NOTE TECHNIQUE

MIL-STD-1275, 810 et 461 pour chargeurs de batteries : une check-list de conception pour chargeurs véhicule 24 V durcis

La spécification d'un chargeur durci peut entraîner quelque 1 400 pages de normes militaires, mais moins de 150 d'entre elles changent la conception. Cette check-list associe chaque exigence à la décision de conception qu'elle impose et à l'essai qui la prouve, avec les calculs derrière les plus difficiles.

Tan Shuai · tanshuai.com · i@tanshuai.com

23 novembre 2026

Résumé

Un chargeur de batteries 24 V durci pour véhicules et terrain est, au fond, un chargeur à découpage ordinaire entouré de quatre problèmes difficiles. MIL-STD-1275 impose à son entrée une surtension de 100 V depuis une source de 0,5 Ω, qu'aucune diode d'écrêtage ne peut absorber ; l'étage d'entrée a donc besoin d'un limiteur de surtension série construit avec des composants de classe 150 V. MIL-STD-461 fait des émissions, et non de l'immunité, le côté difficile : chaque entrée de puissance a besoin d'un filtre à deux étages sur la paroi des connecteurs, et le boîtier doit être étanche électriquement autant que mécaniquement. MIL-STD-810 demande un boîtier étanche qui évacue la chaleur à +55 °C au soleil, survit à 26 chutes et respire en altitude sans laisser entrer l'eau. Un MTTF de 40 000 heures ne laisse aucune place à un ventilateur. Tout le reste, de l'humidité et du brouillard salin aux décharges électrostatiques, à la température de contact et au rapport de fiabilité, relève des bonnes pratiques et se vérifie par essai ou par document. La plupart des spécifications citent encore des révisions des années 1980 et 1990 ; concevoir selon les révisions actuelles et remettre un tableau de correspondance ne coûte rien et évite les reprises. Une qualification crédible demande trois échantillons et 8 à 16 semaines, et coûte, aux tarifs publiés des laboratoires de Chine continentale, environ 20 000 à 55 000 dollars.

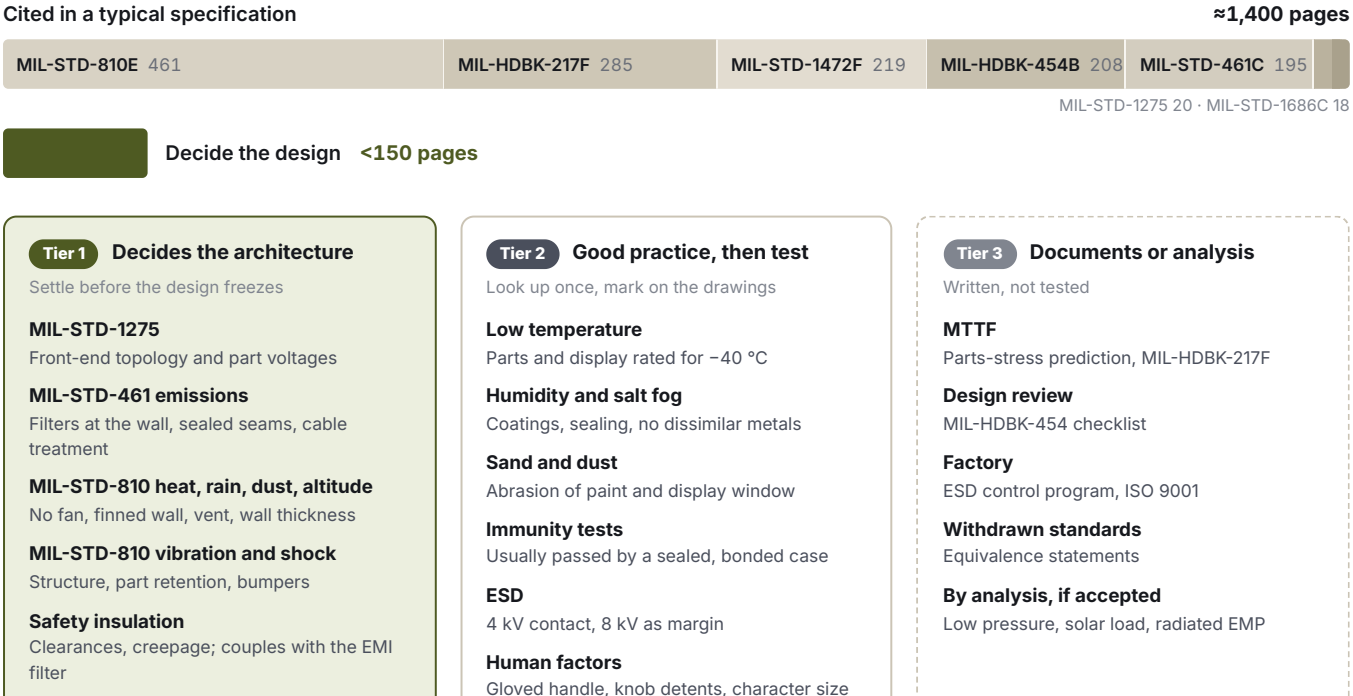
Pourquoi j'ai écrit ceci

Les demandes de chargeurs durcis arrivent sous forme d'une page d'exigences et d'une liste de normes : MIL-STD-810 pour l'environnement, MIL-STD-461 pour la compatibilité électromagnétique, MIL-STD-1275 pour l'alimentation véhicule, une norme de sécurité, un chiffre de MTTF et quelques règles d'ergonomie. Les documents derrière cette liste représentent environ 1 400 pages. Lus à la lettre, ils transforment un chargeur en projet de recherche. Survolés, ils cachent les trois ou quatre clauses qui décident du schéma fonctionnel, du boîtier et du prix.

J'ai récemment parcouru une telle spécification ligne par ligne, lu les normes elles-mêmes plutôt que leurs résumés, et classé chaque clause selon ce qu'elle fait à la conception. Cette note en est le résultat, écrite comme une check-list pour les ingénieurs qui doivent transformer une telle spécification en matériel, et pour les acheteurs qui veulent savoir ce qu'ils demandent. Tous les chiffres ci-dessous datent de novembre 2026, et les montants sont en dollars américains.

