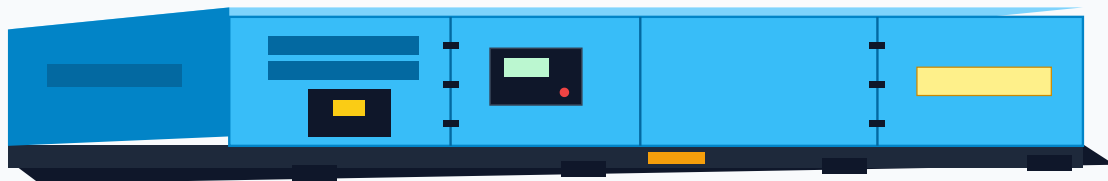


Système Énergétique Avancé à Volant d'Inertie

La nouvelle génération d'énergie commence ici — Spécifications techniques et aperçu d'ingénierie



Oubliez tout ce que vous savez sur la production d'énergie. Une plateforme énergétique intelligente unique — Ingénierie du futur de l'alimentation continue.

**SANS COMBUSTIBLES
FOSSILES**

SANS ÉOLIENNES

SANS PANNEAUX SOLAIRES

01 LE PROBLÈME

Pourquoi l'industrie dépend-elle encore du carburant, de la météo et du réseau ?

Depuis plus d'un siècle, l'alimentation électrique industrielle repose sur deux fondations : un combustible qui doit être acheté, transporté et brûlé, ou des ressources renouvelables qui dépendent de la météo et de la lumière du jour. Les deux fonctionnent. Aucune n'est inconditionnelle. Pour une usine, un hôpital ou un centre de données, le coût de l'énergie est rarement le seul enjeu : le véritable risque réside dans la continuité d'alimentation — ce qui se passe durant les secondes et les heures où la fourniture fait défaut.

Dépendance au carburant

La production au diesel ou au gaz lie les coûts d'exploitation au cours des matières premières et aux délais de livraison. Sur les sites isolés, la logistique dépasse souvent le coût du carburant.

Dépendance météo

Le solaire et l'éolien offrent d'excellents bilans économiques, mais la production suit les conditions climatiques plutôt que la demande. La stabilisation exige un investissement distinct.

Instabilité du réseau

Les creux de tension, les écarts de fréquence et les coupures endommagent les équipements et interrompent les procédés bien avant qu'un blackout complet ne survienne.

Charge de maintenance

Les machines à combustion imposent des intervalles d'entretien comptés en centaines d'heures de marche, avec consommables, taxes d'émissions et limites acoustiques.

Contraintes de site

Le stockage de carburant, l'évacuation des gaz d'échappement, le traitement acoustique et les permis d'exploitation limitent ce qui peut être physiquement installé et où.

Temps de réponse

Les groupes électrogènes de secours ont besoin de temps pour démarrer et se stabiliser. Les charges sensibles ne peuvent souvent pas tolérer cette fenêtre de transition.

IL EXISTE UNE AUTRE VOIE.

X GEN™ introduit une approche d'ingénierie alternative fondée sur le stockage d'énergie par volant d'inertie avancé, une gestion intelligente de la puissance et une architecture système évolutive.

Une plateforme énergétique à masse tournante conçue pour un service industriel.

La plateforme **X GEN™** combine un stockage d'énergie au lithium-fer-phosphate (LiFePO_4), un groupe d'onduleurs en parallèle, un étage de volant d'inertie à haute inertie, un réducteur mécanique et un alternateur synchrone sur un châssis skid unique. Chaque élément est sélectionné pour un service industriel intensif plutôt qu'adapté à partir de matériel grand public. L'architecture est modulaire : une installation pilote et le déploiement complet d'une usine partagent les mêmes composants, commandes, pièces de rechange et procédures de maintenance.

Ingénierie mécanique

Conception mécanique de classe industrielle, ligne d'arbre usinée avec précision, ensembles tournants équilibrés dynamiquement.

Volant d'inertie

Masse inertielle à deux étages assurant la stabilisation du couple mécanique et une réponse instantanée aux appels de charge.

Stockage d'énergie

Banc LiFePO_4 sur mesure avec BMS intégré et gestion de charge par redresseur commandé par thyristors.

