

PROJETS DE DÉVELOPPEMENT DE SYSTÈMES DE
STOCKAGE D'ÉNERGIE PAR BATTERIES (BESS)

NOTICE SÉCURITÉ ECLIPSE

JUILLET
2025

UNE APPROCHE PRAGMATIQUE EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ DES PROJETS BESS.

Ce document présente les principes de sécurité d'Eclipse
et les engagements envers un développement responsable
du stockage d'énergie.

www.eclipse-flow.com



Eclipse : Notre vision

Fondée en 2023, Eclipse a été créée pour soutenir la transition vers un réseau électrique autonome, réduisant la part des énergies fossiles dans le mixe énergétique. Nous sommes convaincus de l'importance de promouvoir les énergies renouvelables à travers le développement de solutions de stockage novatrices et considérons le stockage par batterie comme un bien public fondamental pour assurer la sécurité énergétique. Notre objectif est d'aller au-delà en le transformant en une activité durable et rentable à long terme.



Développement du stockage d'énergie

Identification des terrains et relations propriétaires

Nous choisissons avec soin les terrains et établissons un lien de confiance avec les propriétaires fonciers afin de les engager dans les projets.

Nous mettons en place un processus défini pour atteindre un accord mutuellement bénéfique.

Une fois approuvés, nous les réalisons avec nos partenaires choisis

Nous ne faisons aucun compromis sur la qualité des matériaux et des installateurs. Nous les choisissons en fonction de leur expérience et de leurs performances. À performance équivalente, nous favorisons les entreprises locales pour maximiser les avantages pour la communauté.

Des projets élaborés en partenariat avec les GRT et les autorités publiques

Nous réduisons les délais de développement en initiant proactivement des discussions avec les GRT et les autorités locales afin d'assurer leur adhésion dès le début du projet.

Soigneusement encadrés, nos actifs génèrent une valeur durable

Nous exploitons soigneusement nos actifs pour assurer une performance optimale tout au long de leur cycle de vie. Nous mettons en œuvre une maintenance préventive et corrective afin de garantir une disponibilité complète.

Notre savoir-faire technique nous permet de surveiller et d'optimiser les actifs.

L'ENGAGEMENT D'ECLIPSE EN FAVEUR D'UN STOCKAGE SÉCURISÉ ET DURABLE

Chez Eclipse, la sécurité des solutions de stockage d'énergie n'est pas une simple aspiration, mais un engagement fondamental ancré à chaque phase de nos projets de systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS).

Le stockage d'énergie revêt une importance cruciale dans la transition énergétique mondiale. Cependant, son déploiement s'accompagne d'une série de risques complexes et dynamiques qui nécessitent une stratégie de sécurité proactive, techniquement robuste et en perpétuelle évolution.

Ce document établit la philosophie de sécurité d'Eclipse : il s'agit d'un cadre stratégique qui oriente notre approche de l'intégration de la sécurité dans tous les aspects du développement, de l'exécution et de l'exploitation des projets BESS.

L'approche d'Eclipse en matière de sécurité est solide, fondée sur des données probantes et conforme aux normes les plus strictes en matière de gestion des risques techniques.

Nous intégrons les retours d'expérience, appliquons les meilleures pratiques internationales et anticipons les risques émergents. Notre engagement envers la sécurité ne se limite pas aux projets : il englobe les individus, l'environnement et la crédibilité à long terme du stockage d'énergie en tant que solution.



Contenu

1. Comprendre les risques associés aux systèmes de stockage d'énergie (BESS)	4
2. Cadre législatif et normatif	5
3. Notre approche en matière de sécurité	5
4. Fondements de la sécurité chez Eclipse	6
Pilier 1. Sélection et conception des cellules de batteries	6
Pilier 2. Gestion de la chaleur et ventilation	7
Pilier 3. Systèmes de gestion des batteries (BMS)	8
Pilier 4. Systèmes de détection et d'alerte anticipée	9
Pilier 5. Systèmes d'extinction des incendies	10
Pilier 6. Gestion des risques d'explosion	11
Pilier 7. Planification territoriale et conception du site	12
Pilier 8. Préparation aux situations d'urgence	13
5. Construction et mise en service	14
6. Au-delà de la conception : sécurité opérationnelle et maintenance	15
7. Amélioration continue et enseignements tirés	16
8. Glossaire	17



Comprendre les risques associés aux systèmes de stockage d'énergie (BESS)

En fonctionnement normal, les systèmes de batteries lithium-ion n'engendrent aucun risque thermique ou chimique inhérent pour l'environnement. Les cellules sont hermétiquement scellées, soumises à des tests en usine et assemblées en modules et conteneurs, fournissant ainsi de multiples barrières physiques (cellule > module > conteneur). Les conteneurs sont classés IP56 et le système de refroidissement (généralement un mélange d'eau et de glycol) est écologiquement neutre dans des conditions normales.

Cependant, dans des conditions exceptionnelles ou d'urgence, une série de risques se manifeste :

Les principaux risques incluent :

- **Emballement thermique** : réaction d'auto-échauffement incontrôlée au sein d'une cellule, susceptible de se transformer en incendie et/ou en explosion.
- **Panne électrique** : surcharge, courts-circuits internes ou défaillances du BMS.
- **Dommages mécaniques** : impacts physiques, contraintes d'installation ou fatigue causée par les vibrations.
- **Stress thermique** : refroidissement insuffisant ou exposition à des sources de chaleur externes.

