Sur la plaque d'aluminium sans support de charbon, on n'obtient presque jamais d'enduit. En employant le support de charbon, on obtient une légère pellicule noire, au moment où le métal va commencer à brûler, pellicule qui devient blanche aussitôt la combustion commencée. Les flammes d'oxydation et de réduction n'ont aucune action sur cet enduit. Les minerais contenant du zinc ne donnent pas d'enduit noir.

36. — *Cadmium.* Fond facilement et brûle dans la flamme d'oxydation en donnant naissance à un oxyde brun apparaissant sous forme de vapeurs brunes et produisant un enduit pendant que la flamme prend une coloration jaune foncé. Cet enduit très caractéristique est rouge brun lorsqu'il est refroidi et jaune orangé dans les endroits où la couche est très mince. Les deux flammes le volatilisent facilement sans prendre de coloration. Cet enduit est aussi caractérisé par ses bords irisés (n° 8).

Sur la plaque d'aluminium, on obtient un enduit brun foncé, presque noir, qui n'est affecté ni par la flamme de réduction ni par la flamme d'oxydation. A côté du support de charbon, il se dépose ordinairement un très léger dépôt d'oxyde rouge brun.

37. — *Sélénium.* Facilement fusible avec dégagement de vapeurs brunes ; un enduit gris d'acier ayant un faible éclat métallique se dépose tout près de l'essai. Cet enduit disparaît dans la flamme de réduction en dégageant une forte odeur de raifort pourri et en donnant à la flamme une faible coloration bleue (n° 83).

Sur la plaque d'aluminium, avec ou sans support de charbon, il se dépose un enduit rouge bordé d'une pellicule brune et blanche. La flamme peroxydante blanchit les parties rouge et brune, tandis que la flamme réductrice donne à tout l'enduit une couleur brun foncé.

38. — *Tellure.* Il fond très facilement et produit sur le charbon, avec les deux flammes, un dépôt d'anhydride tellureux. Cet enduit se dépose tout près de l'essai, a une couleur blanche et les bords sont rougeâtres ou jaune foncé ; il disparaît dans la flamme de réduction qui se colore alors en vert.

Sur la plaque d'aluminium, avec ou sans support de charbon, il se forme tout près de l'essai un fort enduit de couleur noirâtre qui prend une coloration brune dans les parties qui sont les moins épaisses. Lorsque cet enduit est épais, il suffit de le chauffer très peu de temps dans la flamme, et

surtout dans la flamme peroxydante pour qu'il se produise un dépôt blanc d'anhydride tellureux. La flamme de réduction noircit en entier l'enduit formé ; en soufflant plus longtemps, l'enduit disparaît, là où agit la flamme, et cette dernière prend une coloration verte.

39. — *Molybdène.* Ce métal donne une poudre grise infusible qui s'oxyde en partie dans la flamme extérieure en donnant un enduit cristallin, jaune à chaud et devenant blanc par le refroidissement. Soumis un instant à l'action de la flamme, cet enduit prend une belle couleur bleu foncé (molybdate de molybdène) ; si on chauffe plus longtemps, l'enduit devient rouge cuivre foncé et prend l'éclat métallique (bioxyde de molybdène) (n° 79).

Sur la plaque d'aluminium, l'enduit (que l'on obtient beaucoup mieux avec la molybdénite ou avec le molybdate d'ammonium) qui se produit sans le support de charbon est jaune brillant avec des filets blancs. La flamme peroxydante fonce un peu la couleur, tandis que la flamme réductrice, appliquée seulement un instant, produit une belle coloration bleue.

40. — *Autres substances.* Indépendamment des corps simples qui viennent d'être énumérés,

il y a d'autres substances qui donnent des enduits de couleur blanche qui, sauf quelques exceptions, peuvent disparaître sous l'action de la flamme oxydante et présentent quelque ressemblance avec ceux qui viennent d'être examinés. Les substances les plus importantes qui appartiennent à cette catégorie sont les suivantes :

1° Les sulfures alcalins, les sulfures de plomb, de bismuth, d'antimoine, de zinc (enduit non volatil), d'étain (enduit non volatil) et les chlorures, bromures et iodures d'ammonium, de mercure et d'antimoine ; ces enduits se déposent sur le charbon sans qu'il y ait fusion préalable ou absorption par le support ;

2° Les chlorures, bromures, iodures et sulfates alcalins ; ils fondent et sont absorbés par le charbon avant de s'évaporer ;

3° Les chlorures, bromures et iodures de plomb, d'étain, de bismuth, de zinc et de cadmium qui fondent, mais ne sont pas absorbés par le charbon avant de donner un enduit.

