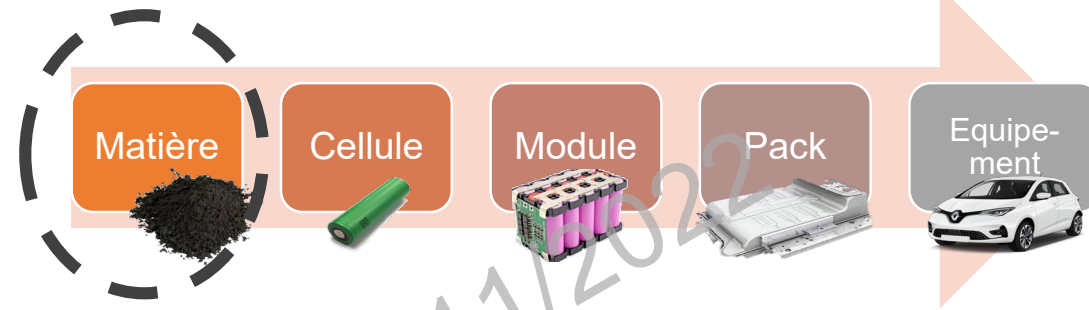
... et en quantifier les effets observés.

# Une approche multi-échelle des essais de sécurité...



Prise en compte de la sécurité à chaque étape du développement

# Echelle MATIERE



Anticipation des effets aux échelles supérieures



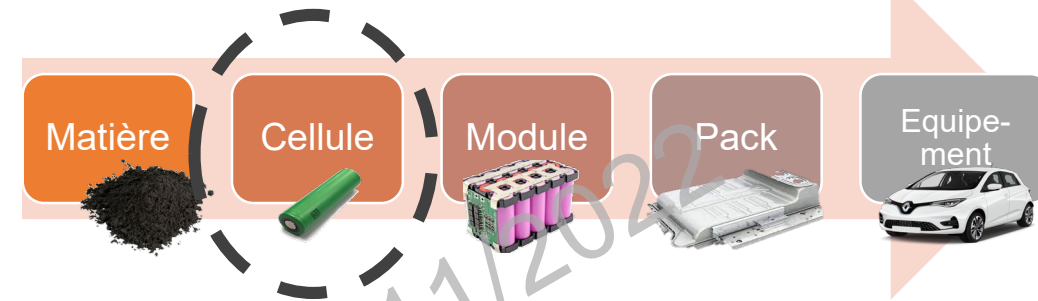
Calorimètre DSC



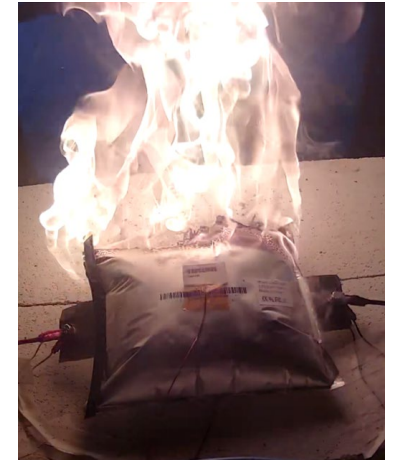
Calorimètre de Twarson (FPA) couplé à un spectromètre FTIR



# Echelle CELLULE



- Assurer un niveau de sécurité minimal au niveau cellule pour autoriser son transport (TMD, règlement UN38.3)
- Caractériser la cellule pour
  - Prédire le comportement aux échelles supérieures (modélisation numérique)
  - Évaluer les moyens de mitigation à mettre en œuvre aux échelles supérieures

