

Précision des mesures des caractéristiques physiques des alumines pour électrolyse

M. JAMEY ET R. MAGRONE

Pour caractériser les alumines calcinées pour électrolyse, un certain nombre de grandeurs physiques sont déterminées en contrôle courant, en vue notamment des spécifications formulées dans les contrats commerciaux.

Parmi les grandeurs mesurées, on peut citer :

- Humidité à 300 °C.
- Perte de masse entre 300° et 1 000/1 200 °C.
- Masse volumique.
- Densité apparente.
- Classement granulométrique.
- Indice d'absorption de liquide.
- Surface par adsorption de gaz (BET).
- Porosité.
- Caractéristique cristalline.
- Talus d'éboulement.

La dispersion de chacune de ces mesures a été déterminée en premier lieu; d'autre part, des corrélations existent entre un certain nombre de ces mesures qui ne sont de ce fait pas indépendantes. La comparaison des précisions de détermination et la mise en évidence des corrélations existantes permettent de dégager les types de grandeurs à mesurer pouvant caractériser les alumines de la façon la plus efficace.

Le comportement des alumines sur les cuves d'électrolyse dépend, à de nombreux points de vue, de leurs propriétés physiques. On peut citer en particulier le rendement matière sur l'alumine elle-même, la consommation de fluor, la consommation d'énergie. La conduite des cuves d'électrolyse doit donc être adaptée à la nature physique de l'alumine utilisée et celle-ci doit donc être invariable dans le temps et connue des utilisateurs.

Les procédés de contrôle de cette qualité physique employés universellement sont nombreux et certains d'ailleurs ont été normalisés au comité ISO/TC 47.

Parmi ceux-ci, on peut citer sans que la liste ait la prétention d'être exhaustive:

- 1) Distribution granulométrique.
- 2) Humidité à 300 °C.
- 3) Perte de masse entre 300 et 1 000 °C.

TABLEAU I

Répartition granulométrique et dispersion des résultats

	< 100 μ			< 80 μ			< 60 μ			< 45 μ			< 30 μ			< 15 μ		
	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>
(%)																		
Passant	75,6	69,6	96,0	46,1	55,2	88,8	17,0	33,0	72,2	4,4	18,0	47,9	0,1	10,6	27,2	—	5,1	12,2
s absolu	2,7	0,55	0,13	3,25	1,2	0,57	2,85	1,5	0,61	0,66	0,46	0,72	—	0,66	0,46	—	1,28	0,78
s relatif	3,6	0,8	0,13	7,1	2,2	0,65	16,8	4,5	0,85	15,0	2,5	1,5	—	6,2	1,7	—	25,0	5,7

- 4) Talus d'éboulement.
- 5) Densité apparente.

Ces cinq grandeurs sont directement utilisées pour caractériser le comportement sur les cuves: bilan matière, pouvoir calorifique, perte en produits fluorés. Un certain nombre de grandeurs complémentaires peuvent toutefois être citées:

- 6) Caractéristique cristalline: taux d' Al_2O_3 .
- 7) Masse volumique.
- 8) Indices d'absorption de liquides divers.
- 9) Surface par adsorption de gaz (BET).

Qui sont toutes rattachées au degré de calcination.

Chaque type de mesure possède évidemment une dispersion propre que nous nous proposons de mesurer pour essayer de préciser celles qui sont les plus significatives. D'autre part, ces grandeurs ne sont pas indépendantes et nous essayerons de mettre en évidence certaines corrélations simples existantes pour dégager les types de déterminations en nombre le plus limité possible, qui doivent être effectuées pour caractériser les aluminés de façon efficace.

1. PRINCIPE ET DISPERSION DES MESURES

Dans ce chapitre, nous décrirons de façon résumée le principe de chaque type de mesure et donnerons le résultat de la dispersion exprimée en écart-type absolu ou relatif.