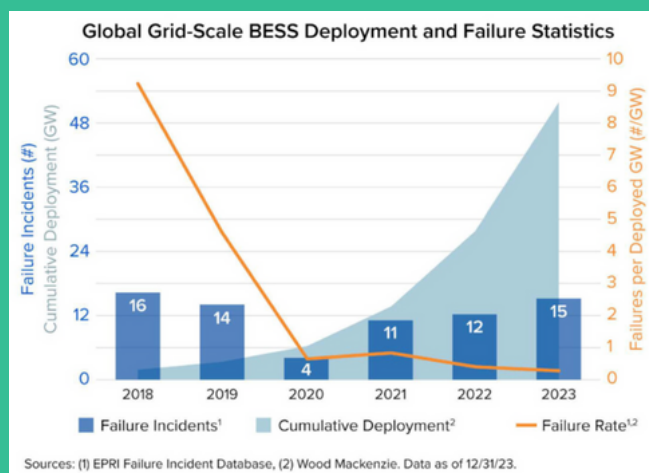
Conséquences de ces risques :

- Feu intense nourri par des substances organiques présentes dans les composants cellulaires.
- Libération de gaz toxiques et inflammables (par exemple, H₂, CO, HF, HCl).
- Risque d'explosion résultant de l'accumulation de gaz dans des espaces confinés.
- Risques de réallumage liés à l'énergie piégée et à la libération retardée de chaleur.

Considérations additionnelles concernant les risques chimiques :

- Lors d'un incendie, les gaz émis incluent le méthane, l'éthylène, l'hydrogène et les oxydes de carbone. Les concentrations ont peu de chances d'atteindre les seuils ATEX dans des conditions de ventilation normales des conteneurs.
- La fumée peut contenir des particules irritantes. L'équipement de protection individuel est requis pour les intervenants.
- Les fuites d'électrolytes issues de modules endommagés peuvent libérer de l'hexafluorophosphate de lithium (toxique et corrosif, mais rapidement neutralisé par l'eau). Les polymères fluorés libérés ont une faible mobilité et un impact environnemental limité.
- Une analyse du sol après l'incident est conseillée pour vérifier l'absence de polluants résiduels.

Avec l'expansion mondiale des déploiements de systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS) à grande échelle, la sécurité des actifs fait l'objet d'une attention accrue. Malgré cette visibilité renforcée, il convient de souligner que le taux global de défaillances des systèmes a considérablement diminué, grâce aux avancées technologiques et à l'amélioration des pratiques de sécurité au sein du secteur.



La propagation de l'emballement thermique reste le risque principal. En l'absence de confinement approprié, la défaillance d'une seule cellule peut affecter des racks ou des conteneurs entiers.

L'approche d'Eclipse se concentre ainsi sur une défense multicouche, la prévention et la gestion des conséquences.



2. Cadre législatif et normatif

La stratégie de sécurité d'Eclipse englobe toutes les principales références réglementaires et normatives, notamment :

- NFPA 855 – Installation de systèmes de stockage d'énergie stationnaires.
- UL 9540 / UL 9540A – Évaluations de la sécurité et des performances de propagation thermique.
- UL 1973 / IEC 62619 – Normes de sécurité pour les batteries lithium-ion.
- Série IEC 62933 – Sécurité générale des systèmes de stockage d'énergie électrique.
- UN38.3 / IEC 62281 – Sécurité du transport des batteries lithium.
- Normes de sécurité incendie et d'assurance (par exemple FM Global DS 5-33)
- Codes d'incendie nationaux et locaux – Adaptés par site.
- Retour d'expérience (REX) – Base de données mondiale des incidents (par exemple, base de données EPRI).

Eclipse perçoit la conformité comme une référence plutôt qu'un objectif. Nos projets intègrent systématiquement les données de test (par exemple, les rapports UL9540A au niveau des cellules, des modules et des unités sont indispensables), la modélisation de la propagation des flammes et l'analyse des explosions, attestant ainsi du confinement des cellules ou modules individuels.

Les fournisseurs de systèmes de batteries doivent fournir une documentation incluant :

Fiches de données de sécurité.

Données relatives à la conception et à la performance CVC,

Résultats des essais d'incendie/explosion (UL9540A),

Études de dispersion et de déflagration des gaz (NFPA 68/69),

En intégrant ces cadres dès la phase initiale de conception, Eclipse s'assure que chaque projet BESS respecte, et souvent dépasse, les normes de sécurité et d'assurabilité les plus strictes.

3. Notre approche en matière de sécurité

Chez Eclipse, la sécurité n'est pas un aspect que nous examinons en amont du projet : elle est intégrée dès le commencement. Nous la percevons comme un système cohérent, et non comme une réflexion a posteriori ou un livrable séparé.

