

Bilan de la campagne de mesure 2024 des épaisseurs des parois latérales des engins prototype ATP

1. Introduction

Dans le cadre de la certification des engins de transport sous température dirigée fabriqués en série, un engin n'est considéré comme appartenant au même type que l'engin soumis à l'essai que si sa construction est comparable. L'isolant et la technique d'isolation de la caisse doivent notamment être identiques aux caractéristiques relevées sur l'engin de référence par les stations d'essais.

Les stations d'essais acceptent des variations maximales de ± 1 % des dimensions de la caisse entre les grandeurs données par le constructeur et celles mesurées par le laboratoire. Si ces variations ont peu d'impact sur la surface de la cellule, une variation dans la limite de 1 % des dimensions de la caisse (longueur intérieure et extérieure, largeur intérieure et extérieure, hauteur intérieure et extérieure) peut arithmétiquement engendrer une variation de 10 % de l'épaisseur des parois de la caisse et indirectement une variation de 10 % du coefficient K d'isothermie de la caisse. Ce qui est supérieur à l'incertitude de mesure maximale du coefficient K fixée à 5 % par l'ATP.

Une telle situation pourrait discréditer la valeur du coefficient K mesurée par les stations d'essais ATP sur les prototypes qui est utilisée pour la délivrance des attestations ATP des engins. Ces écarts pourraient être source de distorsion de concurrence entre constructeurs.

Afin de remédier à cette situation, la Commission Technique Spécialisée Transport a validé le 17 décembre 2021 le principe de perçage et de mesurage de l'épaisseur des parois latérales des engins et décidé d'appliquer ce mode opératoire, en station d'essais, sur tous les prototypes à caisse rapportée, hors citernes, dès début 2022 et jusqu'à ce qu'une méthode moins destructive soit validée.

La campagne de mesure s'est déroulée en plusieurs phases entre 2022 et début 2024. Dans un premier temps, un protocole de test a été élaboré, puis mis en œuvre sur des échantillons de panneaux fournis par des carrossiers afin de valider la pertinence des mesures et d'évaluer leur incertitude. Dans un second temps, le protocole de test a été appliqué sur des engins prototype présentés en station d'essais.

Le présent rapport présente les modalités de mesurage des épaisseurs de panneaux isolants, et les résultats des essais sur des échantillons de panneaux et des 30 engins frigorifiques ayant fait l'objet des tests en stations d'essai.

2. Méthode de mesurage des épaisseurs de panneaux isolants

L'impact des variations de l'épaisseur des parois des engins est suffisamment significatif, tant d'un point de vue réglementaire qu'environnemental ou économique, pour rechercher une méthode de vérification assurant des données fiables qui ne remettent pas en cause la performance globale de l'engin et sa classe réglementaire.

Plusieurs méthodes de mesure alternatives ont été envisagées par le laboratoire et les constructeurs. Les mesures les plus séduisantes sont les mesures non destructives. Les scanners volumétriques qui ont connu d'importants développements ces dernières années ont été envisagés pour réaliser des



mesures, mais leur justesse et leur coût n'ont pas permis, jusqu'ici, de trouver une solution répondant aux attentes en la matière.

Afin de dresser un état des lieux de la situation, il a donc été décidé, à titre exploratoire, de réaliser une campagne de mesures destructives en veillant à limiter l'impact des dégradations sur les prototypes testés. Un protocole de test a été élaboré pour réaliser ces mesures. Le protocole de test a été validé par des mesures sur des échantillons de panneaux afin de valider la pertinence des mesures et d'évaluer leur incertitude.

2.1. Méthode de mesure par jauge de profondeur

La méthode consiste à effectuer des perçages dans la paroi à mesurer, puis à mesurer l'épaisseur au moyen d'une jauge de profondeur étalonnée.

Les points de perçage sont positionnés sur le panneau comme indiqué sur la photo n°1 ci-dessous.



Photo n°1 : emplacement des perçages sur la paroi intérieure d'un prototype d'engin de transport sous température dirigée (© Cemafrroid)

Le perçage est effectué de l'intérieur vers l'extérieur de la cellule, au moyen d'une perceuse sur un support de perçage permettant de réaliser un trou le plus perpendiculaire à la surface possible pour éviter toute contribution à l'incertitude sur la mesure d'épaisseur, d'un diamètre de 3 mm comme le montre la photo n°2. La qualité du perçage est primordiale pour mesurer l'épaisseur perpendiculairement à la surface de la paroi.