1.1. Distribution granulométrique

Cette mesure n'a pas fait l'objet de normalisation au ISO/TC 47 SC 7 sauf en ce qui concerne la répartition au-dessus de 53μ , ce qui est évidemment insuffisant pour caractériser une alumine. La méthode que nous utilisons et que nous avons testée, emploie le principe du tamisage en voie humide sur tamis électroformé; le mode opératoire a été choisi tel que l'attribution au cours même de la séparation soit réduite au minimum par l'adoption d'une agitation mécanique douce dans le sens vertical. Il est évident que compte tenu du fait que les particules d'alumine calcinée sont constituées par des agrégats plus ou moins fragiles suivant le mode de production de l'hydroxyde, le mode et le degré de calcination, le type de traitement de l'échantillon avant la mesure et le mode opératoire lui-même influent sur le résultat.

Nous donnons ici les résultats moyens obtenus pour trois aluminés G, M et F, et les estimations des écarts-types pour chaque cas. Les résultats complets des mesures sont groupés dans le tableau I en annexe.

Nous avons calculé l'estimation de l'écart-type relatif qui atteint des valeurs élevées, quand la valeur absolue mesurée est faible; seul en fait, l'écart-type absolu a une signification pratique intéressante.

1.2. Humidité: perte à 300 °C

Cette détermination correspond à la reprise d'eau physiquement absorbée et se dégageant sur les cuves avant introduction dans le bain; elle a fait l'objet d'une norme ISO/TC 47 SC 7; les mesures sur les trois aluminés précédentes ont été exécutées suivant cette norme.

Les résultats moyens et les dispersions correspondantes sont donnés dans le tableau II suivant; la totalité des déterminations effectuées est présentée en annexe tableau II.

Alors que l'écart-type absolu varie peu avec la nature de l'alumine, l'écart-type relatif croît quand la valeur absolue de la reprise d'eau décroît (aluminés très calcinés).

TABLEAU II

Perte de masse à 300 °C

<i>Alumine</i>	<i>G</i> (%)	<i>M</i> (%)	<i>F</i> (%)
Perte masse	1,80	0,370	0,336
s absolu	0,056	0,033	0,038
s relatif	3,1	8,9	11,5

1.3. Perte de masse entre 300 et 1 000 °C

Cette détermination correspond à l'eau chimisorbée qui, se dégageant dans le bain, provoque des pertes en fluor; elle a fait l'objet d'une norme ISO/TC 47 SC7 que nous avons utilisée comme dans le cas précédent sur les mêmes aluminés.

L'ensemble des mesures effectuées est reporté en annexe tableau III. Les résultats moyens et l'estimation de l'écart-type sont donnés dans le tableau III ci-après:

TABLEAU III

Perte de masse entre 300 et 1 000 °C

<i>Alumine</i>	<i>G</i> (%)	<i>M</i> (%)	<i>F</i> (%)
Perte masse	0,510	0,100	0,100
s absolu	0,054	0,043	0,032
s relatif	10,5	43	32

On remarque que, dans le cas des aluminés fortement calcinés, la précision relative de cette détermination est très faible, car la valeur absolue mesurée est elle-même très faible.

1.4. Talus d'éboulement

Cette mesure classique est destinée à estimer l'angle du talus d'éboulement de l'alumine sur les cuves; c'est une mesure directe qui a donné lieu à une norme ISO TC 47/SC7; les résultats moyens obtenus sur les trois aluminés précédentes et la dispersion sont donnés dans le tableau IV suivant, le détail des déterminations étant reporté en annexe tableau IV.

TABLEAU IV

Talus d'éboulement

<i>Alumine</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>
Talus moyen	31,1°	40,8°	51,7°
s absolu	0,60°	0,64°	0,56°
s relatif	1,9%	1,5%	1,1%

On constate que cette mesure présente une dispersion très faible; l'écart-type est pratiquement indépendant de la valeur mesurée et égal à 0,6°.

1.5. Densité apparente

Cette donnée simple est utile à connaître pour les manutentions et les problèmes posés par l'alimentation régulière des cuves; elle a fait l'objet d'une norme ISO TC 47/SC7; toujours sur les mêmes aluminés, les résultats moyens et la dispersion sont donnés dans le tableau V suivant, le détail des déterminations étant reporté en annexe tableau V.