Résultats en bref

Figure 1. Sur environ 1 400 pages de normes, moins de 150 décident de la conception. Le reste est bonne pratique et paperasse.



Source: The author's reading of the standards cited; page counts are those of the published documents.

La check-list elle-même, de l'exigence à la décision de conception qu'elle impose et à la manière de la prouver :

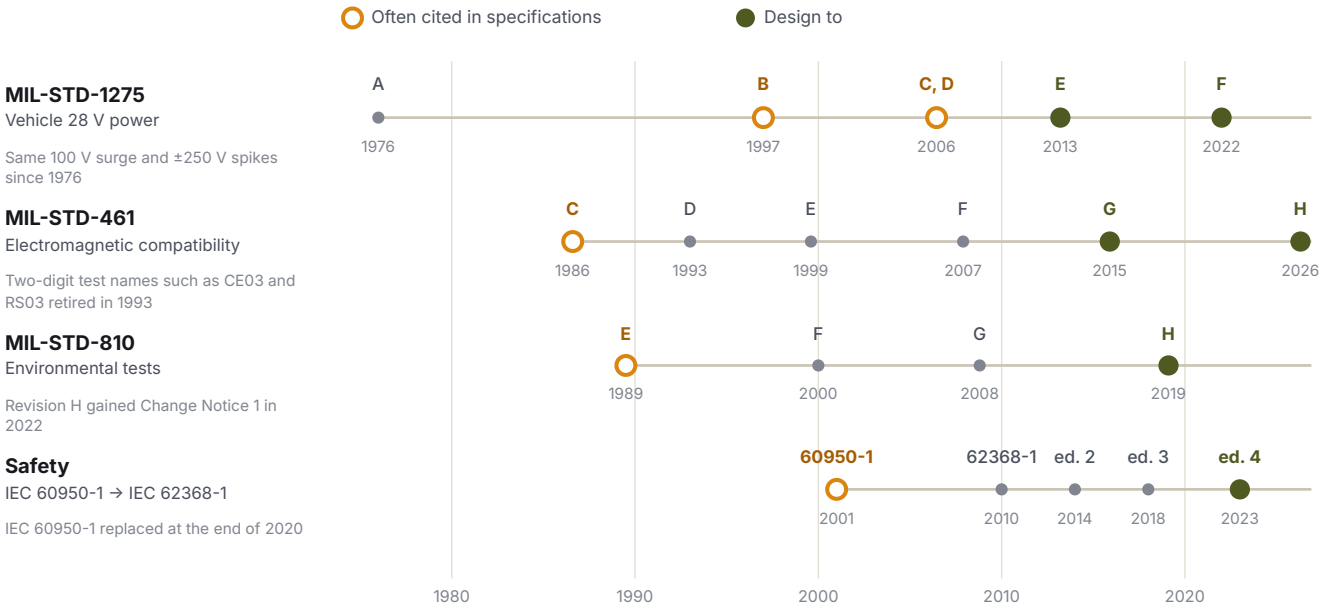
Exigence	Ce qu'elle fait à la conception	Comment la vérifier
MIL-STD-1275, alimentation véhicule 24 V	Limiteur de surtension série à MOSFET avec composants de classe 150 V, TVS pour les pointes, blocage de l'inversion de polarité sans chute de diode ; charge de 16 à 33 V, pause et reprise automatique pendant les démarrages moteur	Essai avec un générateur de transitoires conçu pour la révision citée
MIL-STD-461, CEM	Un filtre LC à deux étages sur chaque entrée de puissance, monté sur la paroi des connecteurs ; joints conducteurs sur chaque jonction ; plan de fréquences des convertisseurs ; pré-scans sur le premier prototype	Essai en chambre, après des pré-scans internes
MIL-STD-810, environnement	Compartiment électronique étanche sans ventilateur, chaleur évacuée par des ailettes ; évent ePTFE pour l'altitude ; pare-chocs d'angle et connecteurs en retrait pour les chutes ; composants spécifiés pour un stockage de −40 à +71 °C	Un échantillon dans la séquence climatique, un dans la séquence mécanique
Température de charge du Li-ion	Mesurer chaque batterie et ne charger que dans sa plage, typiquement 0 à 45 °C ; pause, affichage de la raison, reprise automatique ; préchauffage en option	Essai aux extrêmes de température
Sécurité, IEC 62368-1	Distances d'isolement conçues selon la lecture la plus large des tableaux ; enveloppe anti-feu métallique au-delà de 100 W ; poignées et boutons en polymère pour la température de contact	Rapport d'essai CB et inspection
Décharges électrostatiques	Décharge au contact de 4 kV sur tout ce qu'une main peut atteindre, 8 kV en marge	Essai, environ une demi-journée
MTTF de 40 000 heures	Un budget de 25 défaillances par million d'heures pour tout le chargeur : pas de ventilateur, composants déclassés	Prévision MIL-HDBK-217F, méthode convenue au préalable

Exigence	Ce qu'elle fait à la conception	Comment la vérifier
Ergonomie, MIL-STD-1472	Une poignée dimensionnée pour des gants, des crans de bouton espacés de 15 à 40°, des caractères lisibles à bout de bras	Inspection et démonstration avec gants

Étape zéro : concevoir selon les révisions actuelles

Les spécifications d'équipements durcis sont souvent plus anciennes qu'elles n'en ont l'air. On trouve couramment MIL-STD-810E (1989) et MIL-STD-461C (1986) à côté de normes de sécurité retirées depuis, parce que les services d'achat recopient leurs modèles. Les noms d'essais de la 461C à deux lettres et deux chiffres, comme CE03 et RS03, ont été abandonnés en 1993. MIL-STD-810 en est aujourd'hui à la révision H (janvier 2019, avec l'avis de modification 1 de 2022) ; MIL-STD-461 à G (décembre 2015), suivie de H en avril 2026 ; MIL-STD-1275 à E (mars 2013) et F (2022). IEC 62368-1 a remplacé IEC 60950-1 fin 2020 et en est à sa quatrième édition (2023). EN 50091-1, qui apparaît encore dans des spécifications de chargeurs, est une norme d'onduleurs retirée en 2005.