Notre philosophie s'articule autour de six principes fondamentaux :

1. **Sécurité intégrée dès la conception** : les risques sont supprimés ou réduits à la source, depuis le choix des produits chimiques jusqu'à l'aménagement de l'espace
2. **Architecture de défense multi-couches** : nous déployons des barrières de sécurité à tous les niveaux : cellule → module → rack → conteneur → site, en reconnaissant qu'aucune couche ne peut être entièrement fiable de manière isolée.
3. **Anticipation des pannes et résilience** : nous partons du principe que les composants peuvent connaître des défaillances. Nos systèmes sont conçus non seulement pour un fonctionnement optimal, mais également pour une tolérance aux pannes et une dégradation progressive.
4. **Adaptabilité guidée par les REX** : les enseignements issus des incidents mondiaux sont constamment intégrés dans notre ingénierie, nos procédures et notre collaboration avec nos partenaires.
5. **Transparence et traçabilité** : toutes les décisions techniques relatives à la sécurité sont soigneusement documentées, vérifiables et traçables tout au long du cycle de vie du projet.
6. **Assurabilité et continuité des activités par le biais de la résilience** : notre objectif ne se limite pas à établir des systèmes sécurisés, mais à créer des systèmes dignes de confiance de la part de toutes les parties prenantes : avec un confinement éprouvé, une protection contre l'escalade et des capacités d'intervention d'urgence fiables.



4. Fondements de la sécurité chez Eclipse

La philosophie d'Eclipse s'articule autour de **huit piliers fondamentaux** qui déterminent la gestion de la sécurité tout au long du cycle de vie du projet.

Pilier 1 - Sélection et conception des cellules de batteries

Le processus de sécurité débute par la chimie et la conception des cellules.

- **Sélection de la composition chimique de la cellule**

Eclipse privilégie les chimies LFP (Lithium Fer Phosphate) lorsque cela est techniquement approprié, en raison de leur stabilité thermique, de leur faible dégagement d'oxygène en cas de défaillance et de leur inflammabilité réduite par rapport au NMC. Ce choix atténue considérablement la gravité des emballements thermiques.

- **Normes de qualité du fabricant**

Les cellules sont exclusivement fournies par des fournisseurs disposant de :

- Cellules à coque rigide en aluminium, offrant une protection mécanique.
- Événements de surpression intégrés pour évacuer les gaz en toute sécurité et prévenir la rupture.
- Certification ISO au niveau de l'usine et contrôles de processus validés pour prévenir la contamination par des particules et le désalignement du séparateur.
- Traçabilité intégrale pour les tests par lots et le suivi des anomalies.

- **Protection au niveau du module**

Chaque module inclut :

- Boîtier certifié IP66 (protection contre la poussière et l'eau).
- Couvercles supérieurs en plastique pour prévenir les courts-circuits accidentels.
- Aucune connexion boulonnée sur les barres omnibus, réduisant ainsi le risque de mauvais contact causé par un couple inapproprié.

- **Conception au niveau du conteneur**

- Boîtiers classés IP55, offrant une protection contre la corrosion de classe C3M ou C5M si requis.
- Systèmes intégrés de détection et d'extinction des incendies.
- Politique d'interdiction d'empilement – en accord avec les normes d'accès au feu et de résilience structurelle.

- **Les fournisseurs de batteries doivent soumettre :**

- Résultats UL9540A démontrant une propagation thermique restreinte,
- Données de modélisation des risques de déflagration (conformité à la LFL)
- Études de rayonnement thermique.
- Documents de conception détaillés pour le CVC et le refroidissement.

Cet examen technique préliminaire représente la première couche de sécurité, la plus essentielle, de la méthodologie d'Eclipse.



Pilier 2 - Gestion de la chaleur et ventilation

Un contrôle thermique optimal est crucial pour la durabilité de la batterie et ses performances en matière de sécurité.

La stratégie de gestion thermique d'Eclipse inclut :

- **Systèmes de refroidissement par liquide**

Nous favorisons les TMS (Thermal Management System, systèmes de gestion thermique) à circulation liquide plutôt que le refroidissement par air, pour les raisons suivantes :

- Uniformité thermique optimale,
- Meilleures performances dans des conditions climatiques extrêmes (-25°C à +55°C),
- Risque atténué de points chauds thermiques,
- Durée de vie de la batterie prolongée et SOH (état de santé) constant.

Les systèmes incluent :

- Refroidisseurs de haute efficacité,
- Circuits d'eau/glycol intégrés traversant l'ensemble des modules,
- Chauffage PTC (Coefficient de Température Positive) pour démarrages à froid,
- Modes de fonctionnement intelligents : arrêt, refroidissement, chauffage et circulation automatique.
- Contrôle TMS intégral via BMS fondé sur des mesures de température en temps réel.

- **Unités CVC**

Les systèmes CVC sont conçus pour les conditions ambiantes les plus extrêmes et pour assurer des performances optimales tout au long de leur durée de vie, avec une marge de refroidissement de 20 à 30 % afin de compenser la dégradation en fin de vie.

- **Surveillance des gaz et de l'environnement**

La température, l'humidité et les concentrations de gaz sont surveillées à divers niveaux, entraînant une augmentation ou un arrêt de la ventilation en cas de détection de conditions anormales.

- **Ventilation pour gaz combustibles**

Les conteneurs sont conçus pour maintenir les concentrations de gaz bien en deçà de 25 % de la LIE (limite inflammable explosive) conformément aux normes NFPA 855 et NFPA 69. Cela est réalisé par :

- Ventilateurs d'extraction antidéflagrants.
- Persiennes électriques
- Capteurs de gaz interzones (par exemple, H₂, CO),
- Système de sécurité intégrée pour l'arrêt du système et la dissipation du gaz.

- **Adaptation environnementale**

Pour les environnements corrosifs ou salins, Eclipse requiert une protection contre la corrosion de niveau ISO 12944 C3-H à C5-M ainsi que des configurations étanches à l'air selon les exigences.