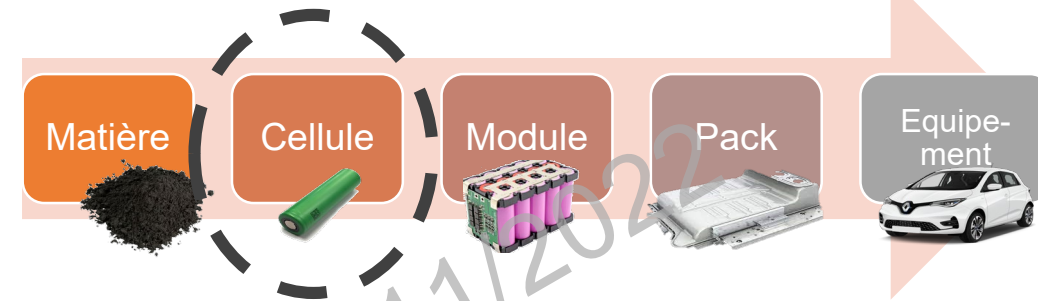


Surcharge cellule

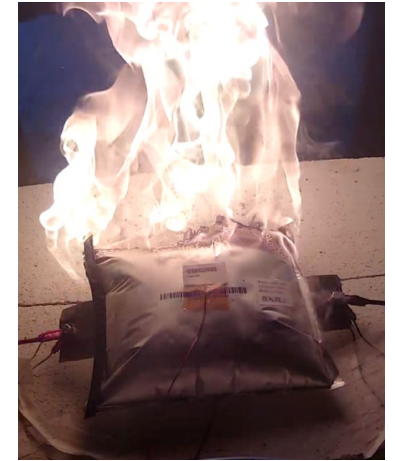


Percement au clou

# Echelle CELLULE



- Assurer un niveau de sécurité minimal au niveau cellule pour autoriser son transport (TMD, règlement UN38.3)
- Caractériser la cellule pour
  - Prédire le comportement aux échelles supérieures (modélisation numérique)
  - Évaluer les moyens de mitigation à mettre en œuvre aux échelles supérieures



