

**Mots-clés : Electricité statique, Additif, Caractéristiques physiques, transferts inter-lots, Explosion**

## Comportements électrostatiques lors de la manipulation d'additifs utilisés en alimentation animale

Les comportements électrostatiques des poudres peuvent être à l'origine de nombreux comportements plus ou moins complexes et plus ou moins perceptibles qui peuvent même apparaître quelquefois étranges.

Dans le domaine de l'alimentation animale, le comportement électrostatique peut expliquer dans une certaine mesure différents phénomènes indésirables :

- Transferts inter-lots
- Chargement électrique des installations
- Explosions

Les essais réalisés en collaboration entre Tecaliman et l'université de Poitiers (M.TOUCHARD) entre 1995 et 1997 ont permis un début de prise en compte de ces phénomènes par la mise en place de possibilités de mesures de trois caractéristiques au niveau du laboratoire et au niveau industriel.

### 1. Définitions

#### 1.1. La conductivité

La conductivité d'un matériau est son aptitude à laisser passer un courant électrique lorsqu'il est soumis à un champ électrique. Plus la conductivité est élevée et plus il est **conducteur**. A l'inverse, plus la conductivité est faible et plus le matériau est **isolant** comme, par exemple, l'air sec. Les valeurs de conductivité sont très faibles si elles sont exprimées conventionnellement en Siemens par mètre : S/m. Ainsi, un corps ayant une conductivité de  $10^{-5}$  S/m est plus conducteur que celui ayant une conductivité de  $10^{-10}$  S/m.

#### 1.2. La chargeabilité

Ce paramètre est représentatif de la capacité « électrostatique » d'un produit. En effet, certains produits, dès qu'ils sont manipulés génèrent une charge électrique importante, cela correspond à une chargeabilité importante en valeur absolue (éloignée de zéro). D'autres, au contraire, ne génèrent pratiquement pas de charges lorsqu'ils sont transportés, agités, etc. ... cela correspond à

une chargeabilité faible en valeur absolue (proche de zéro). La chargeabilité s'exprime en NanoCoulomb par gramme : Nano C/g.

Il existe des chargeabilités positives et négatives. Ce signe dépend des corps en contact et non pas du produit seul. Dans le cas d'un transfert pneumatique dans une canalisation en métal conducteur :

- un signe positif indique que le produit cède des électrons
- un signe négatif indique que le produit capte des électrons
- carbonate : et tourteau de lin : chargeabilité importante mais opposée

#### 1.3. Accumulation de charges sous champ électrique

Lorsqu'on applique un champ électrique par l'intermédiaire de deux électrodes à un corps, des charges apparaissent en son sein. Ces charges peuvent provenir d'une injection aux électrodes ou au contraire, d'une « attraction » des charges du milieu par les électrodes. En général, il s'ensuit qu'une quantité de charges globale non neutre existe dans le matériau. Cette quantité de charge peut ensuite se dissiper lorsque le champ n'est plus appliqué. Cette propriété est utilisée pour la mesure et rend compte de l'aptitude d'un produit à accumuler des charges en son sein remplissant ainsi le rôle d'un réservoir de charges. Ainsi, plus le chiffre est grand et plus le produit possède cette capacité. La dissipation de charge s'exprime en PicoCoulomb par gramme : PicoC/g. Les valeurs de cette capacité sont assez faibles puisqu'elles sont de l'ordre de  $10^{-10}$  à  $10^{-15}$ . Un produit possédant une accumulation de charge de  $10^{-10}$  PicoC/g a une aptitude à emmagasiner des charges supérieures à celui doté d'une valeur de  $10^{-15}$  PicoC/g.

#### 1.4. Conclusion

Un produit présentant un risque apparent du point de vue électrostatique est celui doté d'une faible conductivité, d'une forte chargeabilité en valeur

absolue (négative ou positive) et d'une forte possibilité d'accumulation. Ce produit peut générer des différences de charges et donne peu de moyens de les éliminer.

Un produit présentant moins de risque est celui doté d'une forte conductivité et d'une faible possibilité d'accumulation. Sa capacité à générer des différences de charges (chargeabilité) lors de ses manipulations n'est alors pas prise en compte puisque ces différentes charges peuvent être rapidement éliminées.