Le TMS ne se limite pas à une fonction de performance : il constitue une barrière de sécurité essentielle contre les événements de propagation thermique.



Pilier 3 - Systèmes de gestion des batteries (BMS)

Le BMS constitue l'élément de contrôle centrale de chaque BESS, assurant un fonctionnement sûr, fiable et coordonné du système.

L'architecture BMS classique proposée par Eclipse repose sur la redondance, la réactivité et la sécurité.

Les fonctions du BMS comprennent :

- **La surveillance en temps réel.**

Enregistrement continu de la tension, du courant, de l'état de charge, de l'état de la résistance et de la température au niveau des cellules, des modules et des racks. Activation des alarmes :

- Limitations de charge et de décharge,
- Activation de la ventilation.
- Déconnexion immédiate.

- **La gestion des anomalies électriques**

Les systèmes typiques intègrent une réponse aux pannes à plusieurs niveaux :

- Alerte au PCS visant à diminuer la consommation d'énergie.
- Auto-isolément du conteneur concerné,
- Arrêt d'urgence activé par des signaux d'alarme, incluant la déconnexion du conteneur plein et l'isolement du rack par le biais de contacteurs.
- Sécurité ultime grâce à un fusible intégré en cas de défaillance majeure ou de court-circuit.

- **La protection thermique dynamique**

En fonction des variations de température, le BMS :

- Règle les modes de fonctionnement (refroidissement/chauffage).
- Coordonne la suppression de l'emballement thermique et l'extraction des gaz.

- **La logique d'autodéfense**

Le BMS a la capacité de :

- Arrêter et redémarrer les conteneurs de façon autonome dans des conditions sécurisées,
- Isoler les sections défaillantes en cas de perte de communication.
- Interface avec les systèmes d'incendie pour activer des alarmes et des séquences d'extinction.

- **La télémétrie et surveillance à distance**

Intégration complète du SCADA, accès à distance et suivi des données historiques pour l'analyse des incidents et la maintenance prédictive.

Le BMS constitue la première et la plus essentielle barrière active dans la stratégie de défense d'Eclipse.





Pilier 4 - Systèmes de détection et d'alarme

Chez Eclipse, nous investissons massivement dans la détection car le temps est un facteur critique lors des incidents liés aux systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS).

Notre approche de la détection repose sur la redondance, la superposition des systèmes et la réactivité en temps réel :

- **Détecteurs de gaz**

Positionnés stratégiquement aux niveaux bas et intermédiaires à l'intérieur des conteneurs. Les seuils d'alarme sont fixés à 25 % de la limite inférieure d'explosivité (LIE), déclenchant la ventilation automatique et les alarmes.

- **Détection de fumée et de chaleur**

Chaque conteneur est équipé de :

- Détecteurs de chaleur,
- Détecteurs de fumée (optiques et par aspiration),
- Une logique de double détection pour éviter les fausses alertes.

- **Panneaux de détection d'incendie intégrés**

Les panneaux classiques contrôlent des rangées de conteneurs et s'interfaçent avec les systèmes d'automatisation.

Les alarmes de détection déclenchent :

- L'arrêt local de l'alimentation,
- Une alerte à distance via le SCADA,
- L'activation du système de suppression d'incendie (aérosol) en cas d'alarme confirmée.

- **Supervision à distance**

Les données de détection et du BMS sont surveillées à distance 24h/24 et 7j/7 pour assurer la coordination d'urgence et le diagnostic. Tous les sites sont également entièrement équipés en éclairage et couverts par des systèmes de vidéosurveillance.

- **Logique zonée et vérification croisée**

La logique de détection incendie repose sur la détection par concordance (ex. : fumée + chaleur) avant de déclencher les agents de suppression.

- **Interface du système de suppression d'incendie**

Les systèmes de détection d'incendie s'interfaçent avec :

- Le BMS (pour l'arrêt des unités concernées),
- Les automates du site (pour alerter les opérateurs),
- Les systèmes de diffusion d'aérosol (localisés),
- Le système de pulvérisation d'eau (sauvegarde manuelle).

Les stratégies de détection et d'extinction sont étroitement liées pour limiter l'escalade sans délai ni prise de décision manuelle.



Pilier 5 - Systèmes d'extinction des incendies

Eclipse met en œuvre une stratégie de lutte contre les incendies axée sur un confinement interne rapide, tout en minimisant l'exposition inutile du système et les dommages collatéraux. Notre approche repose sur le principe qu'une intervention trop agressive et prématurée peut aggraver les conséquences, tant pour la sécurité que pour la résilience du système.

La lutte contre les incendies par aérosols représente ainsi la première ligne de défense. Dès qu'un incendie est confirmé dans un conteneur – généralement par une détection à double critère (chaleur et fumée) – le système d'aérosols s'active automatiquement. L'objectif est de freiner la propagation thermique dès les premiers stades, sans intervention extérieure immédiate. Eclipse considère cette mesure d'extinction rapide et localisée comme cruciale pour maîtriser la majorité des incendies sans aggravation.



Exemple de système d'extinction d'incendie par aérosol

Pour assurer l'efficacité et la sécurité, des règles opérationnelles rigoureuses sont en vigueur :

- **Les portes des conteneurs ne doivent pas être ouvertes** pendant ou immédiatement après l'activation de l'aérosol.
- Cela pourrait non seulement permettre à l'aérosol de se dissiper, diminuant ainsi son efficacité, mais également exposer les intervenants à une libération retardée de l'agent ou à une chaleur résiduelle.

