## **Comparatif stratégique pour le remplacement des batteries ferroviaires**

## **Choix entre Batteries Ni-Cd (Saft SPL/SBLE) et Batteries Li-CUBE PRO™ LFP (EDS Québec)**

**Tableau comparatif avec TCO estimé sur 20 ans :**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Critère | Li-CUBE PRO™ 24V 105Ah – EDS Québec | Batterie Ni-Cd industrielle 24V 100Ah (Saft) |
| Technologie | Lithium Fer Phosphate (LiFePO₄) | Nickel-Cadmium (Ni-Cd) |
| Énergie totale | 2520 Wh | 2400 Wh |
| Durée de vie | ≥ 8000 cycles @ 80 % DOD | 2000–3000 cycles typiques (Sensible à l’effet mémoire → la capacité utile diminue plus vite si les cycles sont partiels) |
| Nombre de remplacements (20 ans) | 1 batterie → 2 500 / 3000 CAD | 3–4 batteries → 36 000–48 000 CAD |
| Densité massique | ≈ 110 Wh/kg (23 kg) | ≈ 30 Wh/kg (~80 kg) |
| Densité volumique | ≈ 157 Wh/L | ≈ 27 Wh/L |
| Profondeur de décharge (DOD) | 96 % exploitable sans dommage | Limité à ~60 % recommandé |
| Charge rapide | Oui, 1–2 h (100 A) | Non, 8–12 h |
| Maintenance | Zéro maintenance (BMS intelligent, équilibrage actif, OTA) | Appoint électrolyte + suivi régulier par technicien, inspections périodiques, 2 visites/an |
| Sécurité | Protections OVP/UVP/OCP/OTP, court-circuit | Pas de protections électroniques |
| Connectivité & surveillance | GPS, Bluetooth, Wi-Fi, GPRS, Cloud, Télémétrie temps réel, Maintenance préventive, Alarmes | Aucune connectivité native |
| Température de fonctionnement | –40 °C à +55 °C (auto-chauffage intégré) | –50 °C à +70 °C, mais performances limitées |
| Spécificité auto-chauffage | Système autochauffant automatique permettant une utilisation a -40 °C | Non disponible |
| Format & intégration | Boitier en métal compact, installation facile | Boitier plastique, installation sur place compliquée |
| Fiabilité en application ferroviaire - industriel | Surveillance à distance, prévention des pannes, idéale pour sécurité critique (passages à niveau) | Technologie robuste et éprouvée mais vieillissement plus rapide et pas de contrôle intelligent |
| Impact environnemental | Sans métaux lourds, sans terre rares, recyclable, RoHS | Contient du cadmium (métal toxique, polluant, recyclage complexe et coûteux) |
| Transport & réglementation | Conforme UN38.3, CSA, UL1973, UL9540A | Classé UN2795 “Batteries Wet, Alkali” |
| Encombrement, poids | Compact 420×240×155 mm - poids 23Kg | Volumineux 600×500×300 mm - poids 80Kg |
| Coût total de possession (TCO) | Moins cher à l'achat, aucune maintenance, possibilité de location long terme, durée de vie superieur | plus cher à l’achat, et coût élevé en maintenance + remplacements fréquents |
| Innovation & valeur ajoutée | Solution québécoise, répond aux exigences de fabrication locale, technologie moderne pour infrastructures intelligentes | Technologie ancienne, fabrication a l'étranger, fiable mais en déclin face aux standards actuels |
| Fabrication & SAV | Québec – support et pièces locales, réactifs | Europe – délais et logistique |
| Prix unitaire (24V 105Ah) | 2500 - 3000 CAD | 12 000 CAD |
| TCO estimé sur 20 ans | Batterie unique : 2 000 CAD + Monitoring : minime → ≈ 2 500 CAD | Batteries : 36 000–48 000 CAD + Interventions : ~9 040 CAD → > 45 000 CAD |