TABLEAU V

Densité apparente

<i>Alumine</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>
D. app. moyenne	0,687	0,737	0,859
s absolu	0,0068	0,0073	0,0068
s relatif	1%	1%	0,8%

Comme pour la détermination précédente, cette mesure de pratique très simple est d'une précision excellente.

1.6. Caractéristique cristalline: taux d' $\text{Al}_2\text{O}_3 \alpha$

On sait que la calcination de l'hydrargillite conduit à la formation de corindon ($\text{Al}_2\text{O}_3 \alpha$) si elle est suffisamment poussée en passant par de nombreux stades intermédiaires (aluminés de transition). La mesure du taux d' $\text{Al}_2\text{O}_3 \alpha$ dans le produit calciné est donc parfaitement représentative du degré global de calcination. Cette mesure est effectuée par diffraction X quantitative sur la raie 012 à 0,348 Nm du corindon par comparaison à des étalons. Elle n'est pour le moment pas adoptée en tant que norme ISO; elle est toutefois couramment exécutée.

Nous donnons en annexe tableau VI le détail des résultats obtenus sur trois aluminés différentes et les résultats moyens et la dispersion sont donnés dans le tableau VI suivant:

TABLEAU VI

Taux d' Al_2O_3

<i>Alumine</i>	<i>1</i> (%)	<i>2</i> (%)	<i>3</i> (%)
Taux moyen	28,9	87,7	71,8
s absolu	0,64	0,61	0,50
s relatif	1,65	0,70	0,70

On constate que la dispersion est très faible même en valeur relative et cette mesure fournit de ce fait une excellente estimation du degré de calcination; il faut noter toutefois que la valeur absolue dépend de la valeur absolue adoptée pour les étalons puisque c'est une mesure relative. De ce fait, alors que la dispersion avec un appareillage donné dans

un laboratoire unique est très faible, les écarts observés d'un laboratoire à l'autre peuvent être importants.

1.7. Masse volumique

Cette mesure classique a fait aussi l'objet d'une proposition de l'ISO TC 47/SC7. Elle est effectuée dans l'eau. Les résultats détaillés pour les aluminés G, M, F sont donnés en annexe tableau VII, les résultats moyens et la dispersion dans le tableau VII ci-après:

TABLEAU VII
Masse volumique

<i>Alumine</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>
Valeur moyenne	3,62	3,91	3,88
s absolu	0,020	0,026	0,020
s relatif	0,55%	0,66%	0,52%

Comme dans le cas précédent, cette mesure a une dispersion très faible.

1.8. Indices d'absorption de liquides

Ces indices ont depuis longtemps été déterminés pour contrôler de façon simple la régularité de la calcination; ce sont en fait des mesures de surface simplifiées et plus ou moins empiriques. Il existe deux tests normalisés par la proposition ISO:

1) L'un basé sur l'absorption de tétrachlorure de carbone est recommandé pour les aluminés fortement calcinés;

2) L'autre basé sur l'absorption d'eau dans une ambiance à 44 % d'humidité est recommandé pour les aluminés faiblement calcinés.

En fait, nous effectuons aussi des mesures d'absorption d'eau dans des ambiances à taux d'humidité variable entre 10 et 60 %.

Sur les aluminés G, M et F, nous avons déterminé l'indice au tétrachlorure de carbone. Les résultats détaillés sont donnés en annexe tableau VIII et les résultats moyens dans le tableau VIII ci-après:

TABLEAU VIII
Indices d'absorption de CCl₄

<i>Alumine</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>F</i>
Indice moyen	9,68	0,2	0,87
s absolu	0,37	0	0,06
s relatif	3,8%	0	6,9%

Il faut noter que dans le cas de l'alumine G qui est sous-calcinée, l'indice au CCl₄ n'est pas recommandé, par contre dans le cas des aluminés surcalcinés M et F, la valeur mesurée est trop faible pour que le résultat soit significatif.