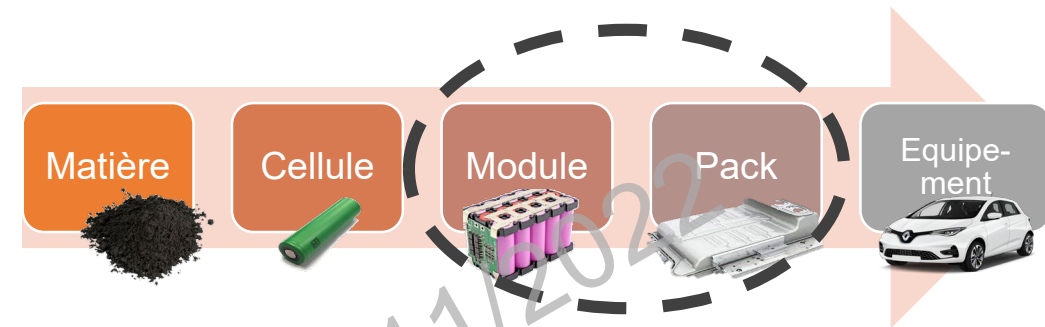
Surcharge cellule



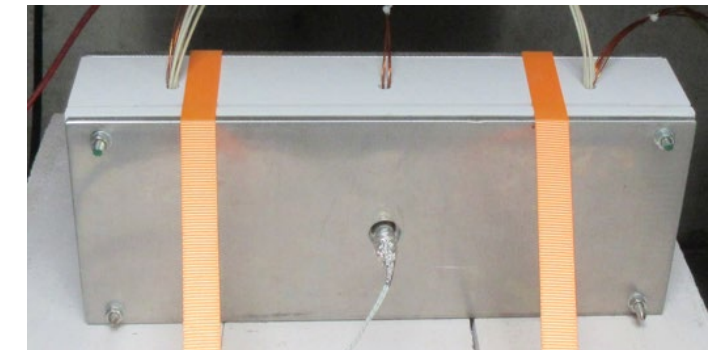
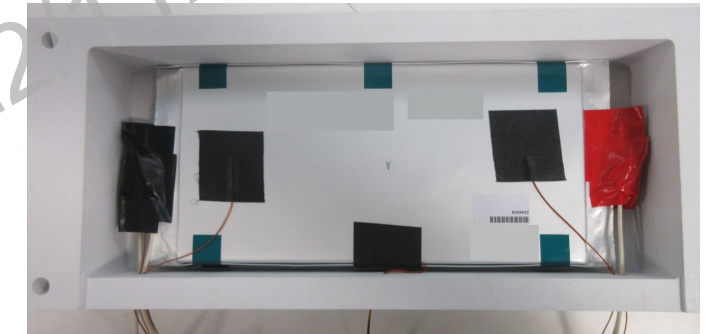
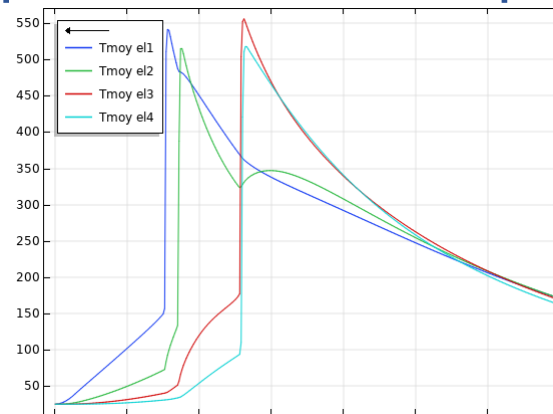
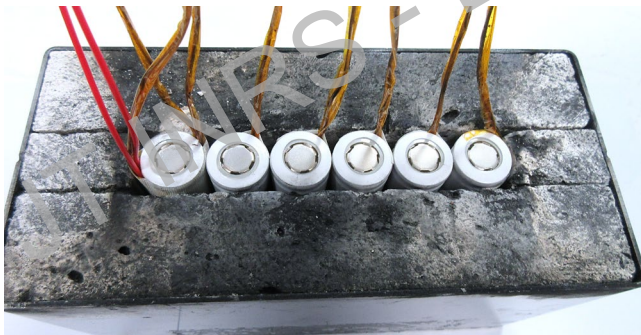
Perçement au clou

VIDEO  
PERCEMENT  
AU CLOU

## Echelle MODULE (petit pack)

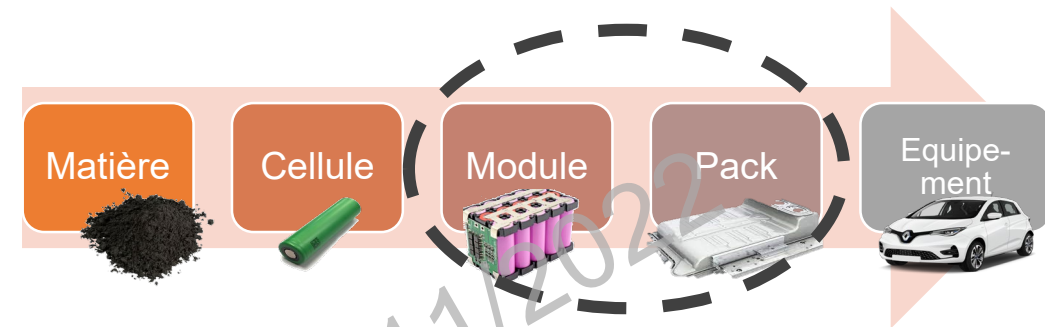


- Impact de la vitesse de propagation de l'emballage thermique sur
  - Le dégagement de chaleur
  - L'émission de gaz toxiques et inflammables
  - Les projections de matière
- Confirmer/ajuster les prédictions faites par modélisation