EXAMEN DE LA SUBSTANCE AVEC LE BORAX ET AVEC LE SEL DE PHOSPHORE

41.—Beaucoup d'oxydes métalliques possèdent la propriété de se dissoudre dans le borax et dans le sel de phosphore en fusion en donnant à la perle formée une couleur caractéristique. C'est pourquoi ces deux substances constituent des réactifs précieux pour la recherche des oxydes.

Les métaux non oxydés et ceux qui sont combinés avec le soufre, l'arsenic ou l'antimoine ne se comportent pas avec ces réactifs comme les oxydes ; mais ces substances, soumises préalablement à un grillage sur le charbon ou dans le tube ouvert, peuvent être facilement transformées en oxydes avant d'être soumises à l'action de ces deux réactifs. Pendant le grillage, l'essai, finement pulvérisé, ne doit pas être chauffé trop fortement, particulièrement au début de l'opération, ni être fondu, car alors l'oxydation ne pourrait être obtenue qu'avec beaucoup de difficulté.

On emploie généralement comme support un fil de platine qui permet d'examiner plus facilement la couleur de la perle obtenue. Toutefois, on se sert quelquefois de charbon comme support lors-

qu'on opère sur certains oxydes facilement réductibles dont le métal attaque le platine.

Pour obtenir les perles de borax, on fait une petite boucle à l'extrémité d'un fil de platine, on la mouille ou on la chauffe, puis on la plonge dans le borax pulvérisé ; une petite quantité de poudre s'attache à la boucle et on la chauffe dans la flamme extérieure ; le borax fond et forme une perle qui adhère au platine. On répète plusieurs fois l'opération jusqu'à ce que la perle ait atteint une grosseur suffisante.

Les perles de sel de phosphore s'obtiennent d'une manière analogue, mais avec un peu plus de difficulté, car ce réactif se boursoufle jusqu'à ce qu'il ait perdu son eau de cristallisation et son ammoniaque et les perles se détachent souvent du support. On prend une très petite quantité de sel à la fois et on attend qu'elle soit fondue sur le charbon avant d'en ajouter d'autre ; une fois la perle bien fondue sur le charbon, on la prend avec le fil de platine en amenant la boucle au contact.

Pour prendre l'essai, il suffit d'humecter la perle ou de toucher la substance avec elle lorsqu'elle est encore chaude.

On place la perle avec la matière à essayer

d'abord dans la flamme d'oxydation et l'on examine soigneusement si la substance se dissout facilement ou avec difficulté, si la dissolution se fait doucement ou avec effervescence, si la perle est transparente ou opaque, enfin si la perle se colore. Les changements qui peuvent parfois se produire pendant que l'on chauffe doivent être soigneusement observés.

Cette première opération terminée, la perle est chauffée dans la flamme de réduction et les phénomènes observés doivent être comparés à ceux qui ont été primitivement obtenus. L'addition à la perle d'un peu d'oxyde ou de chlorure d'étain, ou bien d'un fragment de paillon d'étain (cette dernière opération doit se faire sur le charbon) augmente très sensiblement l'action réductrice de la flamme.

Afin de pouvoir examiner la coloration, lorsque la substance à essayer colore la perle d'une façon très intense, la perle encore chaude est aplatie avec une pince ; on peut aussi faire une boucle circulaire sur le fil de platine de manière à obtenir une perle ayant la forme d'une lentille. On peut également faire tomber la perle encore chaude dans un mortier de porcelaine où on la brise et, après avoir fondu une nouvelle perle de réactif,

prendre un fragment de la perle primitive et chauffer le tout ; pour détacher la perle de son support, on frappe sur la table avec le poing en ayant soin de tenir la boucle du fil au-dessus du mortier.

Flambage. — Dans beaucoup de cas, lorsqu'une perle transparente est chauffée par intervalles dans la flamme ou est, à plusieurs reprises, retirée de la flamme, on obtient des effets particuliers. Cette opération a reçu le nom de flambage. Des perles transparentes deviennent fréquemment opaques ou laiteuses et souvent se colorent. Ce phénomène est produit par ce fait que certaines substances, qui se dissolvent dans le réactif à une haute température, se séparent lorsqu'on les soumet à une chaleur moins forte et apparaissent alors sous forme de cristaux suffisamment bien formés, dans certains cas, pour être visibles au microscope, lorsque la perle a été aplatie pendant qu'elle était encore chaude ou lorsqu'on l'a dissoute dans un acide étendu de manière à isoler les cristaux.