Un indicateur LED spécifique est placé sur le dessus de chaque conteneur, indiquant clairement si une décharge d'aérosol a été activée. Cela permet aux premiers intervenants d'évaluer la situation à distance et d'éviter tout risque superflu.

Si la projection d'aérosols s'avère insuffisante pour éteindre l'incendie, Eclipse recommande une **stratégie de brûlage contrôlé** (« laisser brûler ») comme seconde ligne de défense par défaut. Cette approche, de plus en plus adoptée par l'industrie et les services d'urgence, consiste à surveiller attentivement le conteneur en feu tout en concentrant les efforts de protection sur les systèmes adjacents afin de prévenir la propagation des flammes. Cette option **limite l'exposition des pompiers**, évite l'introduction d'eau dans les systèmes électriques endommagés et permet souvent de réduire les dommages collatéraux tout en accélérant la récupération après incident.

Cette stratégie doit être convenue au préalable avec les services d'urgence locaux lors de la planification du projet et intégrée au Plan d'Intervention d'Urgence (PIU) du site. Eclipse collabore activement avec les pompiers et les assureurs pour valider cette stratégie dans le cadre de sa philosophie de gestion des risques.

Néanmoins, Eclipse met systématiquement en place un système de tuyauterie sèche à l'intérieur de chaque conteneur, relié à une vanne manuelle externe. Ce dispositif permet, en cas de nécessité absolue et avec l'accord éclairé des services d'urgence, d'introduire de l'eau directement dans le conteneur concerné afin de refroidir les modules de batterie et d'éteindre tout incendie résiduel. L'activation de ce système constitue un dernier recours, justifié uniquement après l'échec de la suppression par aérosol et du confinement externe, et lorsque les conditions thermiques sont confirmées comme compatibles avec une application sécurisée de l'eau.



Pilier 6 - Gestion des risques d'explosion

Le risque d'explosion dans les projets BESS est étroitement associé à l'accumulation de gaz inflammables, en particulier l'hydrogène, qui peuvent être libérés lors d'emballements thermiques. Ces gaz peuvent atteindre des concentrations critiques s'ils ne sont pas détectés, dilués et gérés de manière appropriée, ce qui peut provoquer une surpression ou une déflagration à l'intérieur du conteneur.

Eclipse intègre l'atténuation des risques d'explosion dès la phase de conception, fondée sur trois principes : prévenir l'accumulation, maîtriser les sources d'inflammation et relâcher la surpression en toute sécurité si nécessaire.

Chaque conteneur est doté d'un système de détection de gaz redondant, capable d'identifier les concentrations croissantes à différents niveaux. Ce système de détection est associé à une logique de ventilation automatisée : des ventilateurs d'extraction antidéflagrants et des volets électriques s'activent rapidement pour maintenir les concentrations bien en deçà de 25 % de la limite inférieure d'inflammabilité (LII), conformément aux recommandations de la norme NFPA 69. Cette réaction rapide assure la dilution des gaz avant que les seuils d'inflammation ne soient atteints.



Illustration de CATL (un fournisseur de systèmes de stockage d'énergie par batterie approuvé par ECLIPSE)

La conception réduit les sources potentielles d'inflammation dans les zones susceptibles de connaître une accumulation de gaz. Des équipements antidéflagrants (certifiés ATEX) sont employés si nécessaire. L'agencement interne est élaboré pour prévenir les zones mortes où les gaz pourraient stagner sans être détectés.

Si une surpression se produit malgré ces mesures, les conteneurs sont dotés de panneaux de décharge d'explosion ou d'évents de pression certifiés. Ceux-ci sont dimensionnés et positionnés de manière à orienter toute déflagration verticalement, protégeant ainsi le personnel et les équipements environnants. Ce dispositif de sécurité passive est jugé essentiel pour gérer les scénarios les plus défavorables tout en minimisant l'impact sur l'ensemble du système.

Eclipse ne considère pas le risque d'explosion comme un danger résiduel, mais comme un paramètre de conception à part entière – maîtrisé grâce à l'interaction coordonnée entre la détection, la ventilation, la ségrégation électrique et la résilience structurelle passive.

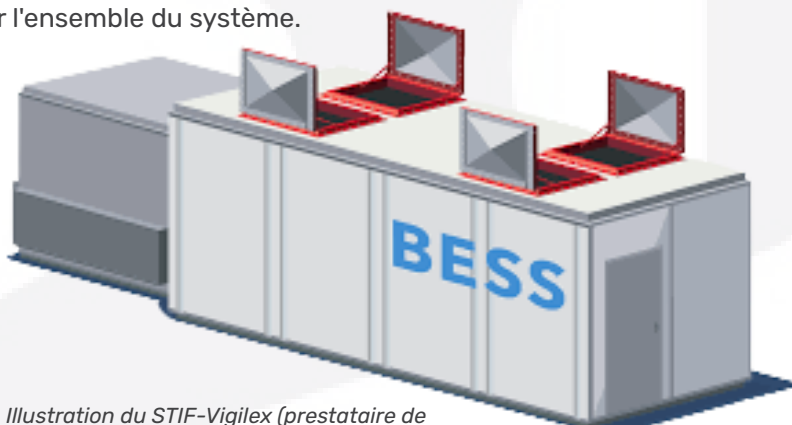


Illustration du STIF-Vigilex (prestataire de panneaux anti-explosion)



Pilier 7 - Organisation de l'espace et conception du site

La sécurité d'une installation BESS ne se limite pas au conteneur lui-même ; elle repose principalement sur la conception, l'organisation et l'accessibilité de l'ensemble du site, tant en conditions normales qu'en situation d'urgence.