Figure 2. Les spécifications citent encore des révisions des années 1980 et 1990. Concevez selon les actuelles et rendez compte selon les deux.



Source: Revision dates from the standards themselves and from a US test lab's revision list; IEC publication dates.

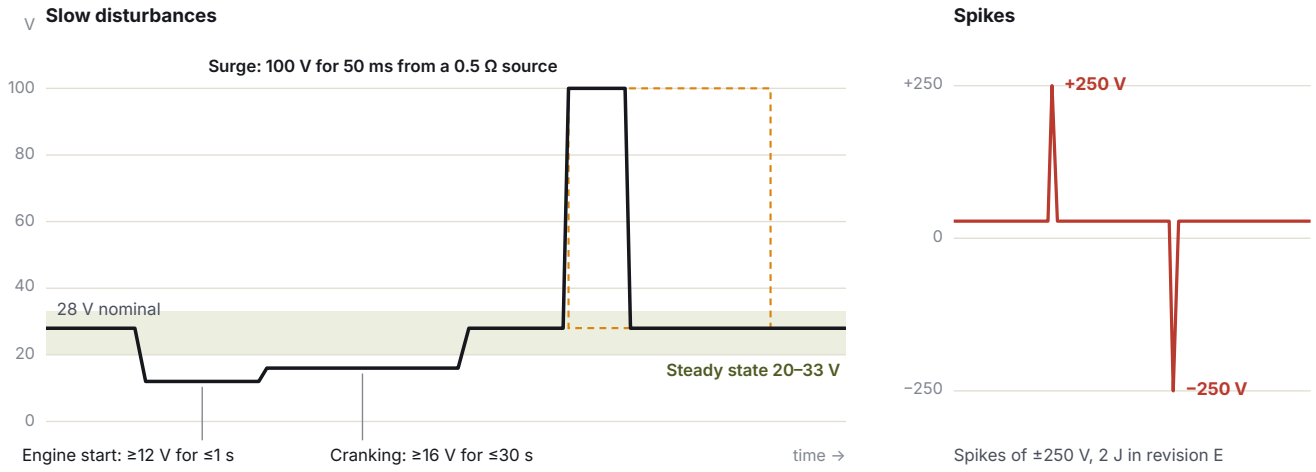
Les sévérités par défaut de MIL-STD-810 ont à peine changé entre 1989 et 2019, et les deux contraintes qui façonnent un étage d'entrée MIL-STD-1275 sont les mêmes depuis 1976 : concevoir selon les révisions actuelles ne coûte donc rien. On y gagne une conception qui passera encore si le client met sa spécification à jour, et des laboratoires qui pratiquent encore les méthodes. Ma règle est de concevoir selon 810H, 461G ou H, 1275E ou F et IEC 62368-1:2023, de rendre compte des résultats selon les numéros de méthode cités par le client, et de remettre un tableau d'une page qui fait correspondre l'ancien et le nouveau. Là où une ancienne méthode ne survit que dans quelques laboratoires, comme les émissions conduites CE03 de la 461C, convenez de l'équivalent actuel avant de réserver une chambre.

Deux questions ont leur place dans le premier e-mail, parce que les réponses changent le coût : quelle révision de MIL-STD-1275 s'applique, avec quel critère de réussite, et ce que signifie « protection IEM ». L'injection sur câbles d'ondes sinusoïdales amorties (CS116, ou CS10 et CS11 dans la 461C) prend environ une journée de chambre. Un essai d'impulsion rayonnée (RS105, ou RS05 dans la 461C) est un tout autre budget, et la 461H ne l'applique qu'aux équipements soumis à une exigence IEM explicite.

MIL-STD-1275 : l'entrée 24 V décide du schéma fonctionnel

Chaque révision de MIL-STD-1275, de A en 1976 à E en 2013, contient les deux mêmes contraintes qui définissent la conception : une surtension à +100 V durant 50 ms depuis une source de 0,5 Ω, et des pointes de ±250 V. Ce qui a changé d'une révision à l'autre relève de la comptabilité : modes de fonctionnement, énergie des pointes (15 mJ en B et D, 2 J en E), plancher du creux au démarrage (pas moins de 6 V pendant 1 s dans les anciennes révisions, 12 V en E, puis pas moins de 16 V jusqu'à 30 s pendant le lancement) et fenêtre en régime établi, 20 à 33 V en E. La révision F, à en juger par la documentation des générateurs d'essai conçus pour elle, allonge la surtension à environ 500 ms depuis une source beaucoup plus raide et réduit l'énergie des pointes à 250 mJ.

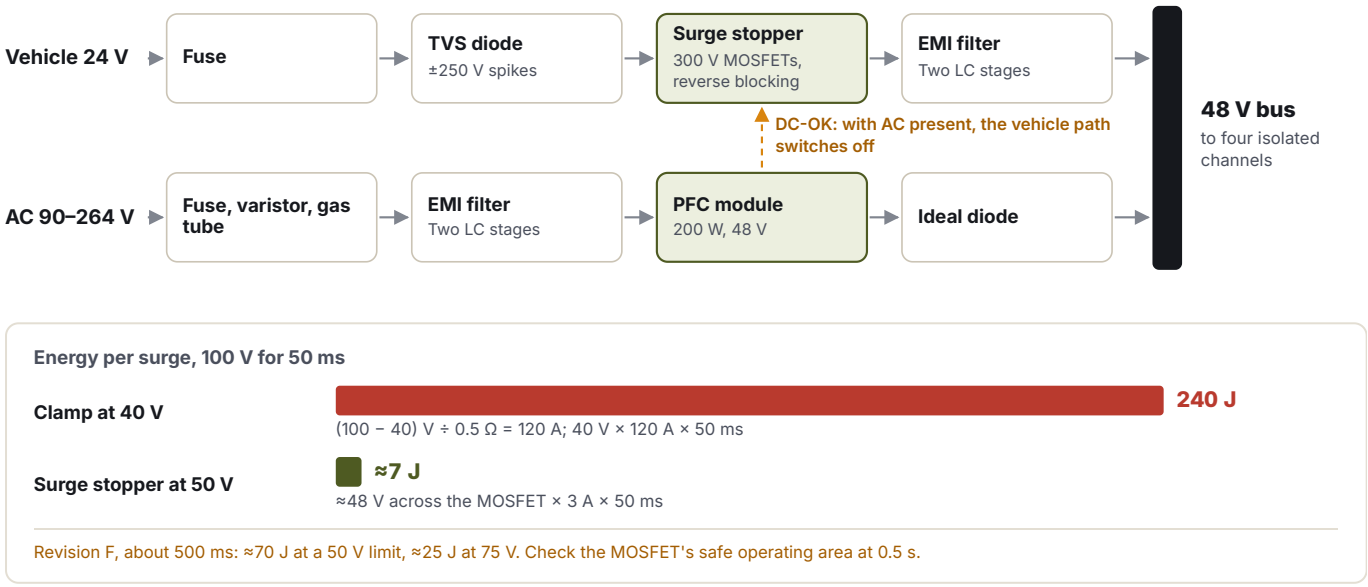
Figure 3. Le gabarit MIL-STD-1275E sur un réseau de bord véhicule 28 V.