Les tableaux ci-après indiquent la manière dont se comportent les divers oxydes métalliques avec le borax et le sel de phosphore. Ils ont été établis d'après la couleur que présente la perle à chaud dans la flamme d'oxydation, la coloration de la

perle à froid après l'action de la flamme d'oxydation ; les colorations obtenues avec la flamme de réduction sont également données sur la même ligne. Il est à remarquer que les perles obtenues avec le sel de phosphore sont souvent beaucoup plus belles et plus nettement colorées que celles que donne le borax ; quelquefois aussi leur coloration est différente.

Les colorations que les oxydes métalliques donnent avec ces réactifs sont également données dans les troisième et quatrième colonnes du tableau pages 235 à 282, tableau dans lequel les métaux sont disposés suivant l'ordre alphabétique.

COLORATION DES PERLES DE BORAX

DANS LA FLAMME D'OXYDATION		DANS LA FLAMME DE RÉDUCTION		NOM des SUBSTANCES
à chaud	*à froid*	*à chaud*	*à froid*	
incolore.	incolore.	incolore.	incolore.	Silice.
»	»	»	»	Alumine.
»	»	»	»	Oxyde d'étain.
»	incolore ; opaque par flambage.	grise ; devient incolore lorsqu'on continue à chauffer.	grise ; devient incolore en continuant à chauffer.	Oxyde d'argent.
»	»	»	»	Anhydride tellureux.
»	»	incolore.	incolore ; opaque par flambage.	Baryte.
»	»	»	»	Strontiane.
»	»	»	»	Chaux.
»	»	»	»	Magnésie.
»	»	»	»	Glucine.
»	»	»	»	Yttria.
»	»	»	»	Zircone.
»	»	»	»	Thorine.
»	»	»	»	Oxyde de lanthane.
»	»	»	»	Anhydride tantalique.

COLORATION DES PERLES DE BORAX *(suite et fin)*

DANS LA FLAMME D'OXYDATION		DANS LA FLAMME DE RÉDUCTION		NOM des SUBSTANCES
à chaud	*à froid*	*à chaud*	*à froid*	
»	incolore.	perle saturée rouge rose.	perle saturée rouge rose.	Oxyde de didyme.
»	incolore ; opaque par flambage.	incolore ; perle saturée grise.	incolore ; perle saturée grise.	Anhydride niobique.
incolore ; perle saturée jaune.	»	variant du jaune au brun.	variant du jaune au brun ; perle saturée par flambage, bleue.	Anhydride titanique.
»	incolore ; perle saturée blanc d'émail.	jaune.	brun jaune.	Anhydride tungstique.
jaunâtre.	»	grise ; devient incolore en continuant à chauffer.	grise ; devient incolore en continuant à chauffer.	Oxyde de zinc.
»	»	»	»	Oxyde de cadmium.
»	incolore.	»	»	Oxyde d'antimoine.
jaune.	incolore ; opaque par flambage.	»	»	Oxyde de plomb.
»	incolore ; perle saturée jaune et opalescente.	»	»	Oxyde de bismuth.

»	jaune verdâtre.	brunâtre.	vert émeraude.	Anhydride vanadique.
variant du jaune au rouge.	variant de l'incolore au jaune.	verte.	vert bouteille.	Oxyde de fer.
»	variant de l'incolore au jaune ; ressemblant à l'émail par flambage.	»	vert bouteille ; perle saturée par flambage noire.	Oxyde d'urane.
»	»	incolore.	incolore ; perle saturée blanc d'émail.	Oxyde de cérium.
»	variant de l'incolore à l'opalescence.	brune.	brun opaque [1].	Anhydride molybdique.
»	vert pré.	verte.	vert émeraude.	Oxyde de chrome.
violette.	rouge brun.	grise ; devient incolore en continuant à chauffer.	grise ; devient incolore en continuant à chauffer.	Oxyde de nickel.
violette ; perle saturée noire.	violet rouge ; perle saturée noire.	incolore.	incolore.	Oxyde de manganèse.
bleue.	bleue.	bleue.	bleue.	Oxyde de cobalt.
verte.	bleu verdâtre.	incolore.	brune ; devient rouge en continuant à chauffer.	Oxyde de cuivre.

[1] Dans une forte flamme de réduction, on aperçoit au milieu de la perle jaune des particules noires d'oxyde de molybdène.