Contrôle intelligent

Pilotage du variateur moteur, synchronisation réseau et surveillance à distance inclus de série.

Alternateur

Générateur synchrone à 1500 tr/min, sortie triphasée régulée 380/400 V à 50/60 Hz.

Qualité industrielle

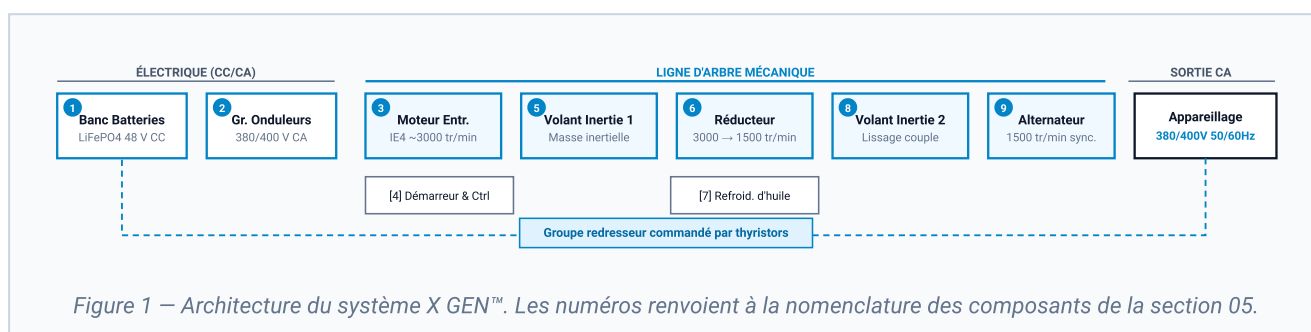
Enceinte certifiée IP, machines à service continu S1, conçues pour les environnements d'usine 24h/24 et 7j/7.

CONÇU ET DÉVELOPPÉ PAR MXB ENERGY POUR :

Applications industrielles et manufacturières • Infrastructures critiques • Systèmes militaires et de défense • Centres de données et télécommunications • Sites isolés et hors réseau • Alimentation d'urgence et de secours.

03 ARCHITECTURE

De la charge stockée à une sortie triphasée parfaitement régulée.



01 Stockage d'énergie

Un banc de batteries LiFePO_4 conçu sur mesure délivre du 48 V CC, divisé en bancs dimensionnés selon la puissance nominale de la plateforme.

02 Conversion CC/CA

Des onduleurs connectés en parallèle convertissent le 48 V CC en 380/400 V CA triphasé, alimentant le moteur via le démarreur et le contrôleur.

03 Moteur d'entraînement

Un moteur asynchrone triphasé de classe IE4 reçoit l'alimentation CA et initie la rotation de la ligne d'arbre à environ 3000 tr/min.

04 Volant d'inertie – Étage 1

L'énergie de rotation est transférée au premier volant. La masse inertielle stabilise le couple et amortit les variations transitoires de charge.

05 Réducteur mécanique

Réduit la vitesse d'arbre de 3000 tr/min à la vitesse synchrone de 1500 tr/min de l'alternateur, convertissant la vitesse en couple avec circuit de refroidissement d'huile dédié.

06 Volant d'inertie – Étage 2

Un second étage inertiel côté alternateur lisse davantage la transmission du couple et soutient une sortie stable sous charge variable.

07 Sortie alternateur

L'alternateur synchrone fonctionne à 1500 tr/min, produisant du triphasé régulé 380/400 V à 50/60 Hz pouvant être consommé, stocké ou synchronisé au réseau.

08 Gestion par redresseur

Un système redresseur commandé par thyristors est synchronisé avec le banc de batteries pour gérer la charge, prolonger la durée de vie et réduire la sollicitation du démarreur.



Figure 2 – Étages de conversion et contrôle thermique

Intégration des baies d'onduleurs parallèles, du système de redressement à thyristors et de la ligne d'arbre équilibrée à surveillance thermique continue (~20,8 °C nominal sur paliers refroidis).

DONNÉES D'ESSAI (FAT) | PERFORMANCES MESURÉES – À COMPLÉTER LORS DE LA RÉCEPTION EN USINE

Les valeurs ci-dessous définissent l'enveloppe de performance de la plateforme et doivent être renseignées à partir du rapport d'essai d'acceptation en usine (FAT) de l'unité spécifique avant toute diffusion externe.