## 2. Essais en laboratoire

### 2.1. Réalisation des mesures

#### 2.1.1. Conductivité électrique et Accumulation de charges sous un champ électrique

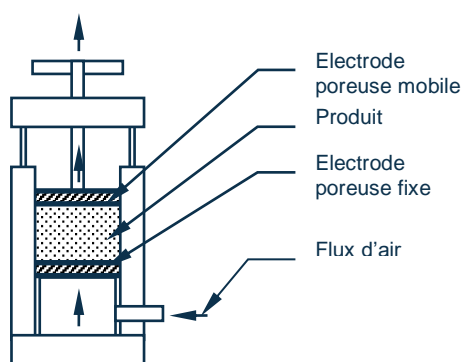


Figure 1 : Cellule de mesure de la conductivité électrique et accumulation de charges sous un champ électrique

Ces deux méthodes de mesure utilisent le même dispositif constitué par une cellule schématisée en Figure 1. Le produit est inclus entre deux électrodes poreuses permettant le passage d'un air à hygrométrie contrôlée standardisant l'ambiance de mesure. L'électrode supérieure est mobile et permet la dépose d'un poids permettant de comprimer de façon connue le lit de produit.

Seules les modifications des protocoles et des dispositifs électriques environnant expliquent les différences entre les deux mesures :

- pour la conductivité électrique : Une différence de potentiel par rapport à la terre est appliquée grâce à une alimentation stabilisée sur l'électrode inférieure. Cette différence de potentiel induit un courant traversant l'échantillon de poudre. Le courant est mesuré par un picoampèremètre placé entre l'électrode supérieure et la terre.
- pour l'accumulation de charges : Une différence de potentiel est appliquée entre les deux électrodes. Cette différence de potentiel est maintenue durant 30 secondes, temps durant lequel le phénomène de création de charges dans la poudre se produit. A l'issue, les électrodes sont court-circuitées à travers le

système de décharge et l'évolution du potentiel est enregistrée par le système d'acquisition de données. L'intégrale du courant traversant le circuit correspond à la charge totale (libre + polarisation) de la cellule. La charge de polarisation est ensuite soustraite, ce qui donne la somme des charges libres "injectées" durant la phase de création de charge.

#### 2.1.2. Chargeabilité par frottement

La poudre est introduite dans la trémie de départ. Un écoulement d'air de 1170 l/h est effectué à travers toute la canalisation à partir de la trémie de départ et du système de pressurisation réglable. Cet air s'échappe par le couvercle poreux de la trémie d'arrivée.

L'écoulement de l'air étant stabilisé, la poudre est incorporée à l'écoulement. Cette ouverture progressive de la vanne est accompagnée d'une mise en vibration de la trémie afin d'avoir un écoulement de la poudre le plus régulier possible.

Le courant dû à l'électrification est alors mesuré sur la section de mesure isolée du reste de la conduite et intégré en fonction du temps. L'intégrale correspond à la charge totale recueillie pour un échantillon de poudre. Cette charge est ramenée ensuite en Coulomb par gramme.

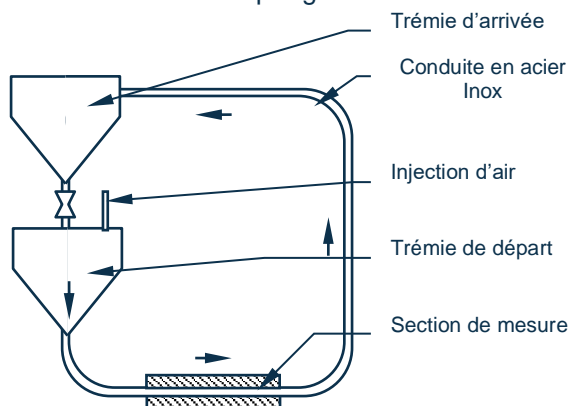


Figure 2 : Circuit de mesure de la chargeabilité par frottement

#### 2.1.3. Conclusion

Ces méthodes ont démontré leurs grandes qualités intrinsèques : sensibilité, précision et reproductibilité. Ce sont des mesures aisées mais dont l'application est encore limitée par l'absence de matériel de mesure sur le marché. Compte tenu de leur intérêt, on peut espérer que cette situation évolue dans l'avenir.

### 2.2. Comparaison avec d'autres caractéristiques physiques

Parmi l'ensemble des comparaisons réalisées par Tecaliman, seules de faibles relations entre la conductivité électrique et les masses volumiques apparentes (Figure 3) ou particulières (Figure 4) sont apparues. Ces relations sont en majorité



### 3.2. Résultats et comparaison avec des mesures de laboratoire

Dans le cas des mélanges contenant 0,2% d'additifs, la charge générée par frottement a été portée en majorité par le carbonate.

Pour les mélanges à 20% d'additifs, l'additif peut jouer un rôle à concurrence de 20%. C'est à dire, que si le carbonate pur génère une charge Cs et l'additif pur une charge Ca, un mélange à 80% de produit support et 20% d'additif doit générer  $0,8C_s+0,2C_a$ . Ce raisonnement relativement simpliste ne correspond qu'à une première approximation, notamment il ne tient pas compte d'une part de l'homogénéité du mélange et d'autre part de la réaction et dissipation entre les deux composants. Cependant, il semble que cette première approximation relate correctement les résultats expérimentaux.

