

L'ETUDE DES EPANDEUSES A DISQUE ROTATIF POUR L'AMELIORATION DE LA VIABILITE HIVERNALE EN FRANCE

Centre d'études techniques de l'Équipement, station d'essais de matériels routiers
Ministère de l'Équipement
31, rue Laplace – CS 2912 – 41029 Blois cedex - FRANCE
TEL 02.54.55.49.60 – Télécopie 02.54.55.48.72
E-mail : SEMR.CETE-Normandie-Centre@equipement.gouv.fr

1-Résumé

L'hiver en France, l'épandeur de fondant à disque rotatif est l'engin le plus utilisé. Avec des enjeux économiques importants et soumis à la pression des médias, les gestionnaires des réseaux ont augmentés les quantités de fondant épandus. Afin de maîtriser les quantités de fondant épandu sur les routes, la Direction des Routes a développé une politique d'amélioration des services de la viabilité hivernale. Cette politique axée sur la formation des personnels et sur la technique des matériels a permis de développer une méthode de mesure du dosage en fondant. La méthode développée et l'appareil type qui lui est associé, permettent de régler rapidement les épandeurs de fondant. Une norme française formalise les conditions d'emploi et les résultats de cette méthode.

2-Introduction

La France est un pays au climat très diversifié. On y rencontre suivant les régions et l'altitude, cinq types de climats, océanique, océanique altéré, d'influence continentale, méditerranéen et de montagne.

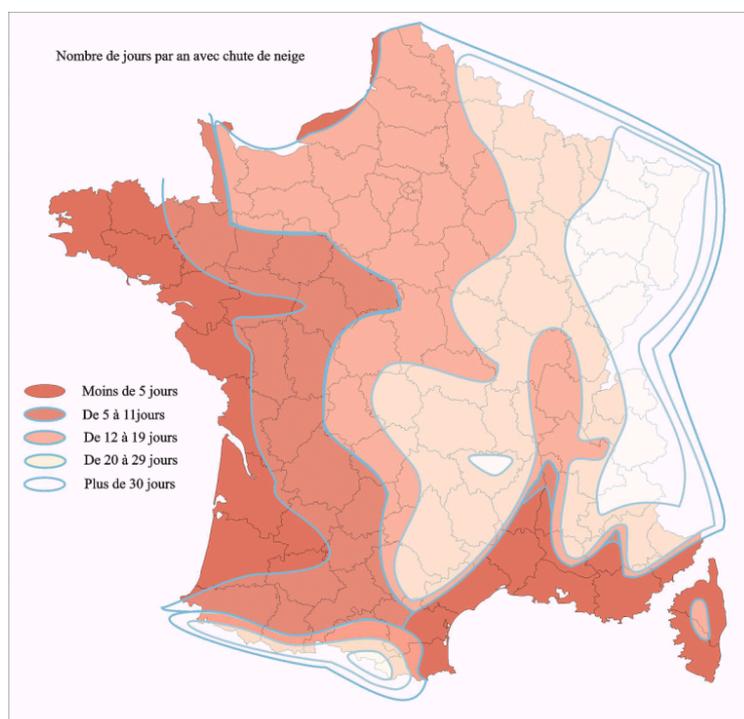


fig . 1 : Carte des chutes de neiges en France.

Les chutes de neige et la formation du verglas sont liés en quantité et en fréquence à ces zones climatiques, ainsi les précipitations neigeuses dépassent les trente jours par an dans les zones de montagne mais sont inférieures à 5 jours le long des façades maritimes. L'influence maritime qui se fait sentir profondément à l'intérieur du territoire (de 200 à 400kms) en suivant les vallées des grandes fleuves module par endroit les effets de l'altitude ou de l'exposition.

Ainsi à part les zones de montagne où il y a une certitude de précipitations neigeuses et de températures négatives, le reste du territoire se compose d'une multitude de micro-régions dans lesquels les moyens et les méthodes mises en œuvre varient. Pour s'adapter à ces variations, l'outil majeur de la viabilité hivernale est l'épandeur de fondant routier à disque rotatif, elle est utilisée en complément du raclage ou du fraisage lorsque les hauteurs de neige demandent ce type de traitement.