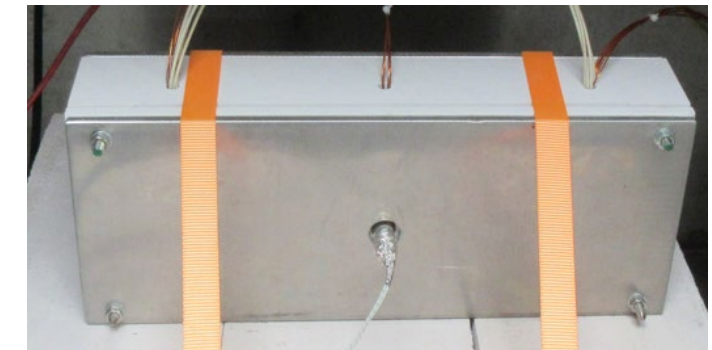
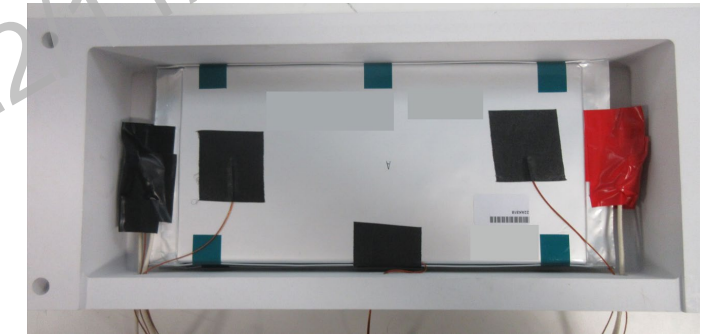
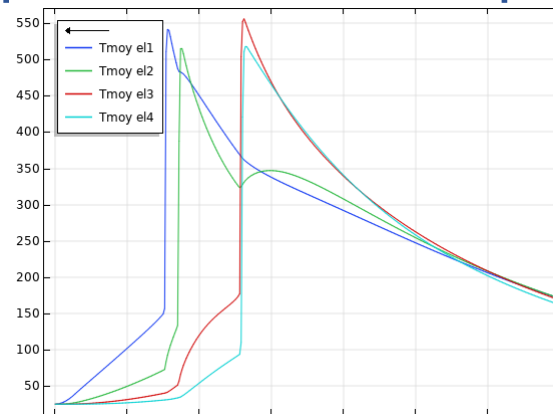
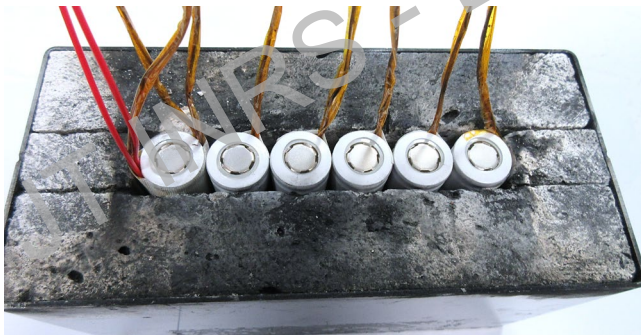


Essais de propagation de l'emballage thermique entre cellules et résultats numériques associés

## Echelle MODULE (petit pack)



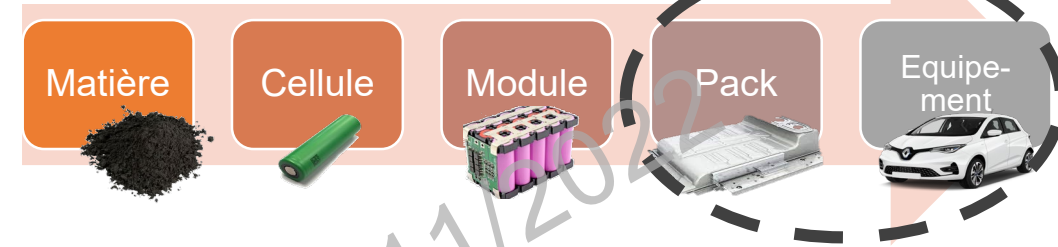
- Impact de la vitesse de propagation de l'emballage thermique sur
  - Le dégagement de chaleur
  - L'émission de gaz toxiques et inflammables
  - Les projections de matière
- Confirmer/ajuster les prédictions faites par modélisation