Photo n°2 : perçage d'un panneau sur la paroi intérieure d'un prototype d'engin de transport sous température dirigée (© Cemafrroid)

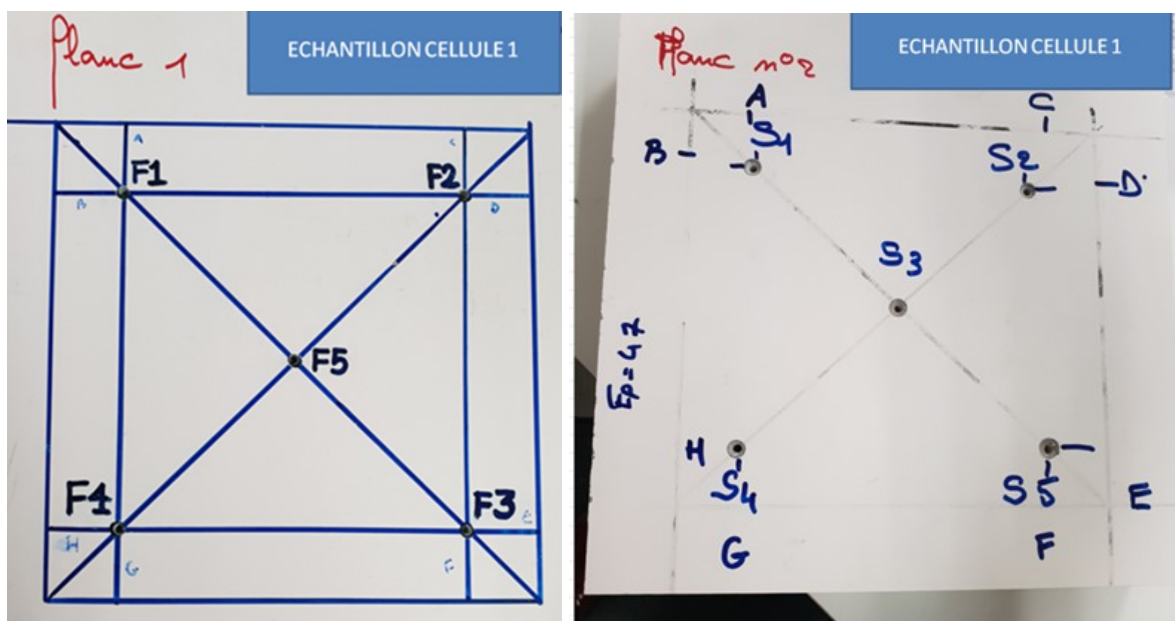
La mesure est effectuée au moyen d'une jauge de profondeur étalonnée dont la justesse est de 0,03 mm. La photo n°3 montre le positionnement de la jauge de profondeur avant la mesure de la paroi.