3-Un constat

Engin universel et très répandu, environ 9000 de ces machines assurent le service de la viabilité hivernale en France consommant 300 000 tonnes de fondant routier lors des hivers doux et jusqu'à 1 500 000 tonnes lors des hivers rigoureux. Utilisées dans les nombreuses situations climatiques hivernales de France, les épandeurs à disque rotatif demandent des réglages et des conditions d'utilisation variées.



fig. :2 Départ des épandeurs de fondant routier

La difficile gestion de la route en hiver crée :

- Une demande toujours croissante des usagers de conditions de circulation correcte quelque soit les perturbations climatiques.
- Un impact économique lorsque la fermeture de parties du réseau routier perturbe les approvisionnements et le fonctionnement en flux tendu des entreprises.
- Une pression médiatique en cas de mauvaise circulation ou de blocage du réseau (notamment les couronnes des grandes métropoles).

Ces difficultés ont conduit les gestionnaires des réseaux à faire une surenchère sur les quantités de fondants routiers épandus à chaque intervention, plutôt que de s'intéresser à la qualité de l'épandage donc au réglage des épandeurs.

Ces dernières sont capables de débiter de grosses quantités de fondant mais les petits dosages, beaucoup plus difficiles à maîtriser et à régler, sont le plus souvent abandonnés. Les machines mal réglées ou moins bien entretenues sont incapables de fonctionner correctement à ces faibles dosages, de ce fait les traitements préventifs devant mettre en œuvre ces faibles dosages, ne sont plus réalisés.



fig. 3 : raclage et retraitement sur une voirie périurbaine

Une réduction de 5 à 10% de la consommation nationale de fondant routier peut être espérée grâce à :

- Une maintenance systématique des machines avant la période de viabilité hivernale,
- Une pratique des traitements préventifs nécessitant de meilleurs réglages et la capacité des épanduses à travailler avec de petits dosages.

Ces économies potentielles passent donc par :

- Une amélioration du fonctionnement général des épanduses à disques rotatifs.

Les utilisateurs doivent assurer un niveau de maintenance suffisant, effectuer les réglages nécessaires pour obtenir le dosage programmé avec régularité et fiabilité.

Les constructeurs doivent, par des innovations techniques, proposer des machines à disques rotatifs capable d'épandre de faibles dosages. Le dosage minimum étant de 5 g/m², et le maximum pouvant se limiter à 40 g/m².

- Des actions dans les services de la viabilité hivernale.

Une sensibilisation des donneurs d'ordre sur l'intérêt des interventions préventives à faibles dosages.

Des formations à l'intention des conducteurs sur les nouvelles possibilités de leurs machines.



fig. 4 :Epannage de fondant sur neige humide en cours de fusion

L'ensemble de ces actions, économies de fondant et amélioration du réglage des machines, militent également pour une gestion plus écologiques de la route.

3-Une volonté nationale

Partant de ce constat, la Direction des Routes a défini une politique générale d'amélioration de la qualité du service de la viabilité hivernale.

Cette politique concerne l'organisation et les matériels de viabilité hivernale.

Différents services de l'administration sont chargés à leur niveau de la mise en œuvre de cette politique, ce sont :

- Le service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA).
- Les centres d'études techniques de l'Equipement (CETE) et leurs centres spécialisés.
- Le laboratoire central (LCPC) et le réseau des laboratoires régionaux des ponts et chaussées (LRPC).
- Les directions départementales et leur parc de matériel.

Des actions engagées par ces services concernent :

- Les méthodes d'interventions avec le développement des traitements curatifs et pré-curatifs.
- Les formations des personnels.
- Le développement des systèmes d'aides à la décision : analyse météo, systèmes d'aides automatisés.
- L'amélioration de la qualité des fondants routiers : approvisionnement, stockage, respect de la norme.
- La qualité des matériels d'interventions : entretien et réglages optimums avant l'hiver, aptitude à épandre de faibles dosages avec une bonne répartition .

Des représentants de ces services participent aux travaux de la commission de normalisation des matériels et produits de l'entretien routier (MPER).

Cette commission tripartite (administration, constructeur de matériel, utilisateur) permet d'avoir une analyse cohérente des sujets d'études et rédige, lorsque cela est nécessaire, les normes nationales.