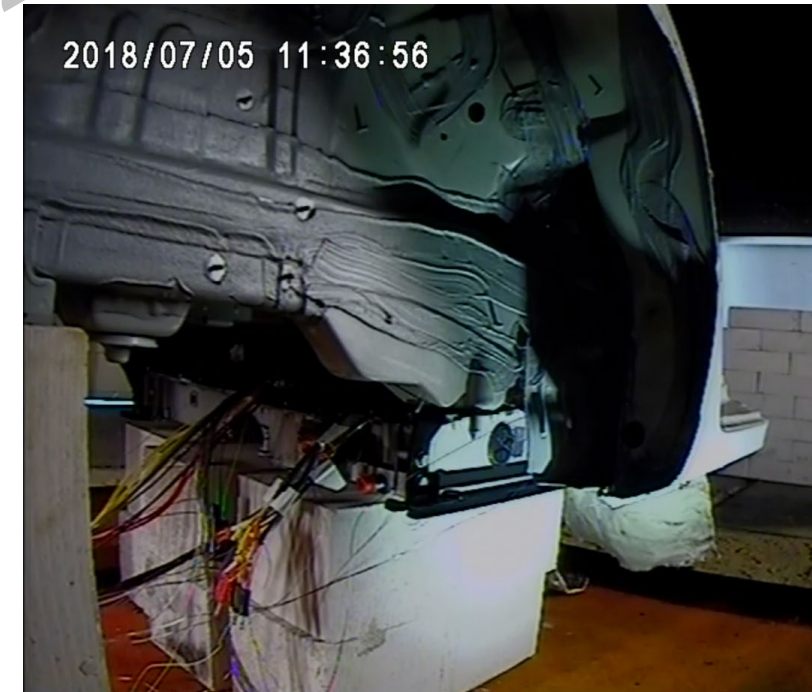
Essais de propagation de l'emballage thermique entre cellules et résultats numériques associés

VIDEO ESSAI PROPAGATION

## Echelle PACK (et supérieure)

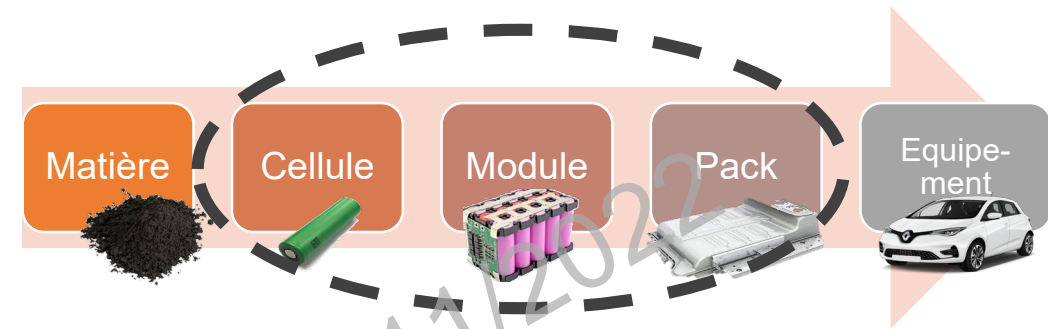


- Valider le comportement sécuritaire de la batterie face aux situations dangereuses prévisibles
  - Exemple: règlement R100 en automobile
- Valider l'efficacité des moyens de mitigation des risques
  - Evacuation des gaz, positionnement des sondes de température, vitesse de propagation de l'emballement,...
- Quantifier les effets en cas d'emballement thermique
  - Evaluer les distances d'effet
  - Dimensionner les systèmes d'extinction
  - Préparer les équipes d'intervention



Essai de non-propagation des gaz au sein de l'habitacle du véhicule

# Plateforme d'essai STEEVE



## Mécanique

Ecrasement statique et dynamique  
Perçement au clou  
Chute  
Immersion

## Electrique

Surcharge  
Sur-décharge/inversion de polarité  
Court-circuit externe  
Surintensité