1.9. Surface BET

On sait que cette mesure par la méthode dite de Brunauer, Emmett et Teller est basée sur l'adsorption d'un gaz (généralement l'azote) à la température de liquéfaction. Ce type de détermination est bien représentatif de l'étendue de la surface accessible à un gaz, et est très utilisé dans les techniques où des réactions gaz-solide interviennent. Dans la mesure où certains procédés anti-pollution utilisent les capacités d'adsorption de l'alumine calcinée pour l'épuration des gaz de cuve, cette donnée devient une mesure de base pour contrôler la qualité de l'alumine vis-à-vis de l'épuration. Naturellement aucune normalisation n'a été introduite pour le moment; d'autre part, cette détermination serait sans intérêt et d'ailleurs très imprécise pour les aluminés surcalcines de faible surface ($< 5 \text{ m}_2/\text{g}$ BET).

L'écart-type n'a donc pas été calculé comme pour les autres mesures; on peut toutefois l'estimer à 2,5% relatif dans la zone pratiquement utile de 30 à 50 m_2/g . Nous reviendrons sur cette mesure au cours de la discussion sur les corrélations éventuelles entre les diverses propriétés physiques.

2. CORRÉLATIONS ENTRE DIVERSES DONNÉES

Nous rechercherons dans ce chapitre les relations simples existant entre un certain nombre de couples de mesures.

Par exemple, nous avons représenté sur la figure 1 pour un type d'hydroxyde émanant d'une usine unique, la fonction

$$\text{Masse volumique} = f(\text{taux d'Al}_2\text{O}_3 \alpha)$$

pour des degrés de calcination industrielle variables.

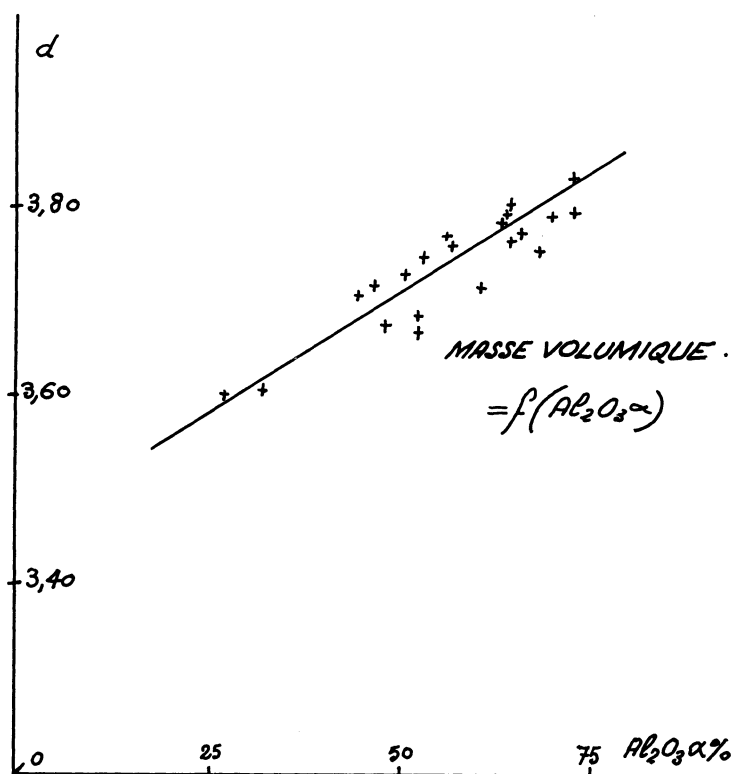


Fig. 1

On constate que compte tenu de la dispersion propre de chaque détermination, la corrélation linéaire entre les deux types de mesure est excellente dans un domaine très étendu de degré de calcination. Cette relation s'explique d'ailleurs aisément si l'on admet que l'alumine calcinée est un mélange des deux phases γ et α de densité différente et en proportion variable; par ailleurs, toujours dans cette hypothèse, cette relation peut être considérée comme générale quelle que soit la provenance de l'alumine considérée.

Par contre, nous avons tracé sur la figure 2 les courbes représentatives de la variation de la surface BET en fonction du taux d'alumine α pour trois aluminas de provenance différente.