4-De la définition d'une méthode de mesure à l'élaboration d'une norme nationale

Les méthodes développées à ce jour sont trop difficiles à mettre en œuvre : après un épandage du fondant sur le sol, on procède à sa récupération pour en mesurer la quantité.

Elles nécessitent un personnel nombreux pour un travail fastidieux et long. La récupération du fondant épandu sur le sol d'essai est une opération délicate en particulier pour les épandages avec de faibles dosages, même si l'on dispose des réceptacles sur le sol (toile ou plaque).

La restitution des résultats par ces méthodes n'est pas immédiate et le nombre d'essais par jour est peu important. Les différents paramètres de fonctionnement de l'épandeur ne peuvent être étudiés en une seule journée.

L'interaction du sol et du fondant lors de l'épandage est propre au site d'essai utilisé et à la nature de sa surface. En revanche l'épandage du fondant est effectué en conditions réelles et il est influencé par les effets du vent et des turbulences à l'arrière de l'épandeur.

Le seul avantage de ces méthodes est qu'elles permettent de mesurer la répartition du fondant épandu aussi bien dans le sens transversal que dans le sens longitudinal de la chaussée.

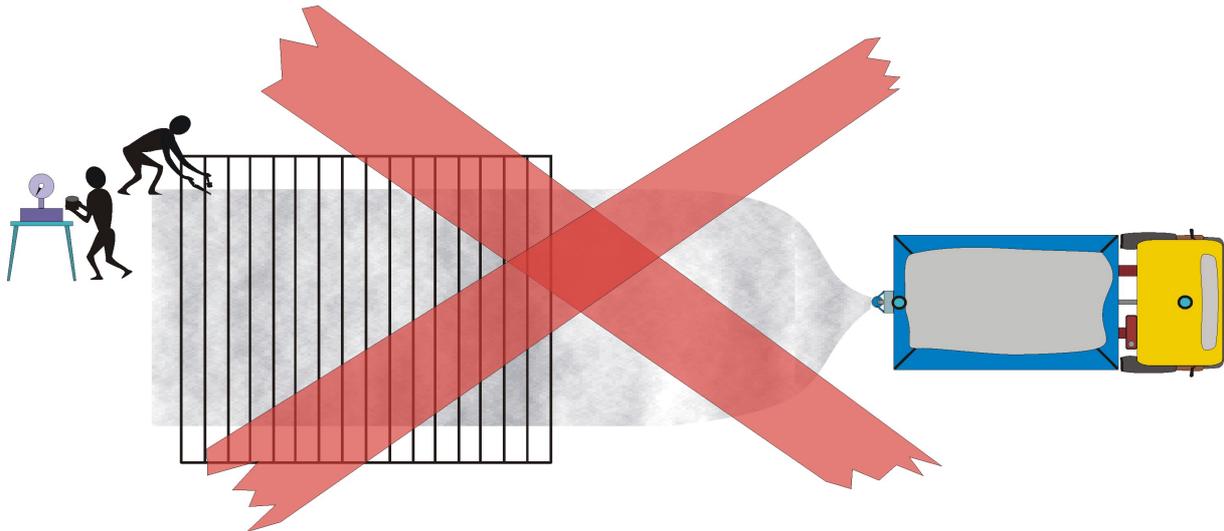


fig 5 : Les méthodes consistant à récupérer le fondant sur le sol n'ont pas été retenues .

4.1- Une méthode de mesure à poste fixe

L'objectif est de permettre la **vérification** du fonctionnement et le **réglage rapide** des épanduses de fondant routier avant la période hivernale.

Un groupe d'experts composé de constructeurs de matériels, d'utilisateurs de machines, de gestionnaires du réseau et de spécialistes de la mesure a défini les points essentiels et les conditions de la méthode :

- Une méthode simple et fiable,
- la restitution immédiate des résultats,
- la vérification des principaux paramètres de fonctionnement de la machine.

Ce groupe d'experts a défini également les paramètres à vérifier et les résultats à restituer.

Les paramètres à vérifier sont : la vitesse de l'épanduse,
la largeur de l'épandage,
le fonctionnement des éléments de dosage du fondant.

Les résultats à restituer sont : le dosage en fondant, c'est à dire la masse de fondant au sol par unité de surface (en g/m²),
la régularité de ce dosage (la répartition) sur une distance de 200 m.