## Thermique

Emballage thermique (ARC)  
Stabilité thermique  
Essai feu réel ou simulé

## Environnemental

Simulation d'altitude  
Cyclage thermique

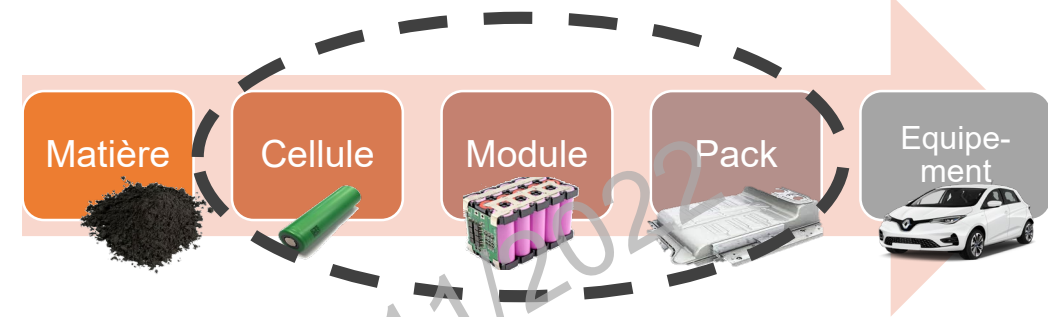
## Analyse de gaz

CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, HCT, H<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, FTIR



**Plateforme d'essai Steeve:**  
**240m<sup>2</sup> dédiée aux essais abusifs sur batterie,**  
**avec analyse de gaz et laveur**

# Plateforme d'essai STEEVE



## Mécanique

Ecrasement statique et dynamique  
Perçement au clou  
Chute  
Immersion

## Electrique

Surcharge  
Sur-décharge/inversion de polarité  
Court-circuit externe  
Surintensité

## Thermique

Emballage thermique (ARC)  
Stabilité thermique  
Essai feu réel ou simulé

## Environnemental

Simulation d'altitude  
Cyclage thermique

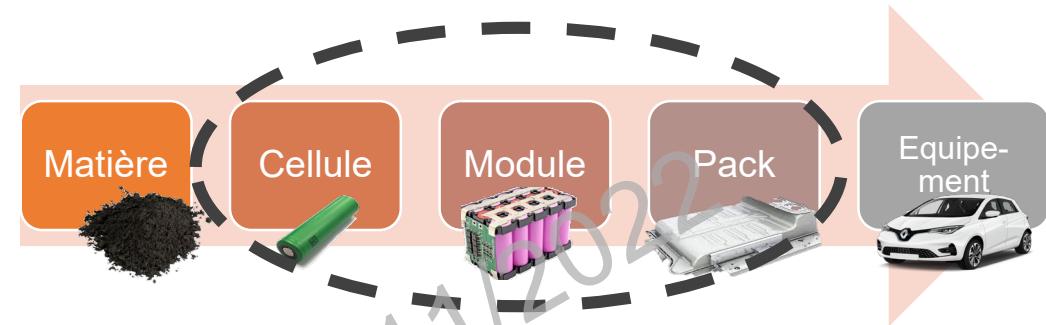
## Analyse de gaz

CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, HCT, H<sub>2</sub>, FTIR



**Plateforme d'essai Steeve:**  
**240m<sup>2</sup> dédiée aux essais abusifs sur batterie,**  
**avec analyse de gaz et laveur**

# Plateforme d'essai STEEVE



Cellule d'essai électrique

Calorimètre adiabatique (ARC)