Paramètre de performance mesuré lors de l'essai d'acceptation en usine (FAT)	Valeur enregistrée
Puissance électrique mesurée à l'entrée du moteur d'entraînement, kW	[À renseigner – Rapport FAT]
Puissance électrique mesurée aux bornes de sortie de l'alternateur, kW	[À renseigner – Rapport FAT]
Rendement global mesuré de la chaîne complète (round-trip efficiency), %	[À renseigner – Rapport FAT]
Autonomie en fonctionnement continu à charge nominale, heures	[À renseigner – Rapport FAT]
État de charge de la batterie (SoC) au début et à la fin de l'essai, %	[À renseigner – Rapport FAT]
Durée de l'essai, type de charge appliquée et instrumentation utilisée	[À renseigner – Rapport FAT]

04 INGÉNIERIE

Ce que l'architecture délivre en pratique.

Aucune combustion sur site

Pas de conduit d'échappement, pas de stockage de carburant, aucune émission locale ni bruit de combustion. Les contraintes d'installation sont réduites.

Stockage longue durée

Chimie LiFePO₄ qualifiée pour 8000 cycles avec une durée de vie estimée à 10 ans, gérée par un redresseur intégré commandé par thyristors.

Télesurveillance

Accès à distance pour la surveillance, le diagnostic et le contrôle inclus de série, permettant l'exploitation de sites isolés ou sans personnel.

Indépendance géographique

Le fonctionnement ne dépend ni de l'ensoleillement, ni du vent, ni de la durée du jour. Les performances sont identiques en toute saison et à toute latitude.

Évolutivité modulaire

Architecture commune sur toute la gamme. Les unités peuvent être déployées seules ou en parallèle pour correspondre à la puissance requise.

Garantie étendue

Garantie plateforme de cinq ans avec disponibilité garantie des pièces de rechange pendant dix ans et durée de vie nominale supérieure à trente ans.

Réponse instantanée

L'inertie tournante répond

Faible maintenance

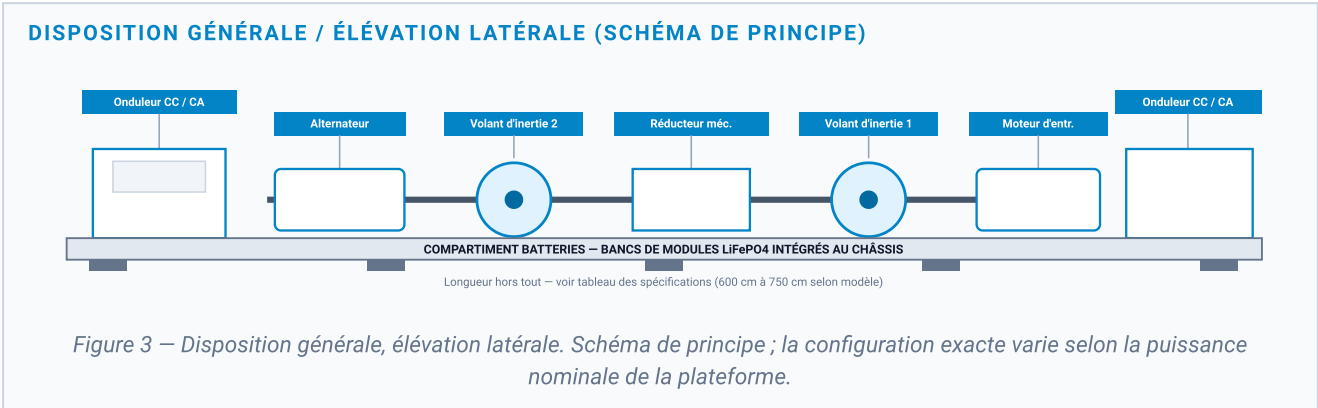
Maintenance spécialisée tous les

Base industrielle

Moteurs IE4, ligne d'arbre usinée,

Composants principaux – Les neuf sous-ensembles qui constituent une plateforme X GEN™.