Source: MIL-STD-1275E (2013); the revision F note is inferred from the documentation of F-rated test generators.

C'est la surtension qui exclut la réponse évidente. Écrêtez-la à 40 V avec une diode TVS ou une varistance, et la source pousse (100 − 40) / 0,5 = 120 A dans l'écrêteur pendant 50 ms, soit 40 V × 120 A × 0,05 s = 240 J dans un seul composant. Aucun écrêteur de taille raisonnable ne l'encaisse à répétition. Un limiteur de surtension série procède autrement : un MOSFET dans le chemin d'alimentation limite sa sortie à une tension fixée et absorbe le reste ; il ne dissipe donc que la différence entre la surtension et cette tension, multipliée par le courant de charge. Pour une charge de 150 W maintenue à 50 V, cela fait environ 48 V × 3 A, soit à peu près 150 W pendant 50 ms : environ 7 J, trente fois moins que l'écrêteur.

Figure 4. Un écrêteur devrait absorber 240 J ; un limiteur de surtension série dissipe environ 7 J.



Source: The author's design; energies calculated for a 150 W load.

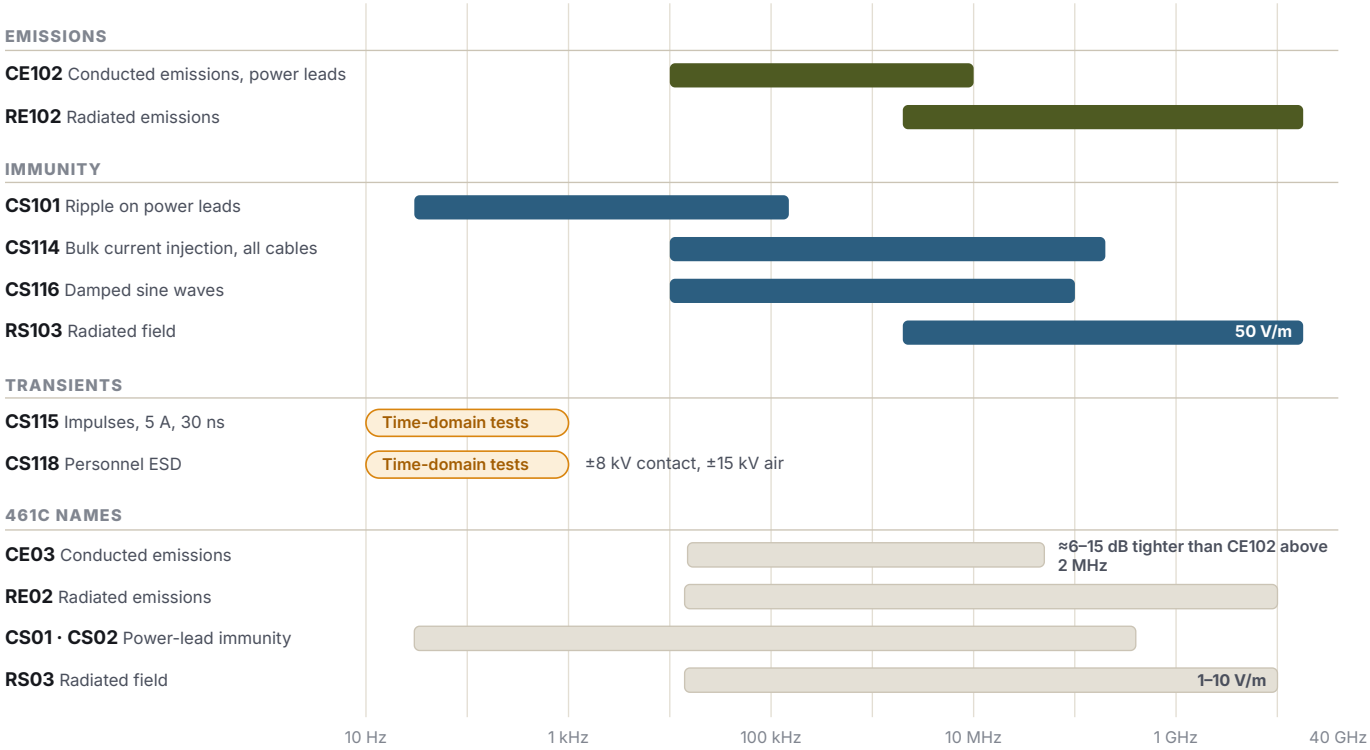
Le reste de l'étage d'entrée en découle :

- **Des composants de 150 V ou plus** dans le chemin de la surtension. J'utilise un MOSFET de 300 V, ce qui donne de la marge face aux pointes.
- **La révision F change les chiffres.** À 500 ms, la même limite de 50 V mettrait environ 70 J dans le MOSFET. Remonter la limite à environ 75 V, que les modules DC-DC à entrée 18–75 V acceptent en continu, ramène le courant à 2 A et la tension aux bornes du MOSFET à environ 24 V, soit environ 25 J au total ; vérifiez dans tous les cas l'aire de sécurité du MOSFET à 0,5 s.
- **Une TVS arrête toujours les pointes.** À 2 J (ou 250 mJ en F), c'est à sa portée.
- **L'inversion de polarité est bloquée par des MOSFET tête-bêche** pilotés par un contrôleur de diode idéale, et non par une diode série qui gaspillerait plusieurs watts.
- **Les démarrages moteur sont un mode, pas un défaut.** Continuez à charger jusqu'à 16 V si possible. En dessous, faites une pause, gardez l'écran et les journaux actifs, et reprenez sans que personne ne touche l'appareil. Dites-le dans la réponse à la spécification.
- **Les modules à entrée 18–75 V aident.** Ils tolèrent typiquement 100 V pendant 1 s ; un seul étage de protection devant eux suffit donc.
- **L'ondulation compte aussi.** La 1275D admet 7 V crête d'ondulation jusqu'à 200 kHz, que le filtre d'entrée doit encaisser sans résonner.