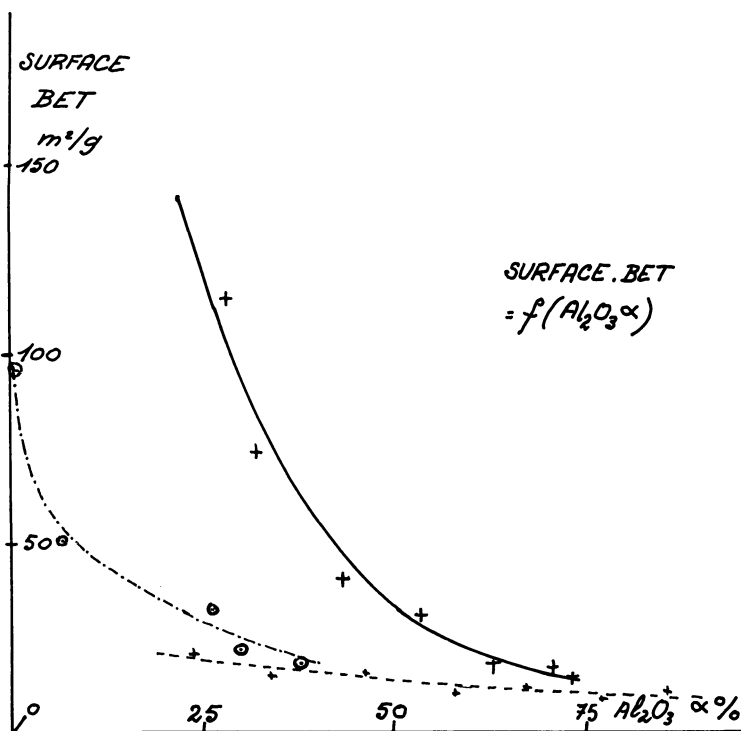


Fig. 2

On constate que pour une production homogène, la corrélation entre la surface BET et le taux d' $\text{Al}_2\text{O}_3 \alpha$ est excellente; par contre, les courbes représentatives de la production de chaque usine ne sont absolument pas superposables. Dans ce cas encore, cette hétérogénéité est parfaitement interprétable; en effet, la surface spécifique BET obtenue pour une alumine partiellement calcinée ne dépend pas que du degré de calcination (taux d' $\text{Al}_2\text{O}_3 \alpha$ final obtenu) mais aussi du mode de calcination: programme de température, tension de vapeur d'eau au moment de l'activation, etc. soit en définitive de la nature de l'outil de calcination et de son mode de conduite. De même les divers types de précipitation d'hydroxydes peuvent conduire à des agrégats de texture différente donnant pour une même calcination des porosités et donc des surfaces différentes.

Nous avons représenté sur la figure 3 la variation de la reprise d'eau en fonction du taux d' $\text{Al}_2\text{O}_3 \alpha$.

Peu de commentaires seront faits sur ces courbes; on constate en premier lieu que bien que la mesure normalisée soit celle à 44% de pression partielle, il est parfaitement possible et utile d'effectuer les mesures à des taux différents pour, compte tenu de la plage du taux d' $\text{Al}_2\text{O}_3 \alpha$ à contrôler, se placer dans des zones de sensibilité optimale; de plus, on constate que les courbes ont la même forme que celle représentant la surface BET en fonction du taux d'alumine α .