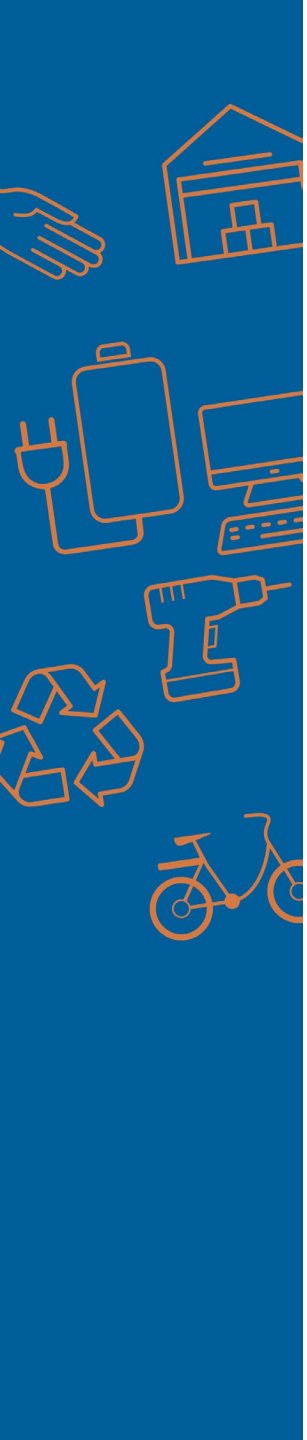


Tour de chute

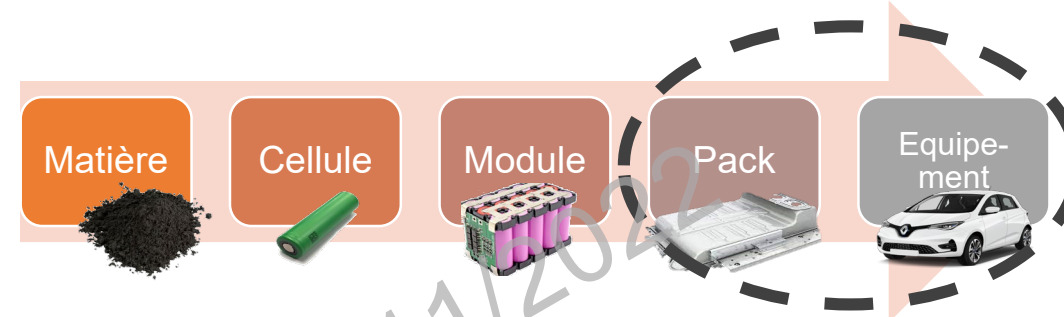
Presse 300 kN



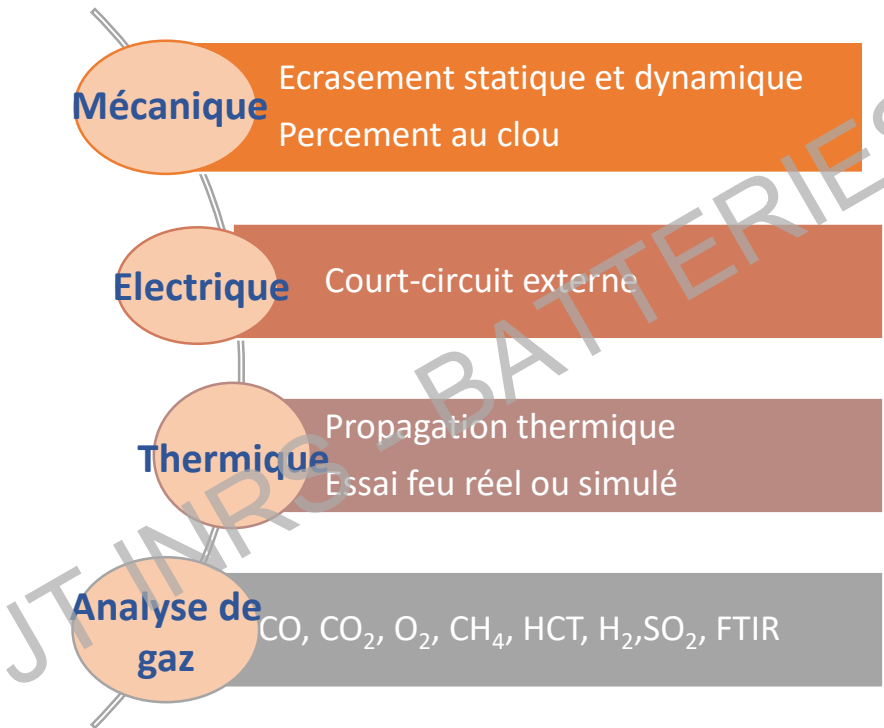




# La plateforme INCENDIE

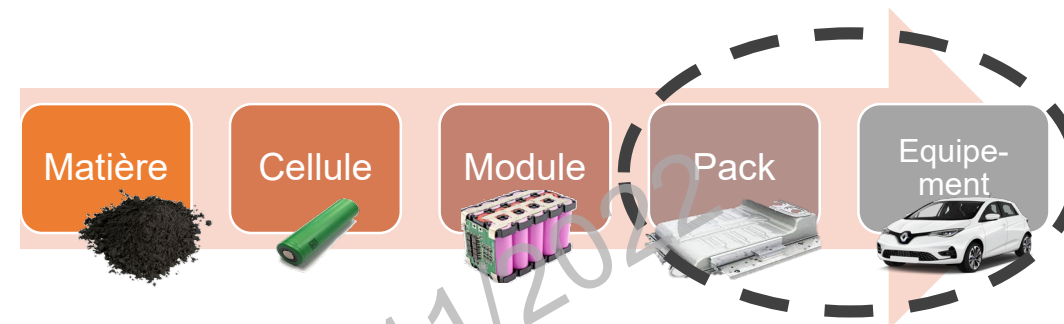


Changement d'échelle des effets...  
...et des installations requises



**Plateforme Incendie:**  
chambres d'essai 10 m<sup>3</sup>, 80 m<sup>3</sup>, 600 m<sup>3</sup> et 1000 m<sup>3</sup> avec analyse de gaz et système de traitement des fumées

# La plateforme INCENDIE



Propagation d'emballage thermique



Incendie de véhicule électrique complet



Presse 500 kN pour essai d'écrasement

## Mécanique

Ecrasement statique et dynamique  
Perçement au clou

## Electrique

Court-circuit externe

## Thermique

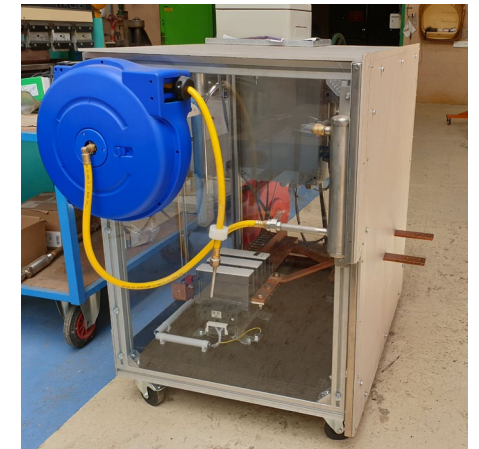
Propagation thermique  
Essai feu réel ou simulé