MIL-STD-461 : les émissions sont le côté difficile

Pour les équipements terrestres de l'Army, MIL-STD-461G applique huit essais : CE102, émissions conduites sur les câbles d'alimentation (10 kHz à 10 MHz) ; RE102, émissions rayonnées (2 MHz à 18 GHz pour les équipements terrestres) ; CS101, ondulation audiofréquence sur les câbles d'alimentation (30 Hz à 150 kHz) ; CS114, injection de courant sur chaque câble (10 kHz à 200 MHz) ; CS115, impulsions rapides ; CS116, ondes sinusoïdales amorties (10 kHz à 100 MHz) ; CS118, décharges électrostatiques de personnes (±8 kV au contact, ±15 kV dans l'air) ; et RS103, immunité rayonnée, 50 V/m de 2 MHz à 18 GHz. La révision 461H d'avril 2026 conserve les limites des équipements terrestres de l'Army et resserre les procédures.

Figure 5. Les essais MIL-STD-461G pour les équipements terrestres de l'Army, et les essais 461C que les anciennes spécifications citent encore.



Source: MIL-STD-461G (2015), Table V and test sections; MIL-STD-461C (1986), Part 4.

Un chargeur de batteries est un cas difficile pour les émissions. Il contient plusieurs convertisseurs à découpage : un correcteur de facteur de puissance, un convertisseur isolé par canal et un étage de charge abaisseur-élévateur par canal. Quatre canaux tournant à des fréquences légèrement différentes produisent des produits de battement, et les câbles de batterie et du véhicule font de bonnes antennes. L'immunité est généralement le côté le plus facile, même si les 50 V/m de RS103 méritent le respect. Une spécification plus ancienne déplace encore l'équilibre : au-dessus de 2 MHz, la limite CE03 de la 461C est plus sévère que CE102 d'environ 6 dB sur une entrée 28 V et d'environ 15 dB sur une entrée 230 V, et elle va jusqu'à 50 MHz au lieu de 10, tandis que son exigence d'immunité rayonnée n'est que de 1 à 10 V/m.

Ce qui fonctionne :

- **Un filtre LC à deux étages sur chaque entrée de puissance,** construit sur la paroi des connecteurs afin que le câblage filtré et non filtré ne partage jamais un compartiment. Selon mon estimation, un chargeur a besoin de 40 à 60 dB d'atténuation à ses fréquences de découpage et de 50 à 70 dB de 2 à 50 MHz pour satisfaire CE03 avec marge.
- **Le compartiment électronique étanche sert aussi de blindage.** Des joints conducteurs et une liaison continue sur chaque jonction font du boîtier une cage de Faraday sans surcoût.
- **Planifiez les fréquences des convertisseurs.** Synchronisez les convertisseurs de canal ou étalez leur spectre, et ralentissez les fronts de commutation là où le rendement le permet.
- **Mettez des selfs sur les câbles de batterie.** Une self de mode commun sur chaque sortie empêche les câbles de batterie de rayonner.
- **Mesurez tôt.** Un pré-scan des émissions conduites sur le premier prototype coûte une journée avec un RSIL et un analyseur de spectre ; trouver un problème dans la chambre officielle coûte des semaines.

MIL-STD-810 : un boîtier étanche qui évacue la chaleur, respire et survit aux chutes

Les dix environnements que cite typiquement une spécification de chargeur correspondent un à un aux méthodes 500.3, 501.3, 502.3, 505.3, 506.3, 507.3, 509.3, 510.3, 514.4 et 516.4 de la 810E, devenues 500.6, 501.7, 502.7, 505.7, 506.6, 507.6, 509.7, 510.7, 514.8 et 516.8 dans la 810H. Leurs sévérités par défaut ont à peine changé en trente ans. Aucune n'est difficile en soi ; ensemble, elles décrivent un boîtier étanche, et un boîtier étanche a trois problèmes : la chaleur, la pression et les chocs.

Méthode (810E / 810H)	Sévérité par défaut	Réponse de conception
Basse pression (500.3 / 500.6)	4 570 m, 57 kPa	Un boîtier étanche subit environ 44 kPa à travers ses parois ; sur un couvercle de 340 × 240 mm, cela fait environ 3,6 kN. Un évent ePTFE égalise la pression et arrête l'eau.
Haute température (501.3 / 501.7)	Cycle chaud-sec : 32 à 49 °C ambiants, 33 à 71 °C induits dans les véhicules et les enveloppes	Convection naturelle sans ventilateur par une paroi à ailettes ; chaque pièce chaude y conduit sa chaleur ; le micrologiciel réduit la puissance de charge au-delà de 50 °C.
Rayonnement solaire (505.3 / 505.7)	1 120 W/m², cycles de 24 heures	Une couleur plus claire réduit l'apport solaire ; convenez si une analyse peut remplacer l'essai.
Basse température (502.3 / 502.7)	Froid de base jusqu'à environ −32 °C ; catégories plus froides sur accord	Composants et écran spécifiés à −40 °C ; les batteries ne sont pas chargées sous 0 °C (voir plus bas).
Pluie (506.3 / 506.6)	10 cm/h, vent de 18 m/s, 30 minutes par face	Compartiment électronique IP67, joint de couvercle continu, vannes de purge dans les logements de batterie.
Humidité (507.3 / 507.6)	Cycles de 10 jours	Compartiment étanche et vernis de tropicalisation.
Brouillard salin (509.3 / 509.7)	NaCl à 5 % à 35 °C, 48 h humide et 48 h sec	Couche de conversion sous peinture poudre ou CARC, visserie inox, aucun métal dissemblable en contact.
Sable et poussière (510.3 / 510.7)	Poussière 10,6 g/m³ à 8,9 m/s ; sable 1,1 g/m³ à 18 à 29 m/s	Compartiment étanche ; revêtement et fenêtre d'écran résistants à l'abrasion.
Vibrations (514.4 / 514.8)	Profil véhicule à roues ou à chenilles : demandez lequel	Fixer les pièces lourdes ; un coussin de mousse dans le couvercle maintient les batteries ; charger de vraies batteries pendant l'essai pour prouver le fonctionnement en mouvement.
Chocs et chute en transport (516.4 / 516.8)	26 chutes de 122 cm	Environ 10 mm de déformation maîtrisée dans les pare-chocs d'angle ; connecteurs en retrait ; rien ne tombe sur un connecteur.