N°	Sous-ensemble	Fonction technique dans la chaîne de conversion
1	Groupe de batteries LiFePO ₄	Stockage d'énergie au lithium-fer-phosphate conçu sur mesure avec système de gestion de batterie (BMS) intégré, divisé en bancs dimensionnés selon la puissance nominale de la plateforme.
2	Groupe d'onduleurs	Onduleurs CC/CA connectés en parallèle convertissant l'alimentation 48 V CC du banc de batteries en courant alternatif triphasé 380/400 V.
3	Moteur d'entraînement	Moteur asynchrone triphasé de classe de rendement IE4, service continu S1, protection IP65, entraînant la ligne d'arbre mécanique.
4	Démarrreur du moteur d'entraînement	Démarrreur moteur CA/CC et électronique de commande gérant la séquence de démarrage, la rampe d'accélération et les protections électriques.
5	Volant d'inertie 1 (Flywheel 1)	Premier étage inertiel côté moteur, assurant la stabilisation du couple mécanique et l'amortissement des transitoires de charge.
6	Réducteur mécanique (Gearbox)	Réducteur de vitesse convertissant la vitesse de la ligne d'arbre primaire vers la vitesse synchrone de 1500 tr/min requise par l'alternateur.
7	Système de refroidissement d'huile	Circuit dédié à refroidissement forcé maintenant la température du lubrifiant du réducteur dans la plage de fonctionnement spécifiée.
8	Volant d'inertie 2 (Flywheel 2)	Second étage inertiel placé côté alternateur, lissant la transmission du couple sous charge variable.
9	Générateur / Alternateur	Alternateur synchrone fonctionnant à 1500 tr/min et produisant une sortie triphasée régulée à 380/400 V, 50/60 Hz.



INTÉGRATION MÉCANIQUE ET ÉLECTRIQUE SUR CHÂSSIS SKID UNIQUE

L'alignement de la ligne d'arbre (moteur IE4, volants d'inertie 1 et 2, réducteur et alternateur synchrone) est réalisé et contrôlé en usine sur un châssis rigide incluant les bancs de modules LiFePO₄ en partie basse et les armoires de conversion CC/CA aux extrémités.

Spécifications techniques — Gamme de 20 kW à 5 MW configurée sur mesure.

1 & 2 IDENTIFICATION DE BASE & MOTEUR D'ENTRAÎNEMENT

Paramètre technique	1000 kW	1500 kW	2000 kW	5000 kW
Modèle / Type de système	X GEN 1000 (Hybride)	X GEN 1500 (Hybride)	X GEN 2000 (Hybride)	X GEN 5000 (Hybride)
Puissance nominale de sortie	1000 kW / 1100 kVA	1500 kW / 1650 kVA	2000 kW / 2200 kVA	5000 kW / 5500 kVA
Tension de sortie / Fréquence / Phases	380/400 V • 50/60 Hz • 3~	380/400 V • 50/60 Hz • 3~	380/400 V • 50/60 Hz • 3~	380/400 V • 50/60 Hz • 3~
Classe d'isolation / Excitation / Régulation	Classe A • 380V/50Hz • Régulée	Classe A • 380V/50Hz • Régulée	Classe A • 380V/50Hz • Régulée	Classe A • 380V/50Hz • Régulée
Niveau sonore global du système	74 dB	81 dB	81 dB	96 dB
Rendement / Autonomie nominale / THD	[FAT] / [FAT] / [FAT]	[FAT] / [FAT] / [FAT]	[FAT] / [FAT] / [FAT]	[FAT] / [FAT] / [FAT]
Moteur : Puissance nominale	90 kW / 125 HP	110 kW / 147 HP	140 kW / 198 HP	170 kW / 290 HP
Moteur : Tension / Courant nominal	380 V / 280 A	380 V / 310 A	380 V / 345 A	400 V / 410 A
Moteur : Fréquence / Rendement / Isol.	50/60 Hz • IE4 • Classe A	50/60 Hz • IE4 • Classe A	60 Hz • IE4 • Classe A	60 Hz • IE4 • Classe A
Moteur : Couplage / Vitesse / Pôles	Étoile-triangle • 3100 tr/min • 2P	Étoile-triangle • 3100 tr/min • 2P	Étoile-triangle • 2980 tr/min • 2P	Triangle • 2980 tr/min • 3P
Moteur : Service / Protection / Bruit	S1 continu • IP65 • 74 dB	S1 continu • IP65 • 74 dB	S1 continu • IP65 • 81 dB	S1 continu • IP65 • 98 dB