Eclipse adopte une approche rigoureuse et axée sur la gestion des risques dans la planification spatiale, visant à prévenir la propagation des incendies, à assurer l'accès d'urgence et à protéger les infrastructures essentielles.

Les distances de séparation entre les conteneurs BESS, les locaux électriques, les transformateurs, les bâtiments et les limites du site sont systématiquement déterminées en appliquant les directives les plus strictes en vigueur (par exemple, les résultats de propagation NFPA 855, ICPE 2925-2 (France), UL 9540A).

Les distances de sécurité standards appliquées par Eclipse sont :

- Espacement minimal de 5 m entre les unités BESS sur leur côté long et de 3 m sur les autres côtés.
- À 12 mètres des limites de propriété.
- Voies d'accès pour incendie (≥ 5 m de large) destinées à la circulation et à l'intervention.
- Séparation des autres équipements :
 - à 4 m des transformateurs,
 - à 6 m des points d'eau,
 - 3 m des autres équipements électriques (comme les onduleurs, les panneaux photovoltaïques, etc.).
- L'empilement de conteneurs est formellement prohibé dans les projets Eclipse, tant pour l'accès des services d'incendie que pour la résilience structurelle.
- La distance entre le BESS et les transformateurs ou l'alimentation en eau peut être réduite à 3 mètres si un mur coupe-feu de 2 heures est installé entre le BESS et le transformateur ou l'alimentation en eau.

Les voies d'accès pour les véhicules, sont intégrées à l'aménagement du site dès le premier jour. Eclipse assure aux premiers intervenants un accès sans entrave à toutes les zones concernées et permet d'effectuer les opérations de lutte contre l'incendie (telles que la pulvérisation externe ou le raccordement à des systèmes sous air) sans pénétrer dans des zones potentiellement dangereuses.

Afin de prévenir tout accès non autorisé chaque site est doté d'une clôture périphérique d'une hauteur minimale de 2 mètres, d'un système de vidéosurveillance continu couvrant l'ensemble des zones critiques, ainsi que de dispositifs de protection contre la foudre. Ces systèmes sont connectés à un système d'alimentation sans interruption (ASI) garantissant une autonomie minimale de 12 heures, assurant ainsi la continuité opérationnelle en cas de coupure de courant.

Chaque conteneur est désigné par un numéro de référence unique, clairement visible de l'extérieur, et arborant une signalisation de haute visibilité signalant la présence de batteries lithium-ion, de systèmes de suppression et de contacts d'urgence.

À l'entrée du site, Eclipse met à disposition un panneau permanent présentant un plan simplifié du site, des zones de plan d'incendie et des extraits d'ERP (Plan d'intervention d'urgence), permettant ainsi aux équipes d'urgence de s'orienter rapidement dès leur arrivée.



Pilier 8 - Préparation aux situations d'urgence

La préparation aux situations d'urgence ne constitue pas une simple formalité procédurale : elle s'inscrit au cœur de la philosophie de sécurité d'Eclipse.

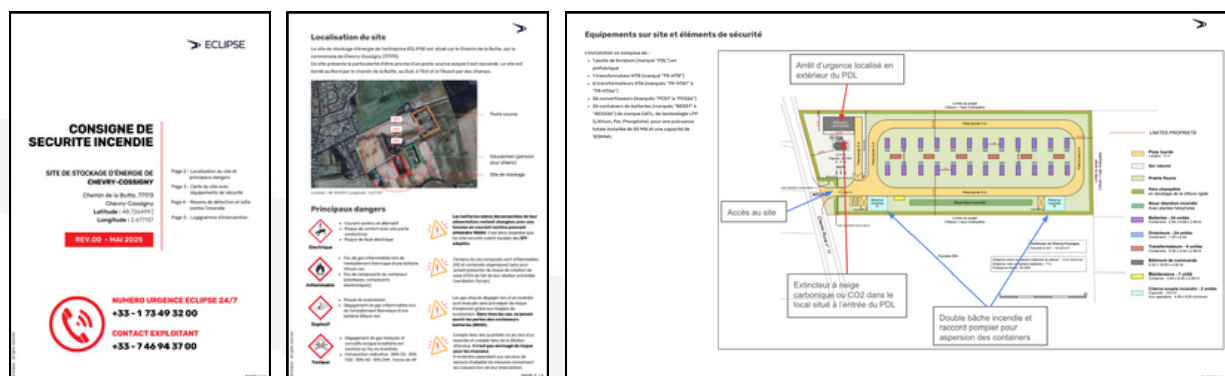
Eclipse élabore un plan d'intervention d'urgence (PIU) spécifique à chaque projet BESS, en étroite collaboration avec les services d'incendie et de protection civile locaux. Ce plan inclut un zonage précis, des scénarios d'incendie établis, des protocoles d'intervention par conteneur et des cartes des équipements.

Pour soutenir les intervenants, Eclipse met en place un panneau ERP visuel à l'entrée principale de l'installation BESS, comprenant :

- Photographie aérienne ou plan de situation, incluant des informations telles que l'emplacement des bornes à incendie, les points de rassemblement, l'emplacement des réserves d'eau, l'entrée conseillée pour les pompiers, etc.
- Contacts d'urgence prioritaires,
- Instructions de réponse,
- Indicateurs du dispositif de sécurité.