La combinaison qui piège les gens, c'est la chaleur avec l'étanchéité. À +55 °C en plein soleil, un boîtier étanche ne peut pas utiliser l'air extérieur : toutes les pertes doivent partir par conduction et convection naturelle. À 120 W en sortie, un chargeur d'un rendement de 79 à 83 % perd 25 à 32 W, qu'une paroi en aluminium à ailettes peut évacuer, mais un module AC-DC qui se déclasse de 2 à 3 % par degré au-delà de 50 °C doit être dimensionné en conséquence. Si toute la puissance de sortie doit être disponible à +55 °C, soit le module grossit d'une taille, soit le micrologiciel réduit le courant de charge et le signale.

Pas de ventilateur, à cause du MTTF

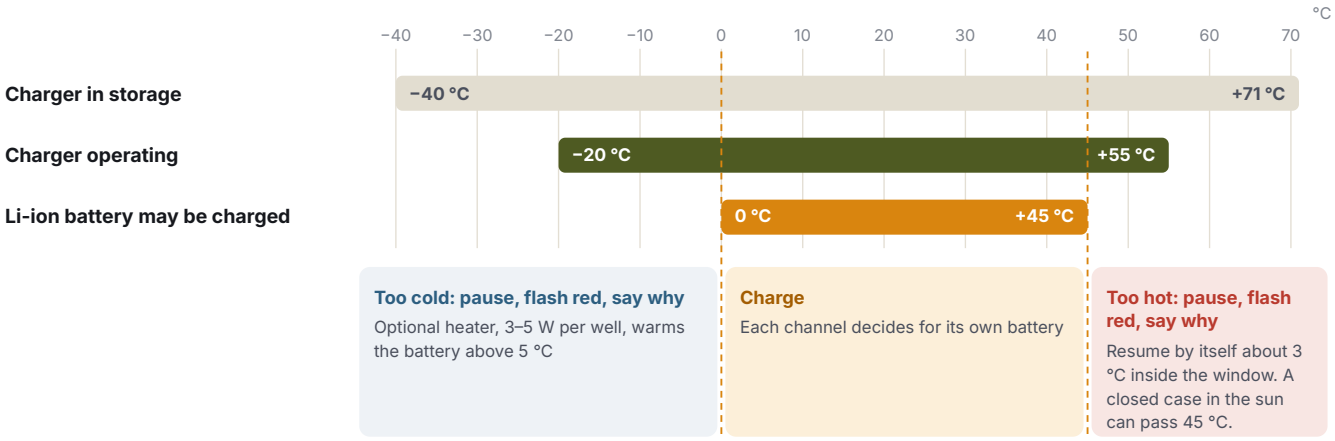
Un MTTF exigé de 40 000 heures représente un budget de 25 défaillances par million d'heures pour tout le chargeur. La façon habituelle de le démontrer est une prévision par contraintes sur composants selon MIL-HDBK-217F Notice 2 dans l'environnement terrestre mobile, où les condensateurs portent un facteur d'environnement vingt fois supérieur à celui d'un environnement bénin. Un roulement de ventilateur a une durée de vie caractéristique d'environ 35 000 heures à 60 °C et 22 000 à 70 °C ; dans cette prévision, un seul ventilateur apporte environ 43 défaillances par million d'heures, plus que tout le budget. Cela tranche la question : pas de

ventilateur à l'intérieur, des composants déclassés, et la méthode de prévision, l'environnement et la température convenus avec le client avant que quiconque ne fasse les calculs. Démontrer le chiffre par essai est irréaliste : les plans de démonstration standard demandent des dizaines de milliers d'heures-unités sans défaillance.

La batterie a sa propre plage de température

Une batterie Li-ion ne peut être chargée que dans la plage de température que son fabricant autorise, typiquement 0 à 45 °C, alors qu'on demande généralement au chargeur de fonctionner de −10 ou −20 °C jusqu'à +55 °C. Charger une cellule froide dépose du lithium métallique et la détruit ; en charger une chaude raccourcit sa durée de vie. Le chargeur doit donc connaître la température de chaque batterie, via la thermistance du pack ou ses données de batterie intelligente, et décider pour chaque canal séparément.

Figure 6. Le chargeur doit fonctionner sur une plage plus large que celle où la batterie peut être chargée.



Source: Typical Li-ion charging window from battery datasheets; charger ranges and behavior from the author's design.

Le comportement que je spécifie : hors de la plage, ce canal cesse de charger tandis que l'écran, la lecture des données et l'autotest continuent ; sa LED clignote en rouge et l'écran indique pourquoi, dans la langue de l'opérateur ; quand la batterie revient dans la plage, avec environ 3 °C d'hystérésis, la charge reprend sans que personne n'y touche. Si un client a besoin de charger à −10 °C, un tapis chauffant de 3 à 5 W dans chaque logement porte d'abord la batterie au-dessus de 5 °C. Et comme les logements d'un boîtier fermé au soleil peuvent dépasser 45 °C, un temps de charge promis ne vaut qu'à température modérée, ce qui doit figurer dans les hypothèses écrites.