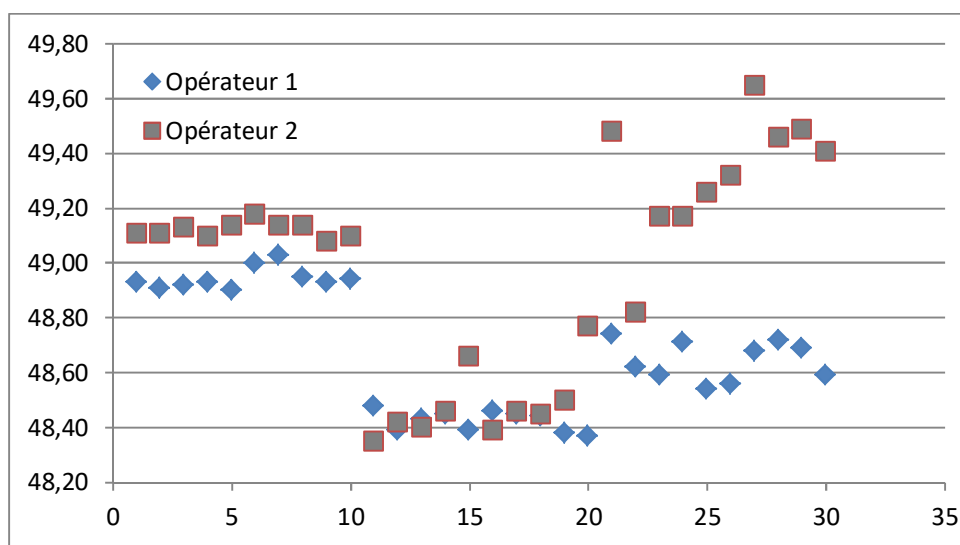


Photo n°3 : mesure par jauge de profondeur de l'épaisseur de la paroi d'un prototype d'engin de transport sous température dirigée (© Cemafröid)

2.2. Mesures effectuées sur des échantillons : validation de la méthode

Avant de réaliser les mesures sur les prototypes de cellules présentés au laboratoire pour des essais ATP officiels, la méthode a été mise en œuvre sur des échantillons de flancs de cellules isothermes fournis par différents carrossiers avec leur spécification technique en matière d'épaisseur. Plusieurs chargés d'essais ont été mobilisés pour tester la méthode sur les mêmes échantillons afin de déterminer la reproductibilité de la mesure avec cette nouvelle méthode.

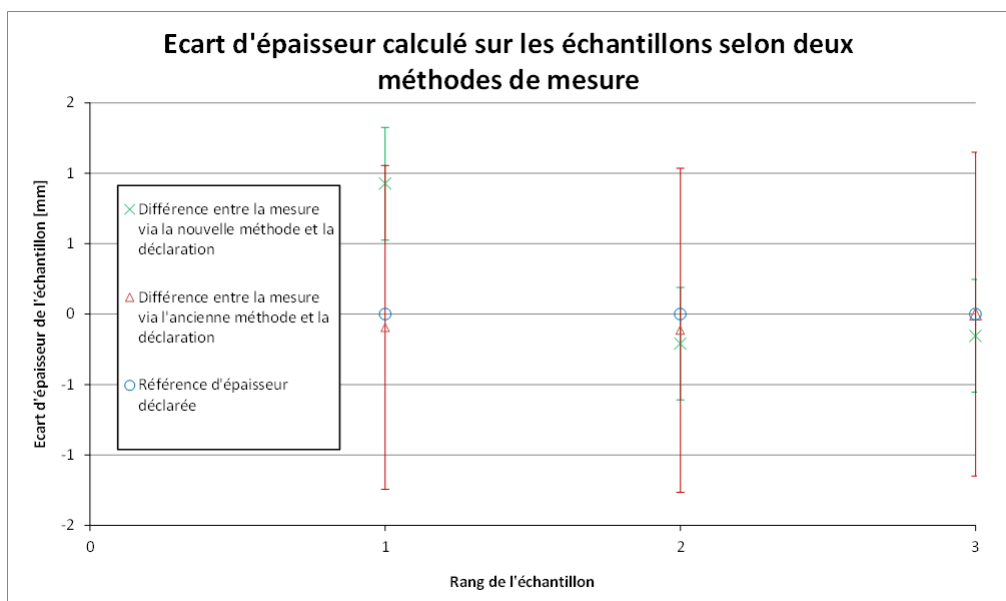




Graphique n°1 : comparaison des mesures (en mm) d'épaisseurs réalisées par différents chargés d'essais sur des échantillons de panneaux (© Cemafroid)

L'analyse statistique des mesures permet de calculer une incertitude de mesure suivant cette méthode. L'incertitude de mesure élargie ($k=2$) est de 0,76 mm.

Le graphique n°2 ci-dessous montre la comparaison des mesures réalisées par la méthode de la jauge de profondeur, les données du constructeur et les mesures au pied à coulisse pour chaque échantillon.