Au niveau du conteneur, des indicateurs LED externes signalent l'état d'activation des systèmes d'extinction internes, permettant aux pompiers d'identifier les unités ayant déchargé des aérosols et qui ne doivent pas être ouvertes.

Eclipse stipule clairement que les conteneurs doivent rester scellés en cas d'incendie, sauf autorisation explicite après un refroidissement complet et une vérification. Cette précaution assure la sécurité du personnel et la préservation de l'intégrité du système d'extinction.



Extrait d'un ERP dédié au site

Eclipse organise également des visites de site et des exercices conjoints avec les intervenants d'urgence. Au minimum, une session dédiée est tenue tous les deux ans par site, afin d'assurer l'harmonisation du contenu du PGI, de la logistique d'accès au site et des procédures de lutte contre les incendies, notamment la manière et le moment d'activer les systèmes sous air.

La formation englobe le personnel d'Eclipse, les sous-traitants et les prestataires de maintenance, assurant que tous les intervenants maîtrisent l'ERP, le comportement des systèmes lithium-ion en cas d'incendie et la séquence adéquate des actions.

En promouvant une planification d'urgence réaliste et coordonnée, Eclipse s'assure que les décisions appropriées sont prises sous pression, par les personnes adéquates, avec les informations pertinentes.



5. Construction et mise en service

Les phases de construction et de mise en service représentent une transition clé entre la conception du système et sa mise en exploitation opérationnelle. Souvent perçues comme des étapes déterminantes du projet, ces phases représentent en réalité des occasions pour identifier et maîtriser les risques pouvant compromettre la sécurité et les performances du BESS tout au long de son cycle de vie.

Évaluation des risques propres au site

Avant le commencement des travaux sur site, Eclipse effectue une évaluation des risques spécifiques, adaptée à la conception, à l'environnement et à la logistique du projet. Cet exercice permet d'identifier les risques de sécurité propres aux phases de construction et de mise en service, notamment ceux associés à la manipulation des batteries, aux séquences de mise sous tension et à l'interopérabilité des systèmes.

Cette évaluation conduit la mise en place des mesures de prévention et de protection dans le cadre du **Plan de Santé et de Sécurité du Chantier du site**, ainsi que des protocoles de mise en service spécifiques au projet.

Transport et installation sécurisés des systèmes de batteries

Les modules et racks de batteries sont livrés sur site en tant qu'unités préassemblées, chacune étant conforme à des normes de sécurité de transport rigoureuses (par exemple UN38.3, IEC 62281, IEC 63056).

Tous les emballages de transport doivent comporter des indicateurs d'impact, et tout composant présentant des signes de choc ou de déformation doit être mis de côté pour des tests supplémentaires avant l'installation.

La manutention sur site est régie par des procédures documentées de levage, de déballage et d'intégration mécanique, validées par Eclipse et/ou des fournisseurs certifiés.

Philosophie de la mise en service

La mise en service constitue une série structurée d'étapes de validation visant à :

- Confirmer que le système opère conformément aux spécifications de conception.
- Détecter et palier aux vices cachés,
- Établir une référence pour un fonctionnement sécurisé à long terme.

Chaque plan de mise en service est personnalisé en fonction du projet et inclut :

- **Tests d'acceptation en usine** (FAT) avant la livraison, validation des sous-systèmes critiques.
- **Test d'acceptation sur site** (SAT) de l'ensemble du matériel et des contrôles lors de l'installation.
- **Tests fonctionnels**, reproduisant des conditions opérationnelles réelles et des modes de défaillance.
- **Conformité du réseau et validation de l'interface**, en accord avec les normes locales.
- **Essais de mise en service simulant des conditions dégradées** (telles que la perte de refroidissement, de communications ou une panne de réseau) afin de vérifier la réponse sécurisée du système.



La mise en service n'est considérée comme validée que lorsque toutes les fonctions au niveau du système, y compris les alarmes, la logique de protection, les arrêts d'urgence et les séquences de récupération, ont été démontrées sous témoin et enregistrées avec traçabilité. Tous les tests sont réalisés par du personnel compétent, en conformité avec les règles de sécurité du site et les protocoles de verrouillage et d'étiquetage.

Transfert vers les opérations

Une phase de mise en service réussie assure une transition sécurisée et organisée vers l'équipe d'exploitation et de maintenance (O&M).

Eclipse s'assure que toute la documentation système, les rapports de test et les entrées ERP sont complétés et archivés avant la remise.

Cette étape est également employée pour :

- **Former le personnel d'exploitation et de maintenance** sur les comportements spécifiques au site ainsi que sur les interventions d'urgence.
- **Valider les interfaces opérationnelles** (BMS, SCADA, supervision à distance).
- **Préparer le site et la documentation** en vue des audits d'assurance ou des inspections des autorités.

Engagement avec les services d'urgence

Enfin, Eclipse considère la phase de mise en service comme le moment opportun pour mobiliser formellement les premiers intervenants locaux.

Cela inclut :

- **Une session de sensibilisation** à la sécurité des batteries adaptée à la chimie BESS mise en œuvre (LFP).
- **Une visite guidée du site** mettant en avant les systèmes de suppression, les points d'accès, la signalisation ERP et les identifiants de conteneurs.
- **Une opportunité** de présenter l'équipe O&M à ceux qui interviendraient en cas d'incident.