Sécurité, température de contact, décharges électrostatiques et ergonomie

Sécurité. IEC 62368-1 a remplacé IEC et UL 60950-1 fin 2020, et son édition 2023 a révisé les clauses relatives à la charge des batteries. Les lectures publiées de son tableau des distances d'isolement divergent (1,5 et 3,0 mm dans un rapport d'essai, 1,8 et 3,6 mm dans la lecture d'un fabricant de semi-conducteurs) ; je conçois donc selon les valeurs les plus grandes : au moins 1,8 mm en isolation principale et 3,6 mm en isolation renforcée jusqu'à 2 000 m, multipliés par 1,48 à 5 000 m. Un chargeur qui fournit plus de 100 W est un circuit PS3 et demande une enveloppe anti-feu ; un boîtier métallique en est une. Un rapport d'essai CB couvrant l'annexe sur la charge des batteries est la manière efficace de démontrer tout cela.

Température de contact. MIL-HDBK-454 admet 49 °C sur les commandes, 60 °C sur les autres parties qu'une main peut atteindre et 70 °C ailleurs, à 25 °C ambiants. À +55 °C ambiants, le métal nu dépasse déjà 49 °C : poignées, boutons et pare-chocs d'angle sont donc en polymère ou en élastomère, et les surfaces chaudes sont signalées. Le même guide demande un courant de fuite d'au plus 3,5 mA, une résistance de liaison d'au plus 0,1 Ω et des condensateurs qui se déchargent sous 30 V en 2 s.

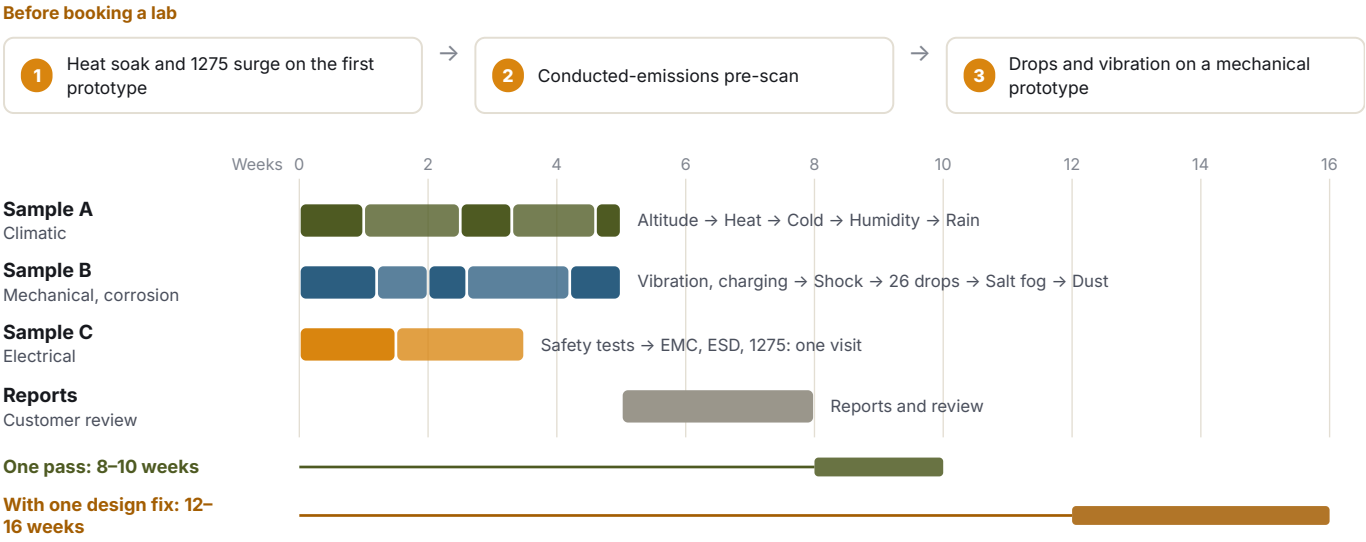
Décharges électrostatiques. L'exigence habituelle est une décharge au contact de 4 kV selon le modèle du corps humain sur chaque commande qu'un opérateur peut toucher et au centre de chaque surface, avec 2 kV sur les broches d'interface non alimentées. Essayer aussi aux 8 kV du CS118 de la 461G ajoute de la marge pour presque rien. L'usine a besoin de son propre programme de maîtrise des décharges électrostatiques, selon ANSI/ESD S20.20 ou IEC 61340-5-1.

Ergonomie. MIL-STD-1472 dimensionne une poignée à une main pour une main gantée à 125 mm de largeur intérieure, 50 mm de dégagement pour les doigts et 100 mm de profondeur (111, 48 et 75 mm à main nue ; 135, 75 et 150 mm avec des moufles), le couple d'un bouton à 115 à 680 mN·m avec des crans espacés de 15 à 40°, et des caractères de 2,5 à 5 mm de haut à une distance de lecture de 710 mm. Tout cela se vérifie par inspection et démonstration avec gants, sans frais de laboratoire.

Qualification : trois échantillons, deux séquences parallèles, un passage CEM

Trois échantillons sont le nombre confortable pour la qualification, deux le minimum. L'échantillon A suit la séquence climatique : basse pression, stockage et fonctionnement à haute température, basse température, rayonnement solaire s'il est essayé, humidité et pluie. L'échantillon B suit la séquence mécanique et corrosion : vibrations en charge, transport, choc fonctionnel et manipulation sur établi, les 26 chutes, brouillard salin et poussière. L'échantillon C suit la séquence électrique : essais de type de sécurité, MIL-STD-461, décharges électrostatiques et MIL-STD-1275. Menées en parallèle, les deux premières séquences prennent quatre à cinq semaines ; la CEM et les transitoires d'alimentation une semaine et demie à deux ; les rapports et la revue du client ajoutent deux à trois semaines. Cela donne 8 à 10 semaines si tout passe, et 12 à 16 semaines avec une correction de conception.

Figure 7. Un plan de qualification sur trois échantillons : 8 à 10 semaines si tout passe, 12 à 16 avec une correction de conception.



Source: The author's plan; lab rates from a Jiangsu provincial institute (2025), Taiwan's standards bureau and two US labs.