Graphique n°2 : comparaison des mesures réalisées sur des échantillons de panneaux avec la méthode destructive par perçage, un pied à coulisse et les déclarations des constructeurs © Cemafroid

3. Résultats de la campagne de mesurage des épaisseurs de parois latérales des engins prototypes

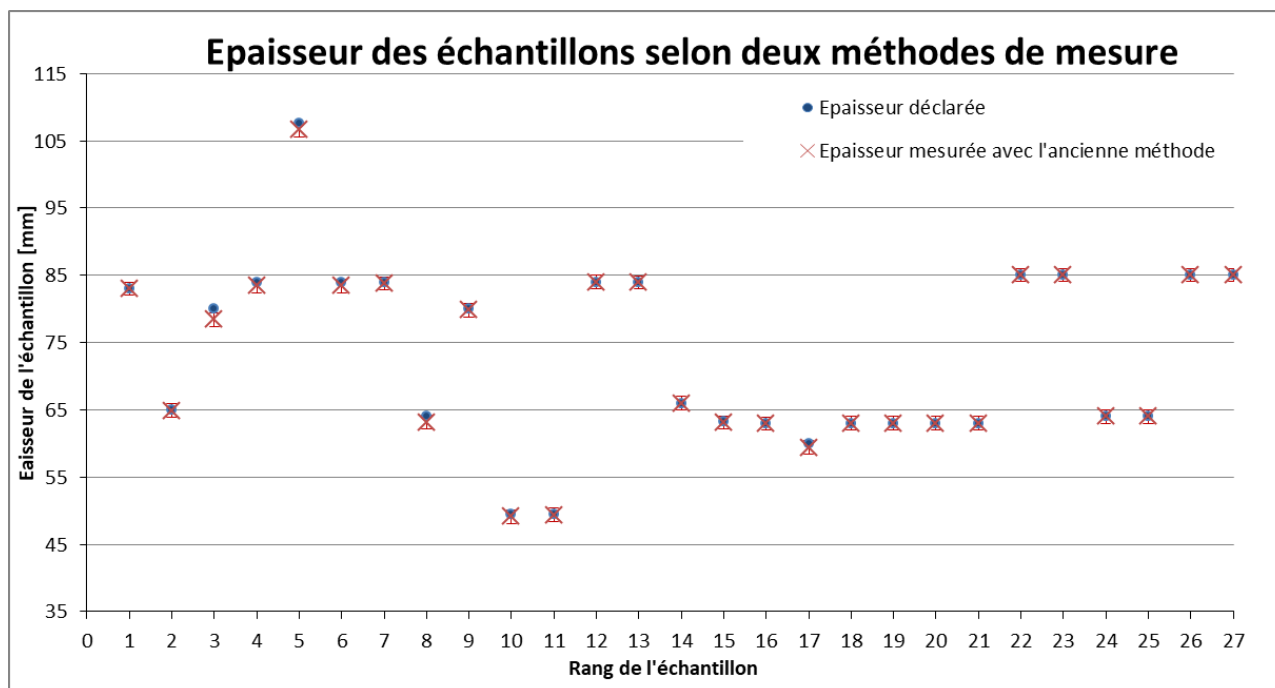
La nouvelle méthode par perçage et mesurage de l'épaisseur des parois latérales a été appliquée sur une trentaine de prototypes. Ces 30 engins sont représentatifs de tous les types d'engins de transport sous température dirigée à cellule isotherme rapportée, de la camionnette à la semi-remorque. Les mesures ont été effectuées par la méthode traditionnelle des différences de dimensions intérieures et extérieures et par la méthode de mesure par jauge et perçage des parois. Les résultats des deux



méthodes ont été comparés, assortis de leurs incertitudes de mesure respectives aux données fournies par les constructeurs. Enfin les résultats des deux méthodes de mesures ont été comparés.