**Points faibles majeurs des batteries Ni-Cd (Saft SPL/SBLE)**

1. **Cadmium hautement toxique** : classé dangereux par REACH, recyclage et manipulation coûteux.
2. **Maintenance obligatoire** : appoint d’électrolyte, suivi régulier, intervention de techniciens, risques de fuites de KOH corrosif.
3. **Durée de vie réduite** : 2000–3000 cycles (5–6 ans) → remplacement fréquent.
4. **Poids et encombrement** : 80–100 kg, manipulation difficile, installation contraignante.
5. **Charge lente** : 8–12 h → indisponibilité longue en cas de panne.
6. **Pas de connectivité** : aucune télémétrie, aucun suivi à distance.
7. **Réglementation stricte** : classées UN2795 (Batteries Wet, Alkali), transport coûteux et contraignant.
8. **Effet mémoire** : perte de capacité avec les cycles partiels.
9. **Coût initial très élevé** : **≈ 12 000 CAD** pour une batterie 24V–100Ah.

**Avantages stratégiques des batteries Li-CUBE PRO™ LFP (EDS Québec)**

1. **Durée de vie exceptionnelle** : ≥ 8000 cycles (20–25 ans réels) → 4× plus que Ni-Cd.
2. **Zéro maintenance** : pas d’électrolyte, pas d’effet mémoire, suivi automatisé par BMS.
3. **Surveillance en temps réel** : grâce au GPS, Bluetooth, Wi-Fi et GPRS, l’état de la batterie peut être suivi à distance, permettant une **maintenance préventive** et évitant les pannes imprévues sur des infrastructures critiques.
4. **Réduction des coûts opérationnels** : pas de maintenance, réduction des interventions sur site (moins de déplacements des équipes), meilleure fiabilité → baisse du coût total de possession.
5. **Sécurité renforcée** : **BMS sophistiqué** Multi-niveau protège contre toutes les anomalies électriques (surcharge, court-circuit, température), réduisant drastiquement les risques d’incident (OVP, UVP, OCP, OTP, court-circuit).
6. **Performance énergétique** :
   * 110 Wh/kg (≈ 4× plus que Ni-Cd).
   * 157 Wh/L (≈ 6× plus compact).
   * Charge rapide : 1–2 h au lieu de 8–12 h.
7. **Adaptée au climat canadien** : gestion thermique par BMS, fonctionnement garanti en conditions hivernales extrêmes, fonctionnement de –40 °C à +55 °C.
8. **Écologique** : pas de cadmium, conforme RoHS, recyclable, image environnementale positive.
9. **Fabrication et SAV au Québec** : délais réduits, service local, réactivité pour pièces et support.
10. **Prix d’achat compétitif** : **≈ 2500 - 3000 CAD** pour une batterie 24V–105Ah (≈ 5× moins cher qu’une Ni-Cd équivalente).
11. **Facilité d’intégration et d’installation** : boîtier compact acier, 23 kg seulement → manutention sécurisée pour les techniciens.

**Conclusion pour l’exploitant ferroviaire**

* La Ni-Cd, historiquement d’une robustesse mécanique et d’une bonne tolérance aux températures extrêmes, elles sont désormais **dépassées technologiquement et écologiquement**, **et coûte aujourd’hui jusqu’à 20× plus cher sur le cycle de vie** (prix d’achat + maintenance + interventions).
* La **Li-CUBE PRO™ LFP d’EDS Québec** est **non seulement plus fiable et sécurisée**, mais aussi **beaucoup plus économique dès l’achat**.
  + **Fiabilité accrue** (pas de panne imprévue grâce au monitoring).
  + **Sécurité renforcée** (BMS intelligent + alarmes + GPS de localisation).
  + **Réduction des coûts opérationnels** (moins d’interventions, durée de vie 4× plus longue).
  + **Respect de l’environnement et des réglementations** (sans cadmium).