L'ordre compte plus que le laboratoire. Avant toute réservation, faites le palier thermique et la surtension 1275 sur le premier prototype, puis un pré-scan CEM, puis les chutes et les vibrations sur un prototype mécanique. Plusieurs économies viennent alors presque gratuitement : fonctionnement à chaud et à froid dans une seule réservation de chambre ; batteries en charge pendant les vibrations, ce qui prouve aussi le fonctionnement en mouvement ; données d'échauffement pour le rapport de sécurité relevées pendant le palier à +55 °C ; décharges électrostatiques et 1275 lors du même passage que la CEM ; un seul plan d'essais couvrant 810, 461 et 1275,

approuvé une fois par le client, qui n'assiste ensuite qu'à la CEM, aux chutes et aux vibrations. La basse pression, le rayonnement solaire et une impulsion IEM rayonnée peuvent souvent être démontrés par analyse plutôt que par essai.

Aucun laboratoire ne publie de prix pour les essais militaires ; il faut donc reconstituer les coûts à partir de barèmes publics. Un institut d'essais provincial du Jiangsu affiche des chambres climatiques de 4,50 à 37 dollars l'heure et une chambre CEM de 119 à 149 dollars l'heure ; le bureau des normes de Taïwan affiche les vibrations à environ 121 dollars, un essai de chute à environ 73 dollars, les décharges électrostatiques à environ 364 dollars et un ensemble CEM complet à environ 2 610 dollars ; aux États-Unis, un laboratoire annonce des essais MIL-STD-461 à partir de 3 999 dollars et un autre facture le temps d'ingénieur de 157 à 377 dollars l'heure. Reconstitué à partir de ces tarifs, un ensemble complet (461, 1275, décharges électrostatiques, dix méthodes 810 et un rapport de sécurité) coûte environ 18 000 à 45 000 dollars en Chine continentale, ou 22 000 à 54 000 dollars avec une provision de 20 % pour un nouvel essai, et je l'estime à 70 000 à 115 000 dollars aux États-Unis ou en Europe. Les laboratoires publics de Taïwan ne sont pas plus chers que ceux du continent à leurs tarifs publiés. L'acceptation par un acheteur des rapports d'un laboratoire donné est une question commerciale qu'il vaut mieux régler avant la première réservation.

Besoin d'un chargeur conçu selon cette check-list ?

Cette check-list vient de la conception d'un tel chargeur : un chargeur étanche sans ventilateur à quatre baies avec entrées secteur et 24 V véhicule, construit comme une plateforme qui va de deux à huit baies. Sa construction, la façon dont on comble les lacunes d'une spécification et son passage d'une spécification à des échantillons d'ingénierie en 16 semaines sont décrits dans Chargeurs de batteries multi-baies durcis sur mesure en 2026, et ce que coûtent de tels chargeurs dans Prix des chargeurs de batteries militaires multi-baies en 2026.

Si vous avez une batterie qui a besoin d'un chargeur durci, envoyez son modèle ou sa fiche technique, le nombre de baies, la puissance d'entrée, les normes requises et la quantité à i@tanshuai.com. Je réponds avec les questions qui décident de la conception.

Sources

1. MIL-STD-1275E, Characteristics of 28 Volt DC Input Power to Utilization Equipment in Military Vehicles (2013). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E_45886/
2. MIL-STD-1275B (1997). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL_STD_1275B_777/
3. Transient Specialists, PG-1275F transient generator user manual (revision F waveforms). https://transientspecialists.com/cdn/shop/files/Users_manual_PG-1275F_rev2.pdf
4. Texas Instruments, TIDUDG1, MIL-STD-1275 protection reference design guide. https://ti.com/lit/pdf/tidudg1
5. MIL-STD-461G, Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics (2015). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461G_53571/
6. MIL-STD-461C (1986). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461C_19034/
7. In Compliance Magazine, MIL-STD-461H: a review. https://incompliancemag.com/mil-std-461h-a-review/
8. MIL-STD-810E, Environmental Test Methods and Engineering Guidelines (1989), and 810H (2019) method equivalents. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0800-0899/MIL-STD-810E_13775/
9. MIL-STD-1472F, Human Engineering. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1400-1499/MIL-STD-1472F_208/
10. MIL-STD-1686C, Electrostatic Discharge Control Program. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1600-1699/MIL-STD-1686C_5522/
11. MIL-HDBK-217F Notice 2, Reliability Prediction of Electronic Equipment. https://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0200-0299/MIL-HDBK-217F_NOTICE-2_14590/
12. MIL-HDBK-454, General Guidelines for Electronic Equipment (listing). https://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0300-0499/
13. Texas Instruments, SLUP419, insulation requirements of IEC 62368-1. https://www.ti.com/lit/pdf/slup419
14. Genorma, EN 50091-1-1:1996 status. https://genorma.com/en/standards/en-50091-1-1-1996
15. Battery University, BU-410: Charging at high and low temperatures. https://batteryuniversity.com/article/bu-410-charging-at-high-and-low-temperatures
16. Jiangsu Administration for Market Regulation, product testing fee schedule (June 2025). https://scjgj.jiangsu.gov.cn/attach/0/7298087b18cf41529a3e43ac75aab677.pdf
17. Bureau of Standards, Metrology and Inspection (Taiwan), test fee table. https://www.bsmi.gov.tw/wSite/public/Attachment/f1784081743483.pdf
18. Sunfire Testing, MIL-STD-461 testing. https://www.sunfiretesting.com/military_device_mil-std-461/

19. Hi-Test Laboratories, 2023 rates. https://hitestlabs.com/s/2023-Rates_Update.pdf

À propos de l'auteur

Tan Shuai est un technologue et fondateur avec plus de vingt ans de travail dans les puces, le matériel et les logiciels système, et 20 brevets délivrés. Son travail l'a mené à travers la Silicon Valley, New York, Chicago, Taïwan, la Grande Baie (Shenzhen et Hong Kong), le Vietnam et la Malaisie, avec un long intérêt pour la fabrication avancée et les chaînes d'approvisionnement. Aujourd'hui, il travaille comme chercheur et développeur en IA, et construit de l'électronique durcie sur mesure avec des partenaires de fabrication à Shenzhen.

Projets de chargeurs durcis et échanges techniques : i@tanshuai.com.