3.1. Mesures réalisées sur des prototypes d'engins de transport suivant la méthode traditionnelle

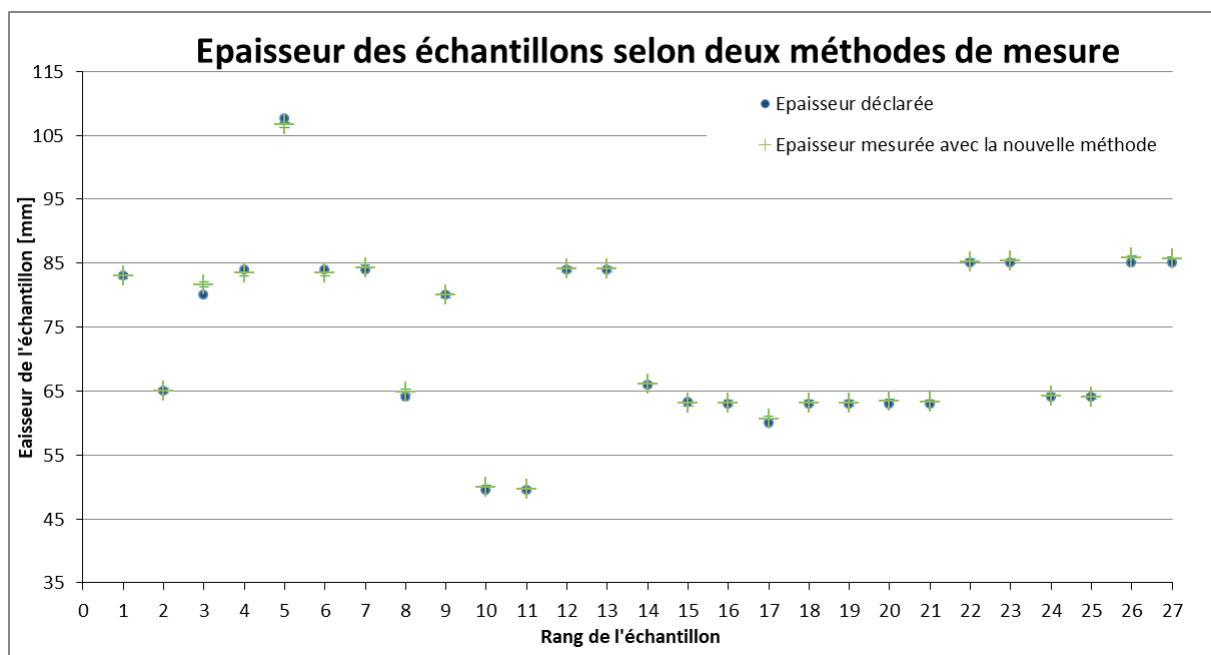
La comparaison des résultats de mesure suivant la méthode traditionnelle et des données des constructeurs montre une bonne corrélation. L'incertitude de mesure de l'épaisseur par la méthode traditionnelle des différences de dimensions extérieures et intérieure donne une incertitude élargie ($k=2$) de 0,98 mm. Le graphique, n°3 ci-dessous montre la comparaison des valeurs déclarées par le constructeur et des épaisseurs mesurées. Seul deux engins sur 27 présentent des épaisseurs en dehors des incertitudes de mesure du laboratoire soit 7,4 %. Dans les deux cas la valeur déclarée par le constructeur était supérieure, donc plus défavorable que celle mesurée.



Graphique n° 3 : Comparaison des mesures d'épaisseurs de parois par méthode indirecte et des valeurs déclarées par les constructeurs.
(© Cemafroid)