La durée pour le contrôle d'une épanduse de fondant routier ne doit pas dépasser une journée de travail normal et la restitution des résultats de chaque essai doit être automatique et immédiate.

A partir de ces conditions, il est apparu que l'essai d'une épanduse de fondant doit se faire à « poste fixe » c'est à dire sans déplacement réel du véhicule.

L'avantage d'un essai à « poste fixe » est de permettre l'installation du matériel d'essai dans un local et de ne pas être gêné par les conditions météorologiques. La méthode est donc reproductible et permet de régler les machines dans les mêmes conditions.

Pour calculer le dosage en fondant (g/m²), il est nécessaire de mesurer sa masse épandue par la machine, la solution retenue a été de recueillir et de peser le fondant immédiatement après son éjection par le disque de l'épanduse.

La mesure du temps (**t**) associée à la vitesse théorique (**v**) durant l'essai permet de déterminer la distance (**d**) fictive parcourue par la machine (**d = v x t**). La distance d'essai retenue est de 200m. La surface fictive traitée par la machine est le produit de la distance **d** par la largeur de l'épandage.

Pour juger de la régularité du dosage en fondant épandu, il est nécessaire de découper la surface traitée en zones régulières et successives de sorte à créer une population d'échantillon. La distance **d** est découpée en 200 échantillons de 1mètre de longueur, la surface (s) de chaque échantillon est donc le produit de la largeur de l'épandage par sa longueur de 1m (**s = largeur épandage x 1 mètre**).

Le dosage **x** en fondant est déterminé pour chaque échantillon, puis le dosage moyen \bar{X} est calculé sur les 200 dosages **x**. puis la dispersion (ou écart-type) σ du dosage des 200 échantillons est calculée .

Nota : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{X})^2}{n-1}}$

La régularité du dosage en fondant de la surface épandue est exprimé par le coefficient de variation longitudinal « **cvl** »,

$$cvl = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

La succession des échantillons de 1mètre de longueur peut se représenter comme à une grille fictive (fig.6) dont chaque case serait remplie par l'épandeuse durant son déplacement. Cette grille est représentée par l'ensemble de mesures de masses dont la cadence est telle que la durée entre chaque mesure simule un déplacement de 1 mètre de l'épandeuse de fondant.