## Analyse de gaz

CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, HCT, H<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, FTIR



Immersion de pack

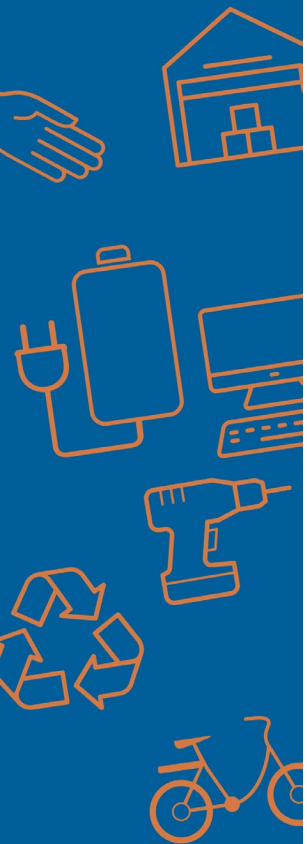


Banc de court-circuit 20 kA

## Conclusion

- Essais de sécurité permettent de:
  - Aider à la sélection des moyens de mitigation des risques
  - Valider le comportement sécuritaire de la batterie face aux situations dangereuses prévisibles
  - Estimer les distances d'effets sur les personnes et sur les biens
  - Evaluer les systèmes d'extinction
  - Préparer les équipes d'intervention
- Essais évoluent continuellement
  - Amélioration de la précision des mesures
  - Nouveau déclencheur de l'emballage thermique
  - Développement de méthodes de mesures des chaleurs libérées
  - Adaptation des essais au profil de risque des nouvelles technologies





**Merci pour votre attention**

JT INRS - BATTERIES LITHIUM 22/11/2022