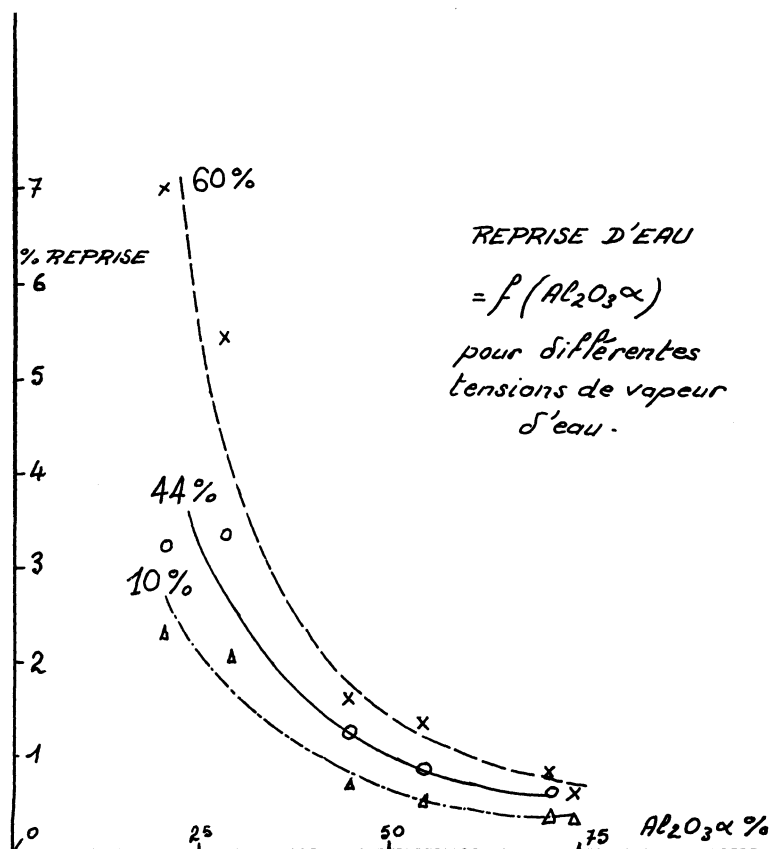


Fig. 3

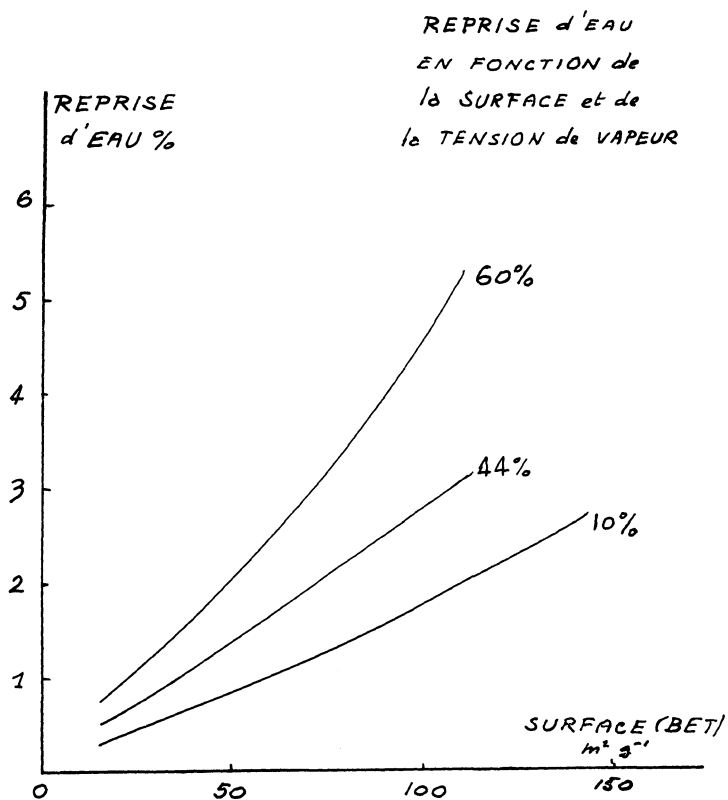


Fig. 4

Cette considération nous amène à la figure 4 dans laquelle nous avons porté les courbes représentatives de la variation de la reprise d'eau en fonction de la surface BET.

On observe que pour une alumine donnée, il est possible de trouver une tension de vapeur d'eau telle que la régression soit pratiquement linéaire. Pour une production donnée d'une usine, cette mesure peut donc éventuellement remplacer de façon simple la mesure de surface BET.

3. DISCUSSION - CONCLUSIONS

Les nombreuses déterminations qui sont actuellement pratiquées de façon plus ou moins systématiques peuvent, semble-t-il, être classées en trois groupes:

- 1) Les mesures fondamentales de base.
- 2) Les mesures simples de remplacement en corrélation simple avec les premières.
- 3) Les mesures pratiques globales telles que densité apparente et talus qui dépendent évidemment des propriétés de base mais n'en découlent pas de façon simple.

3.1. Mesures fondamentales de base

Dans ce groupe, nous ne comprendrons que trois types de mesure: la répartition granulométrique, le taux d' Al_2O_3 α et pour les aluminés sous-calcinés seulement la surface BET; ce sont en effet des mesures d'application absolument générale quelle que soit la qualité de l'alumine produite et l'outil de production.