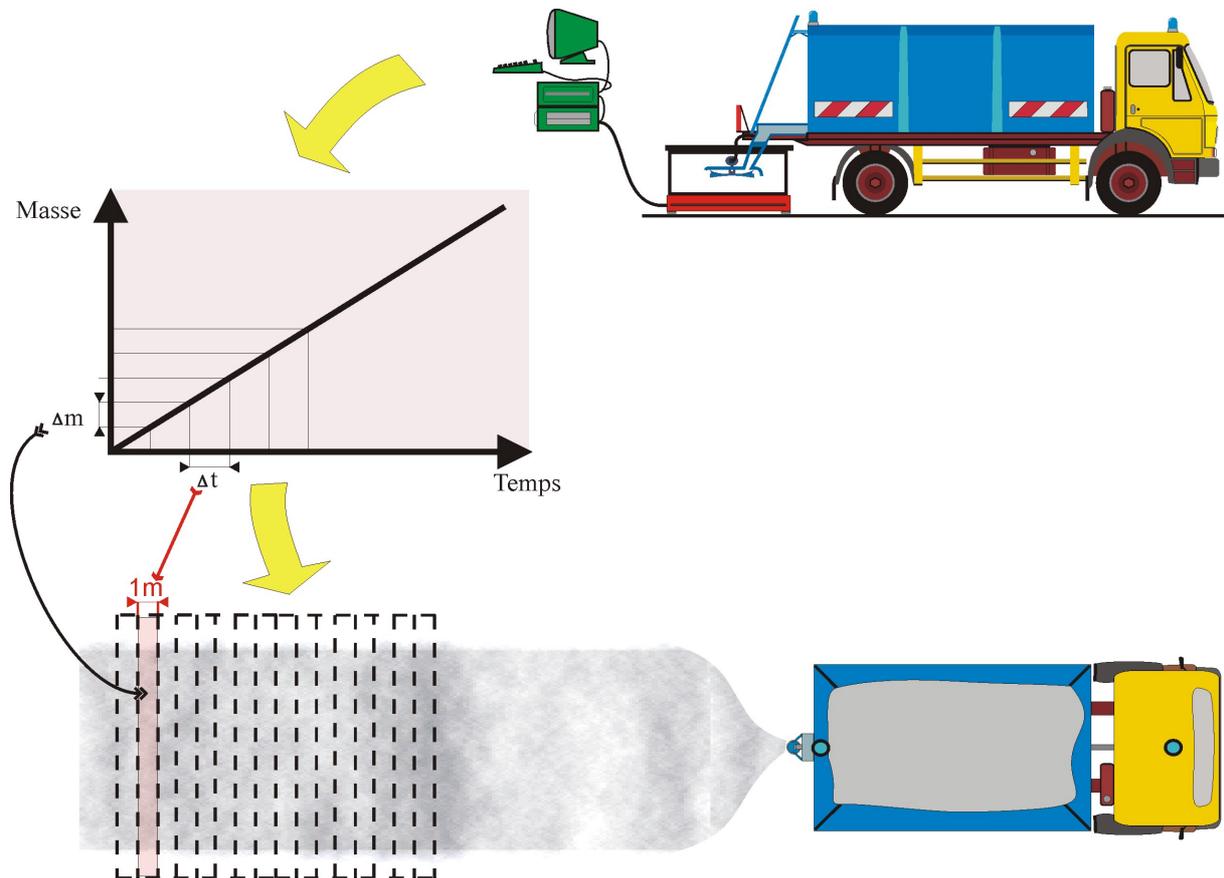


fig. 6 : schéma de la méthode de mesure à poste fixe

Cette méthode ne permet pas de mesurer les variations transversales de dosage en fondant, une autre méthode, encore a l'étude, est nécessaire pour étudier ces variations.

4.2-Un appareillage pour le réglages des épanduses

En parallèle aux réflexions menés sur la méthode de mesure, la S.E.M.R.* a élaboré un premier dispositif expérimental pour permettre de valider les différents choix techniques.

Ce premier appareil de construction très spartiate mais de grande précision ne pouvait être utilisé tel quel par le personnel d'entretien des épanduses de fondant. Il était donc nécessaire de concevoir un dispositif qui puisse répondre aux impératifs de la méthode (précision , rapidité d'acquisition) et qui puisse être utilisé par les personnels des centres d'exploitation (facilité d'utilisation, ergonomie).

Le C.E.C.P.** de Rouen a été chargé de concevoir ce nouvel instrument appelé DORSA (Dispositif d'optimisation du réglage des saleuses) (fig.7).

L'appareil DORSA s'articule autour d'une bascule de pesage munie d'un réceptacle qui recueille le fondant débité par le disque d'épandage de la machine.



fig. 7 : l'appareil DORSA

L'épanduse est à "poste fixe", c'est à dire qu'elle ne se déplace pas. S'il est nécessaire de mettre les roues en rotation pour tester les asservissements de vitesse, la machine est installée sur un banc à rouleaux (home trainer).

*S.E.M.R. : Station d'essais de matériels routiers, ce service technique du ministère de l'Équipement étudie le fonctionnement de tous les matériels de construction et d'entretien des routes.

**C.E.C.P. : Centre d'étude et de construction de prototype, ce service technique du ministère de l'Équipement conçoit et réalise des appareillages spécifiques aux domaines des routes et des terrassements.



fig. 8 :Mesure du dosage avec l'appareil DORSA

Toutes les fonctions de la machine sont alors opérationnelles et peuvent être contrôlées. Les essais réalisés avec DORSA déterminent le dosage en fondant (g/m^2) appliqué par la machine et la régularité longitudinale de ce dosage. Le fondant débité par l'épandeuse est pesé en dynamique, c'est à dire en continu, l'intervalle de temps entre chaque pesée (échantillonnage) est fonction de la vitesse d'avancement programmée de la machine. Les mesures de vitesse des divers organes participant au dosage du fondant sont réalisées de manière synchrone avec les pesées. Cette bascule est associée à une carte électronique spécifique qui permet de réaliser le grand nombre de mesure nécessaire au traitement mathématique et à la précision demandée.