## **En un mot, la Li-CUBE PRO™ de EDS Québec est la seule solution qui combine performance, économie et conformité environnementale, tout en réduisant drastiquement les coûts d’exploitation. Elle représente une solution moderne, écologique et stratégique pour la sécurité des passages à niveau.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Fiche Technique**  **BATTERIE – Li-CUBE PRO™ - LITHIUM FER PHOSPHATE (LiFePO₄)** | |
| **BOITIER ACIER – 8S – 105 Ah** | |
| **SPÉCIFICATIONS ÉLECTRIQUES** | |
| **Paramètre** | **Valeur** |
| Chimie | LiFePO₄ – Cellules Grade A+ |
| Configuration | 8S |
| Tension nominale | 25.6 V |
| Capacité nominale | 105 Ah |
| Énergie totale | 2688 Wh |
| Densité énergétique | ~117 Wh/kg |
| Autodécharge | < 1,2 %/mois |
| Rendement énergétique | ≥ 96 % |
| Connexion en série | Oui 2 max (pas recommandé) |
| Unités maximum en parallèle | 90 |
| Durée de vie | ≥ 8000 cycles @ 80 % DOD |
| Plage d’utilisation recommandée | 10–90 % SoC |
| **SPÉCIFICATIONS DE CHARGE** | |
| Courant de charge recommandé | 80 A |
| Courant de charge maximum | 100 A |
| Tension de reconnexion haute (HVR) | 27.6 – 28.4 V (3.45 – 3.55 V/cell) |
| Coupure haute tension (HVC) | 28.8 – 29.2 V (3.6 – 3.65 V/cell) |
| Tension de charge flottante recommandée | 25.6 – 26.24 V |
| Température de charge (chauf-auto) | -40 °C à +45 °C |
| **SPÉCIFICATIONS DE DÉCHARGE** | |
| Courant de décharge continue | 105 A |
| Courant de décharge crête (10 s) | 210 A |
| Tension de reconnexion en décharge (LVR) | 23.2 – 24.8 V (2.9 – 3.1 V/cell) |
| Coupure basse (LVC) | 21.6 V (2.7 V/cell) |
| Tension de reconnexion | 24.0 V |
| Protection contre court-circuit | Oui |
| Température de décharge (chauf-auto) | –40 °C à +55 °C |
| **SPÉCIFICATIONS COMMUNICATIONS** | |
| Bluetooth | Oui |
| Wi-Fi | Oui |
| GPRS | Option |
| GPS | Localisation |
| CAN Hub communication (VE.CAN) | Compatible |
| Accès Cloud | oui |
| Mise a jour Firmware | OTA |
| Notification push | Email, SMS |
| Surveillance à distance | Oui, via application mobile et plateforme web |
| **DIMENSIONS & POIDS** | |
| Format | Boitier acier |
| Dimensions (L × l × H) | 420 × 240 × 155 mm |
| Poids | ~23 kg |
| Matériau du boîtier | Acier peint |
| Indice de protection | IP20 (option IP65 pour armoire étanche) |
| **CERTIFICATIONS & NORMES CELLULES** | |
| **Région** | **Certification** |
| Canada et Québec | CSA C22.2 No.107.1, CAN/CSA-C22.2 No.62368-1, UL1973, UL9540A (essai) |
| États-Unis | UL1973, UL9540A (essai), UL9540 (systèmes), UN38.3 (transport), FCC Part 15 |
| Europe | CE, IEC 62619, IEC 61000, RoHS, UN38.3 |
| Sécurité transport | UN38.3, MSDS fournie |
|  |  |
| **CARACTÉRISTIQUES SUPPLÉMENTAIRES** | |
| Équilibrage actif intégré | ≥ 1 A |
| Gestion thermique | Passive |
| BMS intelligent | Protection OVP / UVP / OCP / OTP / court-circuit / fuite à la terre |
| Compatibilité | Servitude, Traction |
| Garantie standard | 10 ans |