3, 4 & 5 STOCKAGE D'ÉNERGIE, CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES & CERTIFICATION

Paramètre technique	1000 kW	1500 kW	2000 kW	5000 kW
Type de batterie / Capacité module	LiFePO ₄ • 51,2V/100Ah (5120 Wh)	LiFePO ₄ • 51,2V/100Ah (5120 Wh)	LiFePO ₄ • 51,2V/100Ah (5120 Wh)	LiFePO ₄ • 51,2V/100Ah (5120 Wh)
Nombre total de modules	16 modules	18 modules	22 modules	30 modules
Énergie totale stockée	81,9 kWh	92,2 kWh	112,6 kWh	153,6 kWh
Durée de vie cyclique / calendrier estimée	8000 cycles / 10 ans	8000 cycles / 10 ans	8000 cycles / 10 ans	8000 cycles / 10 ans
Sortie CA onduleurs / Capacité groupe	380 V • 50 Hz • [FAT]	380 V • 50 Hz • [FAT]	380 V • 50 Hz • [FAT]	380 V • 50 Hz • [FAT]
Dimensions (L × l × H)	600 × 200 × 180 cm	600 × 200 × 180 cm	650 × 250 × 200 cm	750 × 300 × 250 cm
Poids à sec	14 500 kg	16 150 kg	18 100 kg	24 000 kg
Température ambiante de service	-40 °C à +75 °C	-40 °C à +75 °C	-40 °C à +75 °C	-40 °C à +75 °C
Indice de protection (IP) / Densité	IP44 • 69 kW/t	IP44 • 93 kW/t	IP65 • 110 kW/t	IP65 • 208 kW/t
Normes / Conformité réseau / Portée	CE / ISO 9001 • Synchronisable •	CE / ISO 9001 • Synchronisable •	CE / ISO 9001 • Synchronisable •	CE / ISO 9001 • Synchronisable •

Applications — Là où la continuité d'alimentation n'est pas négociable.

Industrie manufacturière Industries de procédés où une coupure coûte un lot complet de production, et où la qualité de tension affecte directement les tolérances machines et le rendement.	Défense et sécurité Installations avancées et fixes où le ravitaillement en carburant est une vulnérabilité stratégique, et où les signatures acoustique et thermique sont critiques.	Exploitation minière Sites isolés où la logistique du carburant domine les coûts d'exploitation, et où l'extraction, la ventilation et le traitement exigent une alimentation continue.
Centres de données Installations où les défauts de qualité de l'onde électrique — et pas seulement les pannes — menacent la disponibilité, et où l'inertie tournante assure la transition.	Santé et hôpitaux Hôpitaux et centres de diagnostic où l'imagerie, les blocs opératoires et les systèmes de maintien en vie exigent une énergie propre sans gaz d'échappement locaux.	Marine et offshore Navires et plateformes disposant d'un espace restreint, d'un soutage limité et soumis à des normes d'émissions strictes dans les eaux réglementées.

Chaque déploiement est configuré selon le site : la puissance nominale, le nombre d'unités en parallèle, la spécification de l'enceinte, l'intégration aux tableaux électriques existants et les exigences de synchronisation réseau sont définis lors de la revue d'ingénierie.

08 COMPARAISON

Positionnement de la plateforme selon les critères décisifs d'investissement.

Critère d'évaluation	X GEN™	Diesel	Solaire PV	Éolien	Réseau public
Carburant requis sur site	Non	Oui	Non	Non	Non
Dépendance météorologique	Non	Non	Oui	Oui	Non
Émissions locales	Aucune	Oui	Aucune	Aucune	Aucune
Bruit de combustion local	Aucun	Élevé	Aucun	Modéré	Aucun
Réponse aux variations de charge	Immédiate	Retardée	Limitée (onduleur)	Limitée (onduleur)	Immédiate
Indépendant d'un apport externe	Oui	Appro. carburant	Non	Non	Non
Emprise au sol par MW installé	Compacte	Compacte	Importante	Importante	Minimale
Intervalle de maintenance	24 mois	250 à 500 h	12 mois	6 à 12 mois	s/o
Exposition à la volatilité des prix	Non	Oui	Non	Non	Oui
Durée de production continue	[FAT]	Limitée au réservoir	Limitée au jour	Limitée au vent	Illimitée
Coût d'investissement (CAPEX / kW)	[À ajouter]	Faible	Modéré	Modéré	Le plus bas
Coût actualisé de l'énergie (LCOE)	[À ajouter]	Élevé	Faible	Faible	Variable

Machines tournantes à haute inertie, sécurisées dès la conception.