Fréquence de la carte électronique	500 Hz
Fréquence d'échantillonnage maximale	50 mesures par seconde
Précision des mesures de masse	$\pm 0,5\text{g}$
Précision du dosage mesuré	de 3 à 0,3%

Un logiciel informatique assure l'interface avec l'utilisateur et gère l'ensemble de ces mesures, il contrôle l'acquisition des données, il effectue leur traitement et leur stockage et il calcule, en final, le dosage en fondant épandu ainsi que sa régularité longitudinale.

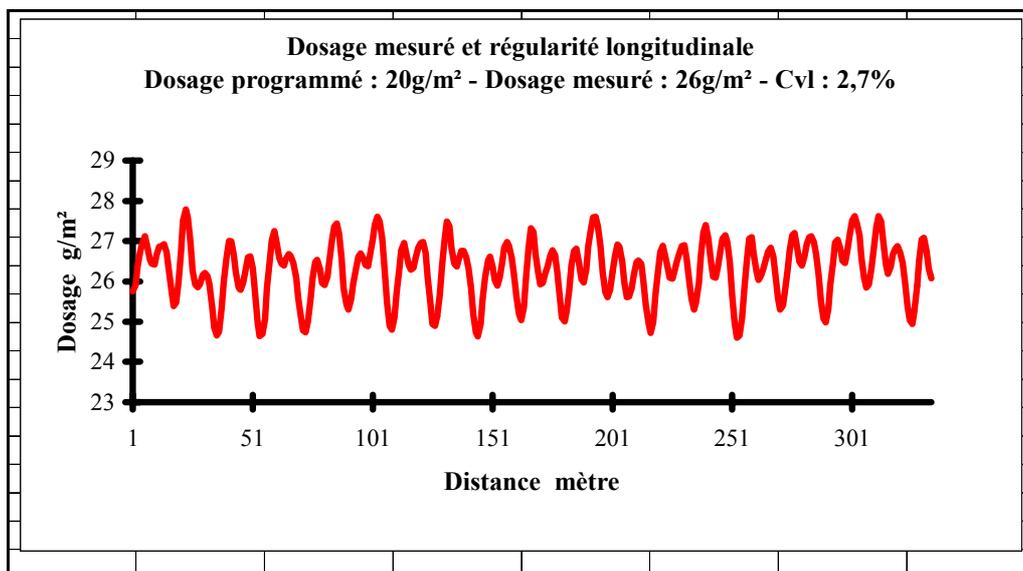


fig. 9 : Résultats obtenus avec l'appareil DORSA , le dosage et sa régularité longitudinale.

Sur la figure 9, on constate que le fondant débité par l'épandeuse donne un dosage au sol de 26g/m² pour un dosage programmé de 20g/m², soit un écart de 30% de fondant en plus. L'ajustement des vitesses de rotation et des asservissements des divers éléments de l'épandeuse permettra de corriger cet écart important.

4.3-Une norme française pour les épanduses à disque rotatif

La commission de normalisation des matériels et produits de l'entretien routier (MPER), avec l'appui de la direction des routes, désirent harmoniser les pratiques a élaboré une norme de réglage des épanduses de fondant. Cette norme rédigée de manière consensuelle par les constructeurs, les exploitants du réseau routier et les services d'études de l'administration a été homologuée par l'AFNOR (Association Française de Normalisation) sous la référence NFP 98-797. Elle reprend les principes de la méthode précédemment décrite et les associe à un matériel d'essai de type DORSA.

Les paramètres à contrôler sur les épanduses de fondant y sont décrit ainsi que les résultats à produire. Le contrôle de toutes les fonctions participant à l'épandage du fondant y sont mentionnées.

Les essais préliminaires à toute mesure du dosage permettent de vérifier :

- La concordance entre la vitesse programmée et la vitesse réelle d'avancement du véhicule.
- La concordance entre la largeur d'épandage programmée et la largeur d'épandage réelle.

Les essais de performance à différents paramètres de fonctionnement consistent à déterminer :

- Le dosage en fondant épandu.
- La régularité longitudinale du dosage.
- La répétabilité du dosage.
- La vérification de l'asservissement pour les épanduses qui régulent le débit de fondant en fonction de la vitesse et de la largeur.