COLORATION DES PERLES DE SEL DE PHOSPHORE

DANS LA FLAMME D'OXYDATION		DANS LA FLAMME DE RÉDUCTION		NOM des SUBSTANCES
à chaud	*à froid*	*à chaud*	*à froid*	
Squelette de silice.	Squelette de silice.	Squelette de silice.	Squelette de silice.	Silice.
incolore.	incolore.	incolore.	incolore.	Alumine.
»	»	»	»	Oxyde d'étain.
»	incolore ; opaque par flambage.	»	incolore ; opaque par flambage.	Baryte.
»	»	»	»	Strontiane.
»	»	»	»	Chaux.
»	»	»	»	Magnésie.
»	»	»	»	Glucine.
»	»	»	»	Yttria.
»	»	»	»	Zircone.
»	»	»	»	Thorine.
»	»	»	»	Oxyde de lanthane.
»	incolore.	»	violette en continuant à chauffer.	Oxyde de didyme.

»	incolore ; opaque par flambage.	grise ; devenant incolore en continuant à chauffer.	grise ; devenant incolore en continuant à chauffer.	Anhydride tellureux.
incolore ; perle saturée jaune.	incolore ; perle saturée blanc laiteux.	»	»	Oxyde de zinc.
»	»	»	»	Oxyde de cadmium.
»	»	»	»	Oxyde de plomb.
»	»	»	»	Oxyde d'antimoine.
»	»	»	»	Oxyde de bismuth.
»	incolore.	incolore.	incolore.	Oxyde de tantale.
»	»	vert sale.	bleue [1].	Anhydride tungstique.
»	»	jaune.	violette [1].	Anhydride titanique.
»	»	bleue ou brune.	bleue ou brune [1].	Anhydride niobique.
jaune.	jaune ; perle saturée opalescente.	grise ; devenant incolore en continuant à chauffer.	grise devenant incolore en continuant à chauffer.	Oxyde d'argent.
»	vert jaunâtre.	vert sale.	très beau vert.	Oxyde d'urane.

1 Devient rouge sang par addition de fer.

COLORATION DES PERLES DE SEL DE PHOSPHORE (*suite et fin*)

DANS LA FLAMME D'OXYDATION		DANS LA FLAMME DE RÉDUCTION		NOM des SUBSTANCES
à chaud	*à froid*	*à chaud*	*à froid*	
jaune foncé.	jaune clair.	brunâtre.	vert émeraude.	Anhydride vanadique.
variant du jaune au rouge.	verte. variant de l'incolore au jaune ou brun.	variant du jaune au rouge. grisâtre.	variant de l'incolore au rougeâtre.	Oxyde de fer.
variant du jaune au rouge.	incolore.	incolore.	incolore.	Oxyde de cérium.
variant du rouge au rouge brun.	variant du jaune au jaune rougeâtre.	rougeâtre.	jaune.	Oxyde de nickel.
rougeâtre.	vert sale. vert émeraude	»	verte.	Oxyde de chrome.
violette.	violette.	incolore.	incolore.	Oxyde de manganèse.
bleue.	bleue.	bleue.	bleue.	Oxyde de cobalt.
verte.	»	vert foncé.	rouge brunâtre (sale).	Oxyde de cuivre.
»	vert jaune pâle presque incolore.	vert sale.	vert pur.	Anhydride molybdique.

EXAMEN DE LA COLORATION DE LA FLAMME

42. — Plusieurs substances, principalement les alcalis et les terres alcalines, sont faciles à reconnaître par la couleur caractéristique qu'elles communiquent à une flamme non lumineuse comme celle d'un bec Bunsen. Les divers sels d'un même élément colorant la flamme donnent à la flamme une même couleur, mais l'intensité de cette coloration varie avec la volatilité du sel. Les chlorures surtout produisent une coloration bien nette ; c'est pourquoi les substances que l'on a à examiner de cette manière sont humectées avec de l'acide chlorhydrique ou sont traitées avec du chlorure d'argent avant d'être soumises à l'action de la flamme.

Pour effectuer cet essai, on peut se servir de la partie bleue de la flamme du chalumeau ou, ce qui est plus commode, de la flamme non éclairante d'un bec Bunsen pourvu d'une cheminée conique. La substance à essayer est tenue à l'aide d'une pince de platine ou encore à l'aide d'une boucle de fil de platine que l'on place dans la flamme ; lorsque la substance à essayer est liquide, on fait usage d'une boucle aplatie de fil de platine.