SÉCURITÉ MÉCANIQUE

- Ensembles équilibrés avec précision sur ligne d'arbre à paliers surveillés.
- Volants confinés dans la structure ; enceinte de retenue vérifiée à vitesse nominale.
- Surveillance continue des vibrations et températures avec seuils d'alarme/arrêt.
- Verrouillages interdisant l'accès au-dessus d'une vitesse d'arbre définie.

SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

- Protections surintensité, défaut terre et surtension côtés CC et CA.
- Arrêt d'urgence avec décélération contrôlée et supervisée de la ligne d'arbre.
- Synchronisation réseau avec protection anti-îlotage intégrée.
- Enceintes certifiées IP avec accès restreint aux compartiments sous tension.

STOCKAGE & MISE EN SERVICE

- BMS intégré avec suivi tension/température cellule par cellule (chimie LiFePO₄ stable).
- Redresseur à thyristors limitant la charge hors enveloppe nominale ; consignation CC.
- **Mise en service par MXB Energy** : vérification des protections, arrêt d'urgence et confinement sur site.

10 SERVICE & MAINTENANCE

Activité de maintenance	Intervalle	Durée	Exécuté par
Télésurveillance et diagnostic à distance	Continu	—	MXB Energy
Inspection visuelle et revue des journaux	Trimestriel	30 min	Personnel du site
Contrôle de l'état de l'huile du réducteur	Annuel	1 heure	Personnel du site
Service de maintenance spécialisée	24 mois	2 heures	MXB Energy
Vérification capacité batterie & relevé vibratoire	24 mois	Inclus	MXB Energy

Couverture & Garantie

- **5 ans** de garantie plateforme dès mise en service.
- **10 ans** de disponibilité garantie des pièces.
- Durée de vie nominale **> 30 ans**.
- Télésurveillance et support technique inclus.
- Essais **FAT** en usine avant expédition et **SAT** sur site à la réception.

11 QUESTIONS FRÉQUENTES (FAQ)

1. Quel est le principe de fonctionnement de X GEN™ ?

Un banc LiFePO₄ alimente un groupe d'onduleurs en parallèle qui entraîne un moteur asynchrone IE4. Ce moteur fait tourner une ligne d'arbre portant deux volants d'inertie et un réducteur, entraînant un alternateur synchrone à 1500 tr/min (sortie triphasée régulée, gestion batterie par redresseur à thyristors).

2. Quelles sont les puissances disponibles ?

La gamme s'étend de 20 kW à 5 MW. Les configurations standards sont 1000, 1500, 2000 et 5000 kW ; les puissances intermédiaires sont configurées sur projet et couplables en parallèle.

3. Quelle est l'autonomie à charge nominale ?

L'autonomie continue à charge nominale est consignée dans le rapport d'essai d'acceptation en usine (FAT) propre à la configuration étudiée et confirmée par l'instrumentation d'essai.

4. Quel est le rendement global mesuré ?

Le rendement de la chaîne complète — onduleur, moteur, réducteur, alternateur et redresseur — est mesuré lors de l'essai FAT et inscrit dans le rapport officiel de l'unité.

5. Le système peut-il être raccordé au réseau ?

Oui. La plateforme est conçue pour se synchroniser avec un réseau externe, sous réserve de l'accord du gestionnaire de réseau et du paramétrage des protections lors de l'étude d'ingénierie.

6. Quelles sont les exigences d'implantation sur site ?

Une dalle plane dimensionnée pour la masse, un dégagement de maintenance, une ventilation pour le refroidissement du réducteur et le raccordement au tableau général. Aucun stockage de carburant ni échappement.

7. Quelle maintenance et quelle durée de vie ?

8. Quels essais et vérifications indépendantes ?