Les essais complémentaires permettent de caractériser:

- Le test de démarrage, qui mesure les variations du dosage en fondant dans les phases d'arrêt et de redémarrage.
- La mesure du débit de vidange de l'épanduse.

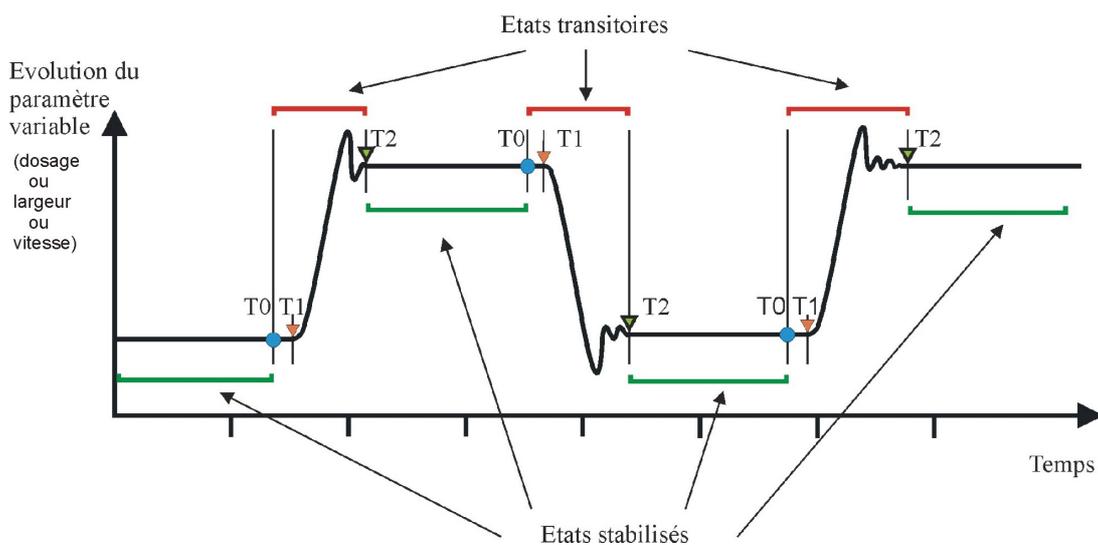


fig.10 : Extrait de la norme NFP 98-797, diagramme d'analyse de l'asservissement.

Un procès verbal d'essai conclut cette norme d'évaluation des performances des épanduses de fondant.

5-Du présent vers l'avenir

Les études engagées jusqu'à présent visent essentiellement à la maîtrise du débit des épanduses de fondant routier, afin de mieux contrôler les quantités de fondant épandu pendant la période hivernale.

Le débit seul ne peut garantir un travail efficace de l'épanduse, il est aussi important que la répartition transversale du matériau soit satisfaisante. Les études sur les épanduses de fondant routier se poursuivent actuellement pour mettre au point une méthode de mesure de la répartition transversale de l'épandage. Des expérimentations ont montré que le fondant n'était pas toujours idéalement épandu et qu'une partie de celui-ci était perdu parce que projeté directement sur l'accotement.

Le développement d'un appareillage pour estimer rapidement la répartition de l'épandage suivant le travers de la chaussée est en cours. Ces deux appareils complémentaires (Dorsa et mesure de la répartition transversale) seront les instruments essentiels pour le réglage et la mise au point des épanduses de fondant routier en grains.

L'épandage de fondant routier en grains a été le premier axe de la recherche, il y a lieu maintenant d'engager des études sur le fonctionnement des machines mixtes utilisant la technique de la bouillie de sel (épandage de sel et de saumure simultané).

6-Conclusion

Les études du fonctionnement des épanduses de fondant routier à disque rotatif ont montré la nécessité de leur réglage avant la période hivernale. Né de la volonté des directions centrales en charge du réseau routier, des utilisateurs des matériels et des constructeurs, une démarche consensuelle et dynamique a abouti à la définition d'une méthode de mesure du dosage de fondant. Cette méthode a été mise en application grâce à un appareillage approprié et la démarche globale a été formalisée par l'écriture d'une norme nationale. Les machines ainsi mieux calibrées, peuvent respecter les prescriptions des donneurs d'ordres, maintenir la sécurité de l'utilisateur par leur travail plus efficace et participer à la préservation de l'environnement par l'économie de fondant épandu.