Cette étape clôt les mesures de sécurité, assurant que tous les intervenants – techniques, opérationnels et d'urgence – sont en accord avant la mise sous tension complète.

6. Au-delà de la conception : sécurité opérationnelle et maintenance

La sécurité des projets BESS ne se limite pas à la mise en service. Chez Eclipse, nous considérons l'exploitation et la maintenance (O&M) comme une phase essentielle où de nouveaux risques peuvent émerger si les systèmes sont négligés, modifiés ou mal interprétés. Notre philosophie dépasse la simple durabilité des composants : elle vise à préserver la sécurité fonctionnelle tout au long de la durée de vie de l'installation.

Chaque projet Eclipse est élaboré pour soutenir un modèle d'exploitation prévisible et à faible intervention, rendu possible grâce à une supervision à distance, une surveillance en temps réel et des protocoles d'accès rigoureusement contrôlés.

La télémétrie du système, comprenant la température, l'état de charge, l'état de santé, les déséquilibres de tension, l'état de détection de gaz et les performances CVC, est surveillée en permanence. L'analyse prédictive permet d'identifier les dérives, les anomalies ou les dégradations avant qu'elles ne provoquent une panne. Ces données orientent la planification de la maintenance et peuvent engendrer des actions préventives, allant du réétalonnage au remplacement des composants.



Des inspections physiques sont planifiées à des intervalles précis, incluant des vérifications sur :

- Communication et alarmes BMS ; Capteurs de détection d'incendie et intégrité du système d'aérosols.
- Performances de refroidissement et niveaux de réfrigérant (ainsi que vérification des fuites de liquide).
- Intégrité structurelle et accès aux conteneurs.
- Résistance interne des cellules. Remplacer les cellules lorsqu'une chute significative est observée. Il est important de noter que la résistance interne est généralement indépendante de l'état de charge, mais qu'elle augmente avec le vieillissement de la batterie. Elle représente donc un indicateur fiable de la durée de vie anticipée.
- Serrage des bornes électriques (afin de préserver l'intégrité de la connexion).

Eclipse s'assure que les pièces de rechange essentielles à la sécurité, telles que les composants CVC, les capteurs de fumée et de température, ainsi que les dispositifs d'extinction d'incendie, sont disponibles sur site afin de permettre un remplacement rapide et de garantir une protection continue.

L'accès aux conteneurs est rigoureusement contrôlé. Toute intervention nécessitant l'ouverture d'un BESS, que ce soit pour une inspection, une réparation ou une mise à jour du système, doit respecter une procédure formelle de verrouillage et d'étiquetage (LOTO) et ne peut être effectuée qu'une fois le système isolé électriquement et thermiquement. Il convient également de confirmer que le système de suppression des aérosols est désarmé ou inactif.

Enfin, Eclipse impose des protocoles rigoureux de contrôle des modifications. Les mises à jour du firmware, les modifications électriques ou tout ajustement de la logique de suppression ou de sécurité doivent faire l'objet d'une évaluation des risques multidisciplinaire, accompagnée d'une documentation exhaustive et d'une mise à jour du progiciel de gestion intégré (ERP) si nécessaire.

Les opérations peuvent sembler banales. Eclipse s'assure qu'elles ne deviennent jamais insignifiantes.

7. Amélioration continue et enseignements tirés

Eclipse perçoit l'amélioration continue comme un aspect essentiel et constant de sa stratégie en matière de sécurité.

Chaque projet participe à un processus structuré de retour d'expérience (REX). Les alarmes incendie, les activations de systèmes d'extinction, les quasi-accidents, les tendances anormales de la télémétrie du système de gestion technique des bâtiments (BMS) ainsi que les comportements inattendus des composants sont consignés, examinés et analysés. Les résultats sont communiqués en interne et, le cas échéant, aux fournisseurs de systèmes et aux partenaires.

Notre système interne REX est renforcé par une surveillance active des incidents BESS internationaux, offrant des informations précieuses sur les modes de défaillance, le comportement des opérateurs et l'efficacité des interventions d'urgence. Ces enseignements sont intégrés aux directives de conception, aux listes de contrôle d'inspection et aux modèles ERP d'Eclipse.



8. Glossaire

ATEX	<i>Atmosphères explosives</i> (European Directive)
BESS	Battery Energy Storage System
BMS	Battery Management System
ERP	Emergency Response Plan
FAT	Factory Acceptance Testing
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
ICPE	<i>Installation Classée pour la Protection de l'Environnement</i>
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organisation for Standardization
LED	Light Emitting Diode
LFL	Lower Flammability Limit
LFP	Lithium Iron Phosphate
LOTO	Lockout-Tagout
NFPA	National Fire Protection Association
NMC	Nickel Manganese Cobalt
O&M	Operation & Maintenance
PCS	Power Conversion System
PPE	Personal Protective Equipment
PTC	Positive Temperature Coefficient
PV	PhotoVoltaic
REI	<i>Résistance au Feu</i> (Fire resistance rating)
REX	<i>Retour d'EXpérience</i> (Return of Experience)
SAT	Site Acceptance Testing
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SOC	State Of Charge
SOH	State Of Health
TMS	Thermal Management System
TSO	Transmission System Operator
UL	Underwriters Laboratories
UN	United Nations
VOCs	Volatile Organic Compounds