Les principaux résultats montrent que la prise de charge lors d'un mélange contenant 20 % d'additif (Figure 6) ou lors d'un transfert pneumatique du produit pur (Figure 7) peut être prédite par une mesure de chargeabilité réalisée en laboratoire.

Ce dernier résultat n'est pas très surprenant puisque les processus de prise de charges sont identiques. Toutefois, une différence de valeurs est notée au profit de la canalisation du laboratoire qui est près de 3,6 fois supérieure.

Le phénomène de chargeabilité en écoulement dans un transporteur pneumatique est un phénomène d'interface, de contact, entre le milieu pulvérulent en écoulement et la paroi de la conduite.

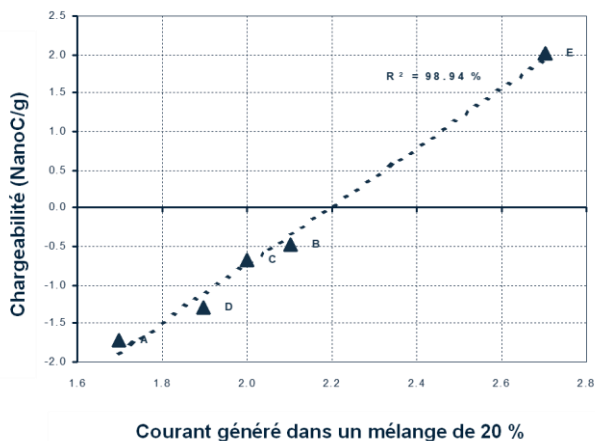


Figure 6 : Evolution du courant généré lors d'un mélange à 20 % dans du carbonate en fonction de la chargeabilité mesurée en laboratoire

Dans le cas d'une conduite de faible section, il est possible de supposer que l'ensemble du produit vient en contact (frapper ou frotter) la paroi métallique, par contre, dans le cas d'une conduite de forte section (industrielle), seule une partie vient en contact avec la paroi et la zone centrale n'est pratiquement pas active dans le processus de chargeabilité.

Ainsi à la vue des résultats on pourrait dire que dans l'installation industrielle environ 30% seulement de la section de produit en écoulement vient en contact avec la paroi.

Une autre relation avait été mise en évidence entre la chargeabilité et la répartition des produits lors du mélange. Cette relation n'a pas été confirmée par des essais complémentaires réalisés sur un pilote.

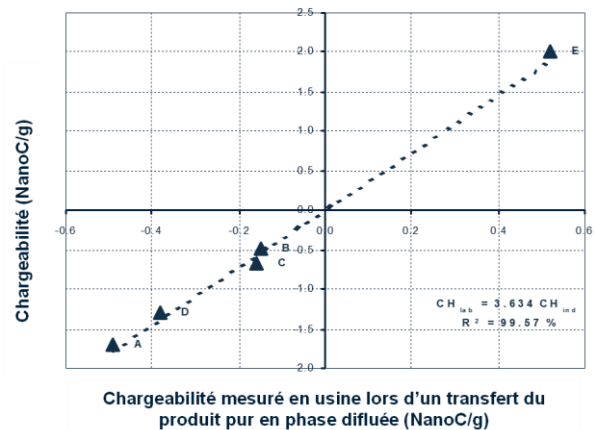


Figure 7 : Evolution de la chargeabilité mesurée sur site industriel en fonction de la chargeabilité mesurée en laboratoire

## 4. Conclusion générale

Les mesures de laboratoires mises au point par l'équipe de M.Touchard permettent de bien prédire les comportements électrostatiques qui ont lieu au niveau industriel pour la prise de charges électrostatiques lors du mélange et lors d'un transport pneumatique.

Sur les trente produits de référence, seuls deux semblent avoir la potentialité d'engendrer des problèmes électrostatiques.

A l'issue de ces essais, M.Touchard souhaitait poursuivre des investigations sur ce sujet.

## 5. Bibliographie

**Rapport n°9, 1998.** Evaluation de la qualité interne des méthodes de laboratoire de caractérisation des additifs utilisés en alimentation animale - Phase 2a.

**Rapport n°11, 1998.** Comparaison entre les résultats des méthodes de laboratoire et des mesures du comportement industriel des additifs utilisés en alimentation animale - Phase 3

**i'Doc\_Q5, 1998.** Synthèse du programme sur la prédiction du comportement technologique des additifs en milieu industriel.

**Artana G., Touchard G., Putier F., 1999.** Electrical characteristics and mechanical behavior of powders of the animal feeding industry. J. electrostatics, 47, 1-2, 3-12.