3.2. Résultats de mesure suivant la nouvelle méthode (par perçage)

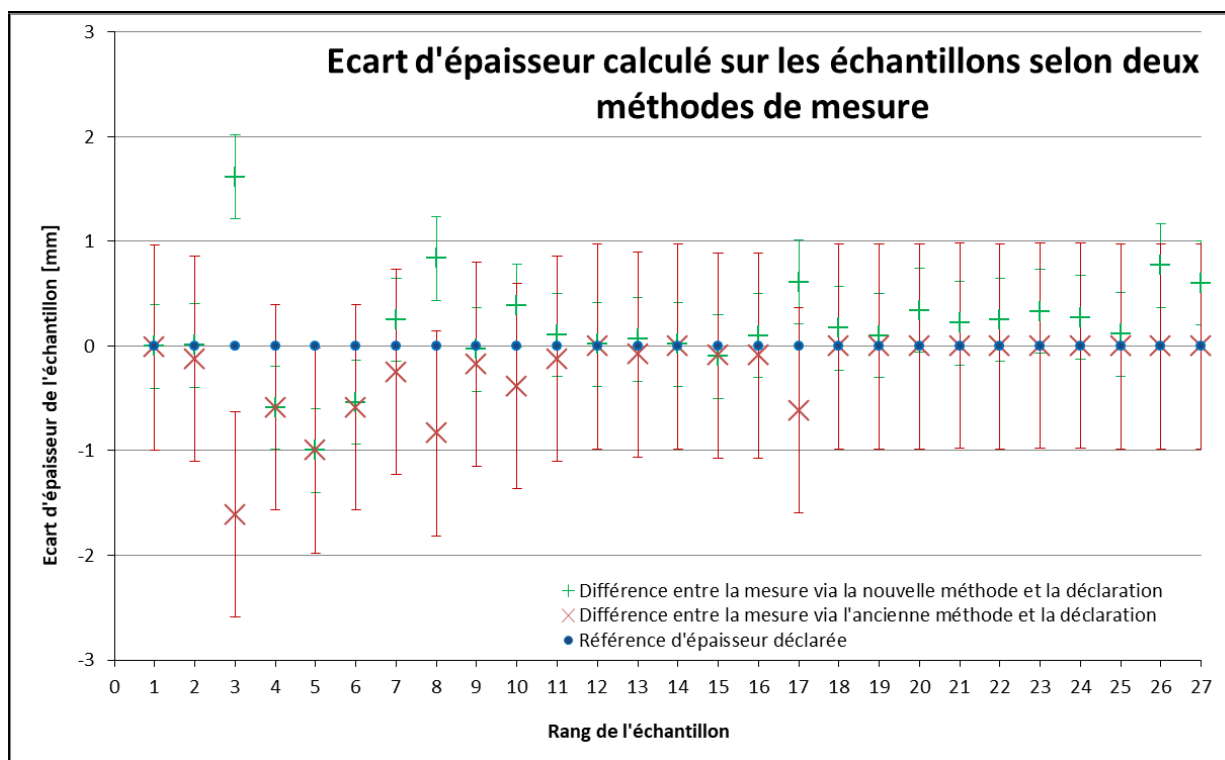
Les mesures réalisées avec la nouvelle méthode peuvent également être comparées aux données du constructeur. Le graphique n°4 ci-dessous présente les résultats des mesures assortis de l'incertitude élargie de 0,76 mm et les valeurs déclarées par les constructeurs.



Graphique n° 4 : Comparaison des mesures d'épaisseurs de parois par méthode directe et des valeurs déclarées par les constructeurs.
(© Cemafröid)

3.3. Comparaison des résultats des mesures effectuées suivant les deux méthodes

La comparaison des résultats des deux méthodes de mesure et des déclarations des constructeurs est présentée dans le graphique n°5 ci-dessous qui donne les différences entre valeurs déclarées par le constructeur et mesures suivant les deux méthodes. Ces données montrent que globalement les deux méthodes donnent les mêmes résultats. Les valeurs mesurées par la méthode de mesure directe et destructive par une jauge de profondeur et celle indirecte et non destructive utilisant la différence montrent une comparabilité des résultats dans 24 cas sur 27. Trois cas présentent des résultats différents. Ces cas sont explicables par la plus grande hétérogénéité des panneaux produits par les carrossiers concernés. Dans ce cas, la différence observée n'est pas due à la différence de performance des méthodes de mesure mais plus probablement à la variabilité de l'épaisseur du panneau et au choix de points de mesure différents.



Graphique n° 5 : Comparaison des écarts entre les mesures d'épaisseurs de parois par méthode directe et indirecte et les valeurs déclarées par les constructeurs. (© Cemafrroid).

4. Conclusions de la campagne de mesurage des épaisseurs de parois latérales des engins prototypes

Cette étude a permis de comparer différentes méthodes de vérification des épaisseurs de parois des cellules isothermes et montré la pertinence de la méthode indirecte par différence des dimensions extérieures et intérieures des caisses traditionnellement utilisée lors des essais réalisés dans le cadre de l'ATP.

Elle met toutefois en évidence la nécessité de définir des critères d'acceptation des valeurs déclarées par le carrossier prenant en compte la variabilité des épaisseurs sur la surface de la cellule.

Les résultats obtenus montrent que l'incertitude de fabrication est dans la grande majorité des cas inférieure à 1 mm pour des panneaux d'épaisseur inférieure à 100 mm et ce pour tous les types d'engins testés avec des surfaces variant de moins de 1 m² à plus de 40 m² ce qui est tout à fait cohérent avec les technologies utilisées pour ces fabrications.

Enfin les mesures obtenues montrent la remarquable reproductibilité des cellules construites par les carrossiers français concernés par cette étude.