En ce qui concerne la répartition granulométrique, la ou les méthodes qui seraient appliquées et le mode de traitement de l'échantillon doivent en premier lieu être définis; en effet, nous savons que les aluminés calcinés sont constitués par des agrégats plus ou moins fragiles et que l'appareil de mesure quel qu'il soit ne détermine en fait que la taille des grains qui lui sont effectivement fournis; le mode opératoire influe sur le résultat trouvé et de façon variable suivant la résistance mécanique; d'autre part, l'attrition due à la méthode de mesure sera différente de celle provoquée par les manipulations industrielles. On peut suggérer alors, ce que nous avons tenté de réaliser, d'utiliser un mode opératoire susceptible de provoquer une attrition minimale; mais il paraît nécessaire alors de compléter cette mesure par un test d'attrition adapté aux caractéristiques des aluminés calcinés.

Nous avons vu que la mesure du taux d' Al_2O_3 par diffraction des rayons X possède une excellente reproductibilité; par contre la valeur absolue mesurée dépend évidemment de la valeur attribuée aux étalons puisque cette mesure est relative. Il apparaît donc que cette donnée doit être mesurée toutes les fois qu'il est possible de le faire car elle constitue un indice absolu et général du taux de calcination mais la nature ou le mode de préparation des étalons employés doivent être obligatoirement précisés dans tout échange de résultats.

La surface BET enfin, qui constitue pratiquement la mesure étalon de toute surface accessible à un gaz, doit figurer dans les caractéristiques des aluminés dont les propriétés adsorbantes sont précisément utilisées; par contre dans le cas des aluminés surcalcinés, cette mesure manque de précision en valeur relative et perd de son intérêt pratique.

3.2. Les mesures de remplacement

Compte tenu des corrélations simples que nous avons mises en évidence, les déterminations de base précédentes peuvent éventuellement être remplacées. Il n'existe évidemment aucune possibilité de remplacement en ce qui concerne la granulométrie; par contre la mesure du taux d' Al_2O_3 est parfaitement corrélée avec celle de la masse volumique. Il sera donc parfaitement possible de remplacer la première par la seconde si nécessaire pour contrôle interne ou même pour les échanges avec accord entre les parties. La surface

BET enfin est en relation directe avec divers « indices » d'absorption; en particulier l'absorption d'eau sous pression relative donnée peut varier linéairement avec elle dans le cas des alumines à surface élevée et pourra donc être utilisée en contrôle courant. Pour les alumines sur-calcinées, l'indice au tétrachlorure de carbone pourra éventuellement être conservé avec le même but.

3.3. Les mesures globales

Parmi ces mesures, sont constamment employés les pertes de masse à 300 et 1 000 °C, le talus et la densité relative. Ces données sont évidemment fonction des précédentes, mais non de façon simple; le talus par exemple dépend à la fois de la distribution granulométrique et de la calcination; il en est de même pour la densité apparente. Par contre, si l'humidité à 300 °C peut être plus ou moins aléatoire en dépendant du traitement de manutention par contre la perte entre 300 et 1 000 °C doit ne dépendre en fait que de la surface BET.

Il semble donc que les mesures du talus et de la densité apparente qui sont simples, précises et d'ailleurs normalisées peuvent être conservées; il en est de même de l'humidité à 300 °C qu'il faut évidemment connaître; par contre, la perte entre 300 et 1 000 °C perd de son intérêt direct dans la mesure où d'autres déterminations plus fondamentales et plus précises sont effectuées telles que taux d' Al_2O_3 α et surface BET par exemple.

ANNEXE

TABLEAU I

Granulométries - Mesures et estimation de l'écart-type

	Mesures					Ecart type
	1	2	3	4	5	s
<i>Alumine F</i>						
< 100 μ m	95,9	95,8	96,1	96,0	96,1	0,13
80	89,2	88,2	89,3	88,2	89,2	0,57
60	72,4	72,1	73,0	72,2	71,3	0,61
45	48,3	46,8	47,7	47,8	48,7	0,72
30	26,8	27,7	27,2	26,6	27,5	0,46
15	12,3	11,3	13,0	12,8	11,8	0,70
<i>Alumine M</i>						
< 100 μ m	70,4	69,3	69,4	69,9	69,0	0,55
80	56,5	54,4	54,6	56,5	54,0	1,20
60	31,6	33,6	34,7	31,2	33,8	1,50
45	18,8	17,9	17,9	17,9	17,6	0,46
30	9,9	11,2	11,3	10,0	10,8	0,66
15	5,0	5,5	6,2	3,0	6,0	1,28
<i>Alumine G</i>						
< 100 μ m	76,1	74,5	78,4	77,6	71,6	2,7
80	48,2	45,2	47,4	48,8	40,8	3,25
60	18,6	13,5	15,2	20,8	16,8	2,85
45	4,0	3,9	4,1	5,5	4,6	0,66
30	0,6	0	0	0	0	—
15	0,5	0	0	0	0	—

ANNEXE

TABLEAU II

Humidité: perte à 300 °C
Mesures et estimation de l'écart-type

	<i>Mesures</i>					<i>Ecart type</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>s</i>
Alumine F 0-300 °C	0,320	0,280	0,340	0,380	0,360	0,04
Alumine M 0-300 °C	0,360	0,400	0,320	0,400	0,380	0,03
Alumine G 0-300 °C	1,840	1,860	1,780	1,720	1,780	0,06

ANNEXE

TABLEAU III

Perte de masse entre 300 et 1 000 °C
Mesures et estimation de l'écart-type

	<i>Mesures</i>					<i>Ecart type</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>s</i>
Alumine F 300-1 000 °C	0,100	0,140	0,060	0,080	0,120	0,03
Alumine M 300-1 000 °C	0,060	0,040	0,100	0,040	0,140	0,04
Alumine G 300-1 000 °C	0,540	0,440	0,560	0,540	0,460	0,05

ANNEXE

TABLEAU IV

Talus d'éboulement en degrés
Mesures et estimation de l'écart-type

	<i>Mesures</i>					<i>Ecart type</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>s</i>
Alumine G	30,5	30,9	31,2	31,1	31,9	0,60
Alumine M	40,9	40,0	41,1	41,5	40,4	0,64
Alumine F	51,3	51,0	52,3	52,0	51,7	0,56

ANNEXE

TABLEAU V

*Densité apparente en g/cm³**Mesures et estimation de l'écart-type*

	<i>Mesures</i>					<i>Ecart type</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>		<i>4</i>	<i>5</i>	<i>s</i>
Alumine G	0,687	0,692	0,680	0,683	0,696	0,65
Alumine M	0,729	0,746	0,738	0,741	0,734	0,65
Alumine F	0,859	0,855	0,867	0,851	0,863	0,63

ANNEXE

TABLEAU VI

*Taux d'Al₂O₃ α en %**Mesures et estimation de l'écart-type*

	<i>Mesures</i>					<i>Ecart type</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>s</i>
Alumine 1	38,8	39,5	39,7	38,2	38,5	0,64
Alumine 2	87,4	87,7	88,8	87,5	87,3	0,61
Alumine 3	71,5	71,7	72,6	72,0	71,3	0,51

ANNEXE

TABLEAU VII

*Masse volumique**Mesures et estimation de l'écart-type*

	<i>Mesures</i>					<i>Ecart type</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>s</i>
Alumine F	3,90	3,90	3,90	3,85	3,87	0,02
Alumine M	3,90	3,92	3,90	3,94	3,87	0,026
Alumine G	3,62	3,60	3,60	3,64	3,64	0,02

ANNEXE

TABLEAU VIII
Indices de reprise de CCl₄
Mesures et estimation de l'écart-type

	<i>Mesures</i>					<i>Ecart type</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>s</i>
Alumine F	0,89	0,96	0,82	0,81	0,86	0,06
Alumine M	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00
Alumine G	9,64	9,51	9,84	10,20	9,20	0,37

Société Aluminium Pechiney, Centre d'Etude de l'Alumine
13120 Gardanne (France)